Bases Técnicas para el Desarrollo del Protocolo de Implementación de la Resolución 549 de 2015

Elaborado por:

Ing. Angélica M Ospina, PhD – Directora equipo consultoría
Ing. Juan Barbosa, MSc.
Ing. Alejandra Ovalle, MSc.
Ing. Julio Duarte, MSc.
Ing. Tatiana Carreño, MSc.
Ing. Adriana Ascencio, MSc.
Ing. Sebastián Hurtado
Ing. Nicolás Martínez
Ing. Jholver Hoyos

Esta publicación fue producida para la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) en el marco del Programa Acelerador de Eficiencia Energética en Edificaciones (Building Efficiency Accelerator, BEA) Bogotá bajo la supervisión y direccionamiento de: Juan Camilo González, Asesor de la Alcaldía Mayor de Bogotá, Cristina Gamboa, Directora Ejecutiva del CCCS, y Sarah Arboleda, Asesora del Programa BEA Bogotá, con el apoyo de Jaydy Milena Salazar de la SDP.

Bogotá, Julio de 2019

© Secretaría de Planeación Distrital y Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, CCCS.

Advertencia. Se prohíbe su uso y/o reproducción total o parcial de este documento y/o presentación salvo autorización previa, expresa y escrita de la Secretaría de Planeación Distrital y el CCCS. La violación de esta prohibición acarreará las sanciones legales pertinentes.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido posible gracias a los esfuerzos de muchos participantes que de manera voluntaria han colaborado aportando sus conocimientos y experiencia en comités de trabajo, reuniones y entrevistas. Se extiende el agradecimiento a los siguientes profesionales:

Alejandro Alvarado – Kubik

Alejandro Vélez – Triada

Ana Milena Avendaño – IFC

Andres Martínez – VIC SAS

Andres Montealegre – Arpro

Andres Sarmiento – Cumbrera

Camilo Luengas – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible

Carlos Garcia – Isarco

Catalina Morales – Sumac

Cristina Gamboa – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible

David Serna – VIC SAS

Edgar Antonio Diaz – Codensa

Enrique Forero – Las Galias

Erik Cala - Arpro

Fabio Clavijo – Tecnaire/ACAIRE

Fernando Aldán – AIA

Fernando Zarama – Obreval

Francisco Cárdenas – Prodesa

Gerardo Valdez – Contempo

Germán Melo – Secretaría de Distrital del Hábitat

Henry Socadagui – Prodecol

Hugo Cadena – Ingeurbe

Isabella Gutierrez – Secretaría de Ambiente

Jaidy Milena Salazar – Secretaría Distrital de Planeación

Jennifer Rodriguez – Prodecol

Johana Martínez – Camacol

Johnny Tascón – Uniandes

Jorge Baquero – Amarilo

Juan Camilo Gonzalez – Secretaría de Planeación Distrital

Juan Vicente Gomez – Exiplast SAS

Juliana Moreno – Codensa

Karen Bello – Obreval

Luis Fernando Arias – Ingeurbe

Manuela Pacheco – Incol

Margarita Velasquez – Apiros

María Vieira – Grupo Energía Bogotá

Mario Rivera – Arias Serna y Saravia

Martha Molina – Secretaría Distrital de Ambiente

Mauricio García – Prodesa

Mauricio Hernandez – Payc

Mauricio Patiño – Gustavo Perry Arquitectos

Natalia Carrero – 57 Uno Arquitectura

Omar Briceño – AIA

Omar Linares – Apiros

Rafael Silguero – Las Galias

Ricardo Sanchez – Las Galias

Sandra Garzón – ARQ Consultoría

Sandy Herazo – Sainc

Sarah Arboleda – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible

Sergio Ballén – Constructora Acuario

Silvia Rey – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible

Tatiana Beleño – Amarilo

Tatiana Sierra – Conconcreto

Contenido

Lista de Tablas 1

Lista de Figuras 10

Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas 17

Introducción 18

Resumen Ejecutivo 20

1. Aproximación Metodológica del Estudio 34

2. Paquetes Primarios de las Prácticas Tradicionales de Bogotá 38

2.1. Paquetes Primarios Práctica Tradicional VIP 39

2.2. Paquetes Primarios Práctica Tradicional VIS 45

2.3. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Viviendas Estrato 3-4 52

2.4. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Viviendas Estrato 5-6 59

2.5. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Oficinas 65

2.6. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Centros Comerciales 71

2.7. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Hoteles 77

2.8. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Colegios 85

2.9. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Hospitales 90

2.10. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Educación Superior 97

2.11. Conclusiones y Recomendaciones Paquetes Primarios Práctica Tradicional 98

3. Brecha Entre el Desempeño de los Paquetes Primarios de la Práctica Tradicional y el Desempeño de la Línea Base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 y la NTC 1500 100

3.1. Brecha para VIP 101

3.1.1. Resultados modelación energética VIP 101

3.1.2. Cálculo de brecha de energía VIP 102

3.1.3. Resultados cálculos consumo de agua VIP 104

3.1.4. Cálculo de brecha de agua VIP 105

3.2. Brecha para VIS 106

3.2.1. Resultados modelación energética VIS 106

3.2.2. Cálculo de brecha de energía VIS 108

3.2.3. Resultados cálculos consumo de agua VIS 109

3.2.4. Cálculo de brecha de agua VIS 111

3.3. Brecha para Vivienda Estrato 3 y 4 112
3.3.1. Resultados modelación energética viviendas estrato 3-4 112
3.3.2. Cálculo de brecha de energía viviendas estrato 3-4 114
3.3.3. Resultados cálculos consumo de agua viviendas estrato 3-4 115
3.3.4. Cálculo de brecha de agua viviendas estrato 3-4 117
3.4. Brecha para Vivienda Estrato 5 y 6 118
3.4.1. Resultados modelación energética viviendas estrato 5-6 118
3.4.2. Cálculo de brecha de energía viviendas Estrato 5-6 120
3.4.3. Resultados cálculos consumo de agua viviendas estrato 5-6 121
3.4.4. Cálculo de brecha de agua viviendas estrato 5-6 123
3.5. Brecha para Oficinas 124
3.5.1. Resultados modelación energética oficinas 124
3.5.2. Cálculo de brecha de energía oficinas 126
3.5.3. Resultados cálculos consumo de agua oficinas 127
3.5.4. Cálculo de brecha de agua oficinas 129
3.6. Brecha para Centros Comerciales 130
3.6.1. Resultados modelación energética centros comerciales 130
3.6.2. Cálculo de brecha de energía centros comerciales 132
3.6.3. Resultados cálculos consumo de agua centros comerciales 133
3.6.4. Cálculo de brecha de agua centros comerciales 135
3.7. Brecha para Hoteles 136
3.7.1. Resultados modelación energética hoteles 136
3.7.2. Cálculo de brecha de energía hoteles 138
3.7.3. Resultados cálculos consumo de agua hoteles 139
3.7.4. Cálculo de brecha de agua hoteles 141
3.8. Brecha para colegios 142
3.8.1. Resultados modelación energética colegios 142
3.8.2. Cálculo de brecha de energía colegios 144
3.8.3. Resultados cálculos consumo de agua colegios 145
3.8.4. Cálculo de brecha de agua colegios 147
3.9. Brecha para hospitales 148

3.9.1. Resultados modelación energética hospitales 148
3.9.2. Cálculo de brecha de energía hospitales 150
3.9.3. Resultados cálculos consumo de agua hospitales 151
3.9.4. Cálculo de brecha de agua Hospitales 153
3.10. Conclusiones y Recomendaciones Cálculo de Brecha 154
4. Recomendación Porcentaje Obligatorio de Ahorro 157
4.1. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para VIP 158
4.1.1. Paquetes primarios obligatorios para viviendas de interés prioritario 158
4.1.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio viviendas estrato 3-4 161
4.1.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio vivienda VIP 164
4.1.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para VIP 167
4.2. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para VIS 168
4.2.1. Paquetes primarios obligatorios para viviendas de interés social 168
4.2.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio vivienda de interés social 172
4.2.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio vivienda VIS 175
4.2.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para VIS 178
4.3. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Vivienda Estrato 3 y 4 179
4.3.1. Paquetes primarios obligatorios para viviendas estrato 3-4 179
4.3.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio viviendas estrato 3-4 181
4.3.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorios viviendas estrato 3-4 183
4.3.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para viviendas estrato 3-4 185
4.4. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Vivienda Estrato 5 y 6 186
4.4.1. Paquetes primarios obligatorios para viviendas estrato 5-6 186
4.4.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio viviendas estrato 5-6 189

4.4.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio viviendas estrato 5-6 191

4.4.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para viviendas estrato 5-6 193

4.5. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Oficinas 194

4.5.1. Paquetes primarios obligatorios para oficinas 194

4.5.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio oficinas 197

4.5.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio oficinas 199

4.5.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para oficinas 201

4.6. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Centros Comerciales 202

4.6.1. Paquetes primarios obligatorios para centros comerciales 202

4.6.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio centros comerciales 205

4.6.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio centros comerciales 207

4.6.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para centros comerciales 209

4.7. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Hoteles 210

4.7.1. Paquetes primarios obligatorios para hoteles 210

4.7.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio hoteles 213

4.7.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio hoteles 215

4.7.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para hoteles 217

4.8. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Colegios 218

4.8.1. Paquetes primarios obligatorios para colegios 218

4.8.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorios colegios 220

4.8.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorios colegios 222

4.8.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para colegios 224

4.9. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Hospitales 225

4.9.1. Paquetes de simulación energética obligatorios hospitales 225
4.9.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio hospitales 228
4.9.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete de simulación obligatorio hospitales 230
4.9.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para hospitales 232
4.10. Conclusiones y Recomendaciones Paquetes Primarios Obligatorios 233
5. Recomendación Porcentaje Voluntario de Ahorro 236
5.1. Porcentaje Voluntario de Ahorro para VIP 237
5.1.1. Paquetes primarios voluntarios VIP 237
5.1.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario VIP 240
5.1.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario VIP 243
5.1.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para VIP 245
5.2. Porcentaje Voluntario de Ahorro para VIS 246
5.2.1. Paquetes primarios voluntarios VIS 246
5.2.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario VIS 250
5.2.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario VIS 254
5.2.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para VIS 256
5.3. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Vivienda Estrato 3-4 257
5.3.1. Paquetes de simulación energética voluntarios vivienda estrato 3-4 257
5.3.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario viviendas estrato 3-4 261
5.3.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario viviendas estrato 3-4 264
5.3.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para viviendas estrato 3-4 266
5.4. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Vivienda Estrato 5-6 267
5.4.1. Paquetes de simulación energética voluntarios viviendas estrato 5-6 267

5.4.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario viviendas estrato 5-6 270

5.4.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario viviendas estrato 5-6 272

5.4.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para viviendas estrato 5-6 275

5.5. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Oficinas 276

5.5.1. Paquetes primarios voluntario oficinas 276

5.5.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario oficinas 279

5.5.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario oficinas 281

5.5.4. Porcentajes voluntario de agua y energía recomendados para oficinas 283

5.6. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Centros Comerciales 284

5.6.1. Paquetes de simulación energética voluntarios centros comerciales 284

5.6.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario centros comerciales 287

5.6.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario centros comerciales 290

5.6.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para centros comerciales 291

5.7. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Hoteles 292

5.7.1. Paquetes primarios voluntarios hoteles 292

5.7.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario hoteles 296

5.7.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario hoteles 298

5.7.4. Porcentajes voluntario de agua y energía recomendados para hoteles 300

5.8. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Colegios 301

5.8.1. Paquetes de simulación energética voluntarios colegios 301

5.8.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario colegios 304

5.8.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario colegios 306

5.8.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para colegios 308
5.9. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Hospitales 309
5.9.1. Paquetes de simulación energética voluntarios hospitales 309
5.9.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario hospitales 312
5.9.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario hospitales 315
5.9.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para hospitales 318
5.10. Conclusiones y Recomendaciones Paquete Primario Voluntario 318
6. Recomendaciones Técnicas Protocolo de Implementación de la Resolución 549 de 2015 321
6.1. Propuesta Introducción protocolo 321
6.2. Mejores prácticas para el desarrollo de proyectos innovadores y de alto desempeño 322
6.3. Recomendaciones pasos para implementación del método prescriptivo 322
6.3.1. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Estratos 3 y 4 323
6.3.2. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Estratos 5 y 6 325
6.3.3. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Oficinas 326
6.3.4. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Centros Comerciales 327
6.3.5. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Hoteles 329
6.3.6. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Colegios 330
6.3.7. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Hospitales 331
6.3.8. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Educación Superior 333
6.3.9. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Estratos 3 y 4 334
6.3.10. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Estratos 5 y 6 335
6.3.11. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Oficinas 335
6.3.12. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Centros Comerciales 336
6.3.13. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Hoteles 337
6.3.14. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Colegios 338
6.3.15. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Hospitales 339
6.3.16. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Educación Superior 341
6.4. Recomendaciones pasos para implementación del método de desempeño 341

6.4.1. Método de Desempeño Ahorro de Energía Estratos 3 y 4 342
6.4.2. Método de Desempeño Ahorro de Energía Estratos 5 y 6 348
6.4.3. Método de Desempeño Ahorro de Energía Oficinas 353
6.4.4. Método de Desempeño Ahorro de Energía Centros Comerciales 358
6.4.5. Método de Desempeño Ahorro de Energía Hoteles 364
6.4.6. Método de Desempeño Ahorro de Energía Colegios 369
6.4.7. Método de Desempeño Ahorro de Energía Hospitales 374
6.4.8. Método de Desempeño Ahorro de Energía Educación Superior 379
6.4.9. Método de Desempeño Ahorro de Agua Estratos 3 y 4 385
6.4.10. Método de Desempeño Ahorro de Agua Estratos 5 y 6 389
6.4.11. Método de Desempeño Ahorro de Agua Oficinas 394
6.4.12. Método de Desempeño Ahorro de Agua Centros Comerciales 399
6.4.13. Método de Desempeño Ahorro de Agua Hoteles 404
6.4.14. Método de Desempeño Ahorro de Agua Colegios 409
6.4.15. Método de Desempeño Ahorro de Agua Hospitales 414
6.4.16. Método de Desempeño Ahorro de Agua Educación Superior 419
6.5. Posibles medidas de eficiencia energética 424
6.6. Posibles medidas de eficiencia en el consumo del agua 433
6.7. Propuesta formato para presentación del proyecto al ente regulador 437
6.8. Propuesta formato para revisión del proyecto por parte del ente regulador 437
6.9. Conclusiones y Recomendaciones Protocolo Implementación Resolución 549 por el Método de Desempeño 437
7. Bibliografía 439
Anexo Técnico 1- Paquetes Primarios 440
Metodología paquetes primarios 440
Anexo Técnico 2- Determinación de la Brecha entre el Desempeño de los Paquetes Primarios y el Desempeño de la Línea Base del ASHRAE 90.1 2016 y la NTC 1500 442
Metodología determinación brecha 442
Anexo Técnico 3- Recomendación Porcentaje Obligatorio de Ahorro 446
Metodología determinación los paquetes de simulación obligatorios 446
Anexo Técnico 4- Recomendación Porcentaje Voluntario de Ahorro 448

Metodología determinación los paquetes de simulación voluntarios 448

Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo de Implementación 450

Anexo Técnico 6- Método de Desempeño Ahorro de Agua y Energía VIP y VIS 450

Método de desempeño para el cumplimiento de los ahorros propuestos por la Resolución 549 de 2015 para Vivienda de Interés Prioritario (VIP) y Vivienda de Interés Social (VIS). 450

Vivienda de Interés Prioritario (VIP) 450

Vivienda de Interés Social (VIS) 460

Método de desempeño para el cumplimiento de los topes de inversión establecidos por la Secretaria Distrital de Planeación para Vivienda de Interés Prioritario (VIP) y Vivienda de Interés Social (VIS). 471

Vivienda de Interés Prioritario (VIP) 471

Vivienda de Interés Social (VIS) 481

Lista de Tablas

Tabla 1. Paquete primario de la práctica tradicional vivienda VIP 39
Tabla 2. Paquete primario de la práctica tradicional vivienda VIS 45
Tabla 3. Paquete primario de la práctica tradicional vivienda 3 y 4 52
Tabla 4. Paquete primario de la práctica tradicional vivienda 5 y 6 59
Tabla 5. Paquete primario de la práctica tradicional oficina 65
Tabla 6. Paquete primario de la práctica tradicional centros comerciales 72
Tabla 7. Paquete primario de la práctica tradicional hotel 78
Tabla 8 Paquete primario de la práctica tradicional colegios 85
Tabla 9. Paquete primario de la práctica tradicional hospitales 90
Tabla 10. Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda VIP de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 2016 101
Tabla 11. Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda VIP de acuerdo a paquete primario práctica común 102
Tabla 12. Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común vivienda VIP 103
Tabla 13. Consumo de agua para vivienda VIP de acuerdo a NTC1500 104
Tabla 14. Consumo de agua para vivienda VIP de acuerdo a paquete primario práctica común. 105
Tabla 15. Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en vivienda VIP. 106
Tabla 16. Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda VIS de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016. 106
Tabla 17 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda VIS de acuerdo a paquete primario práctica común. 107
Tabla 18 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común vivienda VIS 108
Tabla 19. Consumo de agua para vivienda VIS de acuerdo a NTC1500 109
Tabla 20 Consumo de agua para vivienda VIS de acuerdo a práctica común 110
Tabla 21 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en vivienda VIS. 111
Tabla 22 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda Estrato 3-4 de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016. 112
Tabla 23 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda Estrato 3-4 de acuerdo a paquete primario práctica común. 113
Tabla 24 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común vivienda Estrato 3-4 114
Tabla 25 Consumo de agua para vivienda estratos 3-4 de acuerdo a NTC1500 115
Tabla 26 Consumo de agua para vivienda Estrato 3-4 de acuerdo a práctica común 116
Tabla 27 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en vivienda Estrato 3-4. 117
Tabla 28 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda estrato 5-6 de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016. 118

Tabla 29 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda estrato 5-6 de acuerdo a paquete primario práctica común.....119
Tabla 30 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común vivienda estrato 5-6.....120
Tabla 31 Consumo de agua para vivienda Estrato 5-6 de acuerdo a NTC1500.....121
Tabla 32 Consumo de agua para vivienda estrato 5-6 de acuerdo a práctica común.....122
Tabla 33 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en vivienda estrato 5-6.....123
Tabla 34 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para oficinas de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.....124
Tabla 35 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para oficinas de acuerdo a paquete primario práctica común.....125
Tabla 36 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en oficinas.....126
Tabla 37 Consumo de agua para oficinas de acuerdo a NTC1500.....127
Tabla 38 Consumo de agua para oficinas de acuerdo a práctica común.....128
Tabla 39 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en oficinas.....129
Tabla 40 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para centros comerciales de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.....130
Tabla 41 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para centros comerciales de acuerdo a paquete primario práctica común.....131
Tabla 42 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en centros comerciales.....132
Tabla 43 Consumo de agua para centros comerciales de acuerdo a NTC1500.....133
Tabla 44 Consumo de agua para centros comerciales de acuerdo a práctica común.....134
Tabla 45 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en centros comerciales.....135
Tabla 46 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para hoteles de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.....136
Tabla 47 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para hoteles de acuerdo a paquete primario práctica común.....137
Tabla 48 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en hoteles.....138
Tabla 49 Consumo de agua para hoteles de acuerdo a NTC1500.....139
Tabla 50 Consumo de agua para hoteles de acuerdo a práctica común.....140
Tabla 51 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en hoteles.....141
Tabla 52 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para colegios de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.....142
Tabla 53 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para colegios de acuerdo a paquete primario práctica común.....143
Tabla 54 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en colegios.....144
Tabla 55 Consumo de agua para colegios de acuerdo a NTC1500.....145

Tabla 56 Consumo de agua para colegios de acuerdo a práctica común 146
Tabla 57 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en colegios. 147
Tabla 58 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para hospitales de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016. 148
Tabla 59 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para hospitales de acuerdo a paquete primario práctica común. 149
Tabla 60 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en hospitales. 150
Tabla 61 Consumo de agua para hospitales de acuerdo a NTC1500 151
Tabla 62 Consumo de agua para hospitales de acuerdo a práctica común 152
Tabla 63 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en hospitales. 153
Tabla 64 Conjunto de medidas de eficiencia paquete cumplimiento con la Res 549 para vivienda de interés prioritario 158
Tabla 65 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto 1 para VIP 159
Tabla 66 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto 2 para VIP 160
Tabla 67 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIP 161
Tabla 68 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP 162
Tabla 69 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIP 163
Tabla 70 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento de la Res 549 vivienda VIP 164
Tabla 71 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP 165
Tabla 72 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIP 166
Tabla 73 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para VIP 167
Tabla 74 Conjunto de medidas de eficiencia paquete cumplimiento con la Res 549 para vivienda de interés social 168
Tabla 75 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto 1 para VIS 169
Tabla 76 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto 2 para VIS 170
Tabla 77 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIS 172
Tabla 78 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP 173

Tabla 79 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIS 174
Tabla 80 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento de la Res 549 vivienda VIS 175
Tabla 81 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIS....176
Tabla 82 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIS....177
Tabla 83 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para VIS 178
Tabla 84 Conjunto de medidas de eficiencia paquete cumplimiento con la Res 549 para vivienda estrato 3-4 179
Tabla 85 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para vivienda estrato 3-4 180
Tabla 86 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento Res 549 vivienda estrato 3-4 182
Tabla 87 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4....182
Tabla 88 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento de la Res 549 vivienda estrato 3-4 184
Tabla 89 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4 184
Tabla 90 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para estrato 3-4 186
Tabla 91 Conjunto de medidas de eficiencia del paquete de cumplimiento con la Res 549 para vivienda estrato 5 y 6 186
Tabla 92 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para vivienda estrato 5-6 187
Tabla 93 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento de la Res 549 vivienda estrato 5-6 189
Tabla 94 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6....190
Tabla 95 Resultados cálculo consumo de agua para paquete Res 549 vivienda estrato 5-6 ...191
Tabla 96 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6 192
Tabla 97 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para estrato 5-6 193
Tabla 98 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para oficinas....194
Tabla 99 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para oficinas 195
Tabla 100 Resultados consumo de energía para paquete cumplimiento Res 549 oficina 197
Tabla 101 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto oficinas 198

Tabla 102 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento resolución 549 oficinas 199
Tabla 103 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio oficinas 200
Tabla 104 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para oficinas 201
Tabla 105 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para centros comerciales 202
Tabla 106 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para centros comerciales 203
Tabla 107 Resultados consumo de energía para paquete cumplimiento resolución 549 centros comerciales 205
Tabla 108 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto centros comerciales 206
Tabla 109. Resultados cálculo consumo de agua para paquete Res 549 centro comercial 207
Tabla 110 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto centro comercial 208
Tabla 111 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para centros comerciales 209
Tabla 112 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para hoteles 210
Tabla 113 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para hoteles 211
Tabla 114 Resultados consumo de energía para cumplimiento de Res 549 hoteles 213
Tabla 115 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto hoteles 214
Tabla 116 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento Res 549 hotel 215
Tabla 117 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto hoteles 216
Tabla 118 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para hoteles 217
Tabla 119 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para colegios 218
Tabla 120 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para colegios 219
Tabla 121 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento de Res 549 colegios 220
Tabla 122 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto colegios 221
Tabla 123 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento Res 549 colegios 222
Tabla 124 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto colegios 223
Tabla 125 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para Colegios 224

Tabla 126 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para hospitales...225
Tabla 127 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para hospitales 226
Tabla 128 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento de Res 549 hospitales 228
Tabla 129 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto hospitales ..229
Tabla 130 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento Res 549 hospitales 230
Tabla 131 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto hospitales 231
Tabla 132 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para hospital 232
Tabla 133 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para VIP....237
Tabla 134 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de VIP 238
Tabla 135 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 3 de VIP 239
Tabla 136 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIP 240
Tabla 137 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 VIP 241
Tabla 138 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 3 VIP 242
Tabla 139 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIP 243
Tabla 140 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 vivienda VIP 245
Tabla 141 Porcentajes voluntarios paquete 2 y 3 de agua y energía recomendados para vivienda VIP 245
Tabla 142 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para VIS....247
Tabla 143 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de VIS 248
Tabla 144 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 3 de VIS 249
Tabla 145 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS 250
Tabla 146 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 VIS 252
Tabla 147 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 3 VIS 253
Tabla 148 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS....254
Tabla 149 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 vivienda VIS....255
Tabla 150 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para vivienda VIS 256
Tabla 151 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para vivienda estrato 3-4 257
Tabla 152 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de estrato 3 y 4 258

Tabla 153 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 3 de vivienda estrato 3 y 4 260
Tabla 154 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4 261
Tabla 155 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 vivienda estrato 3 y 4 262
Tabla 156 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 3 estratos 3 y 4 263
Tabla 157 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4 265
Tabla 158 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 vivienda estrato 3-4 266
Tabla 159 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para vivienda estrato 3-4 267
Tabla 160 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para vivienda estrato 5-6 268
Tabla 161 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 propuesto para vivienda estrato 5 y 6 269
Tabla 162 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 5-6 270
Tabla 163 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 estrato 5 y 6 271
Tabla 164 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 5-6 273
Tabla 165 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 vivienda estrato 5-6 274
Tabla 166 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para vivienda estrato 5-6 275
Tabla 167 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para oficinas....276
Tabla 168 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de oficinas.277
Tabla 169 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto oficinas....279
Tabla 170 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 oficinas 280
Tabla 171 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 oficinas 281
Tabla 172 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 Oficinas 283
Tabla 173 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para oficinas 284
Tabla 174 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para centros comerciales 285
Tabla 175 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de centros comerciales 286
Tabla 176 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto centros comerciales 287
Tabla 177 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 centros comerciales..289

Tabla 178 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto centro comercial 290
Tabla 179 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 centros comerciales 291
Tabla 180 Porcentajes voluntarios de agua recomendados para centros comerciales 292
Tabla 181 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para hoteles 292
Tabla 182 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de hoteles ..294
Tabla 183 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto hoteles 296
Tabla 184 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 hoteles 297
Tabla 185 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto hoteles 298
Tabla 186 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 hoteles 299
Tabla 187 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para hoteles 300
Tabla 188 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para colegios 301
Tabla 189 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 propuesto para colegios 302
Tabla 190 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto colegios ...304
Tabla 191 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 colegios 305
Tabla 192 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto colegios 306
Tabla 193 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 colegios 308
Tabla 194 Porcentajes voluntarios de agua recomendados para colegios 309
Tabla 195 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para hospitales 310
Tabla 196 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 propuesto para hospitales 311
Tabla 197 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 hospitales 313
Tabla 198 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 hospitales 314
Tabla 199 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto hospitales 315
Tabla 200 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 hospitales 316
Tabla 201 Porcentajes voluntarios de agua y energia recomendados para hospitales 318
Tabla 202 Medidas requeridas método prescriptivo para vivienda estrato 3 y 4 323
Tabla 203 Medidas requeridas método prescriptivo para vivienda estrato 5 y 6 325
Tabla 204 Medidas requeridas método prescriptivo para oficinas 326
Tabla 205 Medidas requeridas método prescriptivo para centro comercial 327
Tabla 206 Medidas requeridas método prescriptivo para hoteles 329
Tabla 207 Medidas requeridas método prescriptivo para colegios 330
Tabla 208 Medidas requeridas método prescriptivo para hospital 331

Tabla 209 Medidas requeridas método prescriptivo para educación superior 333
Tabla 210 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de vivienda estrato 3-4 334
Tabla 211 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de vivienda estrato 5-6 335
Tabla 212 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de oficinas 336
Tabla 213 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de centros comerciales 337
Tabla 214 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de hoteles 337
Tabla 215 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de colegios 339
Tabla 216 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de hospitales.....340
Tabla 217 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de educación superior.341
Tabla 218 Resumen de metodología caso de diseño. Vivienda de estratos 3 y 4 343
Tabla 219 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Vivienda de estratos 3 y 4 ..345
Tabla 220 Resumen de metodología caso de diseño. Viviendas de estratos 5 y 6 349
Tabla 221 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño viviendas de estratos 5 y 6.350
Tabla 222 Resumen de metodología caso de diseño oficinas.....354
Tabla 223. Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Oficinas 355
Tabla 224 Resumen de metodología caso de diseño. Centros comerciales.....359
Tabla 225 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Centros comerciales.....361
Tabla 226 Resumen de metodología caso de diseño. Hoteles.....365
Tabla 227 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Hoteles.....366
Tabla 228. Resumen de metodología caso de diseño. Colegios 370
Tabla 229 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño colegios.....371
Tabla 230. Resumen de metodología caso de diseño. Hospitales.....375
Tabla 231 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño hospitales 377
Tabla 232. Resumen de metodología caso de diseño. Educación superior.....380
Tabla 233 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Educación superior.....382
Tabla 234 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas de estratos 3 y 4 385
Tabla 235 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas de estratos 5 y 6 390
Tabla 236 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua Oficinas 395
Tabla 237 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en Centros comerciales.....399
Tabla 238 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua. Hotel404
Tabla 239 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua. Colegios 410
Tabla 240 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua. Hospitales 414

Tabla 241 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua Educación superior....420
Tabla 242. Medidas de eficiencia de energía en iluminación y control de iluminación....424
Tabla 243 Medidas de eficiencia de energía en el sistema eléctrico....426
Tabla 244 Medidas de eficiencia en el sistema de agua caliente....428
Tabla 245 Medidas de eficiencia en la envolvente....429
Tabla 246 Medidas de eficiencia en el sistema de HVAC....432
Tabla 247. Medidas de eficiencia en agua....433
Tabla 248 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 1....441
Tabla 249. Tabla de usos diarios y duración de aparatos sanitarios por tipo de ocupación....443
Tabla 250 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 2....444
Tabla 251 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 3....446
Tabla 252 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 4....448
Tabla 253 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 5....450

Lista de Figuras

Figura 1.Torta de consumos energéticos para VIP de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016....101
Figura 2 Torta de consumos energéticos para VIP de acuerdo a paquete primario práctica común....102
Figura 3. Torta de consumos para VIP por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500....104
Figura 4 Torta de consumos para VIP por aparato sanitario de acuerdo a práctica común....105
Figura 5 Torta de consumos energéticos para VIS de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016....107
Figura 6 Torta de consumos energéticos para VIS de acuerdo a paquete primario práctica común....108
Figura 7 Torta de consumos para VIS por aparato sanitario de acuerdo a NTC 1500....110
Figura 8 Torta de consumos para VIS por aparato sanitario de acuerdo a práctica común....111
Figura 9 Torta de consumos energéticos para Estrato 3-4 de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016....113
Figura 10 Torta de consumos energéticos para Estrato 3-4 de acuerdo a práctica común....114
Figura 11 Torta de consumos para estrato 3-4 por aparato sanitario de acuerdo a NTC 1500....116
Figura 12 Torta de consumos para estrato 3-4 por aparato sanitario de acuerdo a práctica común....117
Figura 13 Torta de consumos energéticos para estrato 5-6 de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 2016....119
Figura 14 Torta de consumos energéticos para estrato 5-6 de acuerdo paquete primario práctica común....120

Figura 15 Torta de consumos para Estrato 5-6 por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500 122
Figura 16 Torta de consumos para estrato 5-6 por aparato sanitario de acuerdo a práctica común. 123
Figura 17 Torta de consumos energéticos para oficinas de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 2016 125
Figura 18 Torta de consumos energéticos para oficinas de acuerdo a paquete primario práctica común 126
Figura 19 Torta de consumos para oficinas por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500 128
Figura 20 Torta de consumos para oficinas por aparato sanitario de acuerdo a práctica común. 129
Figura 21 Torta de consumos energéticos para centros comerciales de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016 131
Figura 22 Torta de consumos energéticos para centros comerciales de acuerdo a paquete primario práctica común. 132
Figura 23 Torta de consumos para centros comerciales por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500 134
Figura 24 Torta de consumos para centros comerciales por aparato sanitario de acuerdo a práctica común. 135
Figura 25 Torta de consumos energéticos para hoteles de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016 137
Figura 26 Torta de consumos energéticos para hoteles de acuerdo a paquete primario práctica común. 138
Figura 27 Torta de consumos para hoteles por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500 140
Figura 28 Torta de consumos para hoteles por aparato sanitario de acuerdo a práctica común. 141
Figura 29 Torta de consumos energéticos para colegios de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016 143
Figura 30 Torta de consumos energéticos para colegios de acuerdo a paquete primario práctica común. 144
Figura 31 Torta de consumos para colegios por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500 ...146
Figura 32 Torta de consumos para colegios por aparato sanitario de acuerdo a práctica común 147
Figura 33 Torta de consumos energéticos para hospitales de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016 149
Figura 34 Torta de consumos energéticos para hospitales de acuerdo a paquete primario práctica común. 150
Figura 35 Torta de consumos para hospitales por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500 152
Figura 36 Torta de consumos para hospitales por aparato sanitario de acuerdo práctica común 153
Figura 37 Torta de consumo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIP 162

Figura 38 Torta de costo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIP.....162
Figura 39 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP 163
Figura 40 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP 163
Figura 41 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP 164
Figura 42 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP 164
Figura 43 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas VIP 165
Figura 44 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas VIP 165
Figura 45 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP 166
Figura 46 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP 166
Figura 47 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIP 167
Figura 48 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIP 167
Figura 49 Torta de consumo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIS.....173
Figura 50 Torta de costo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIS.....173
Figura 51 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP 174
Figura 52 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP 174
Figura 53 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIS.....175
Figura 54 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIS.....175
Figura 55 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas VIS.....176
Figura 56 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas VIS 176
Figura 57 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIS.....177
Figura 58 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIS 177
Figura 59 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIS.....178
Figura 60 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIS 178
Figura 61 Torta de consumo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda estrato 3-4 182
Figura 62 Torta de costo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda estrato 3-4 182
Figura 63 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4 183
Figura 64 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrto 3-4.....183
Figura 65 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas estrato 3-4 184
Figura 66 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas estrato 3-4 184
Figura 67 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4 185

Figura 68 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4 185
Figura 69 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento de Res 549 vivienda estrato 5-6 190
Figura 70 Torta de costo de energía paquete cumplimiento de Res 549 vivienda estrato 5-6 190
Figura 71 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6 191
Figura 72 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6 191
Figura 73 Torta de consumo de agua paquete cumplimiento de la Res 549 vivienda estrato 5-6 192
Figura 74 Torta de costo de consumo de agua paquete cumplimiento de laRes 549 vivienda estrato 5-6 192
Figura 75 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6 193
Figura 76 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6 193
Figura 77 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 oficinas 198
Figura 78 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 oficinas 198
Figura 79 Torta de consumo de energía paquete obligatorio oficinas 199
Figura 80 Torta de costo de energía paquete obligatorio oficinas 199
Figura 81 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 oficinas 200
Figura 82 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 oficinas 200
Figura 83 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto oficinas 201
Figura 84 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto oficinas 201
Figura 85 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 centros comerciales 206
Figura 86 Torta de costos de energía paquete cumplimiento Res 549 centros comerciales 206
Figura 87 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto centros comerciales 207
Figura 88 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto centros comerciales 207
Figura 89 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 centro comercial 208
Figura 90 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 centro comercial 208
Figura 91 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto centro comercial 209
Figura 92 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto centro comercial 209
Figura 93 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 hoteles 214
Figura 94 Torta de costos de energía paquete cumplimiento Res 549 hoteles 214
Figura 95 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto hoteles 215
Figura 96 Torta de costos de energía paquete obligatorio propuesto hoteles 215

Figura 97 Torta de consumo de agua paquete cumplimiento Res 549 hoteles 216
Figura 98 Torta de costo de consumo de agua paquete cumplimiento Res 549 hoteles 216
Figura 99 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto hoteles.....217
Figura 100 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto hoteles.....217
Figura 101 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 colegios.....221
Figura 102 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 colegios.....221
Figura 103 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto colegios.....222
Figura 104 Torta de costo consumo de energía paquete obligatorio propuesto colegios.....222
Figura 105 Torta de consumo de agua paquete Res 549 Colegios.....223
Figura 106 Torta de costo de consumo de agua paquete Res 549 Colegios.....223
Figura 107 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto colegios.....224
Figura 108 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto colegios.....224
Figura 109 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 hospitales.....229
Figura 110 Torta de costos de energía paquete cumplimiento Res 549 hospitales.....229
Figura 111 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto hospitales.....230
Figura 112 Torta de costos de energía paquete obligatorio propuesto hospitales.....230
Figura 113 Torta de consumo de agua paquete cumplimiento Res 549 hospitales.....231
Figura 114 Torta de costo de consumo de agua paquete cumplimiento Res 549 hospitales ..231
Figura 115 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto hospitales.....232
Figura 116 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto hospitales....232
Figura 117 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 vivienda VIP.....241
Figura 118 Torta de costo de energía paquete voluntario 1 vivienda VIP.....241
Figura 119 Torta de consumo de energía paquete voluntario 2 VIP.....242
Figura 120 Torta de costo de energía paquete voluntario 2 VIP.....242
Figura 121 Torta de consumo de energía paquete voluntario 2 VIP.....243
Figura 122 Torta de costo de energía paquete voluntario 2 VIP.....243
Figura 123 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 vivienda VIP.....244
Figura 124 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 vivienda VIP.....245
Figura 125 Torta de consumo de agua voluntario 2 vivienda VIP.....245
Figura 126 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 vivienda VIP.....245
Figura 127 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS.....251
Figura 128 Torta de costo de energía paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS.....252
Figura 129 Torta de consumo de energía paquete voluntario 2 VIS.....253
Figura 130 Torta de costo de energía paquete voluntario 2 VIS.....253
Figura 131 Torta de consumo de energía paquete voluntario 3 VIS.....254
Figura 132 Torta de costo de energía paquete voluntario 3 VIS.....254
Figura 133 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS.....255
Figura 134 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS 255
Figura 135 Torta de consumo de agua voluntario 2 vivienda VIS.....256
Figura 136 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 vivienda VIS.....256

Figura 137 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4 262
Figura 138 Torta de costo de energía paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4.262
Figura 139 Torta de consumo de energía paquete voluntario 2 estrato 3 y 4 263
Figura 140 Torta de costo de energía paquete voluntario 2 estrato 3 y 4 263
Figura 141 Torta de consumo de energía paquete voluntario 3 estrato 3 y 4 264
Figura 142 Torta de costo de energía paquete voluntario 3 estrato 3 y 4 264
Figura 143 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4 265
Figura 144 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4 265
Figura 145 Torta de consumo de agua voluntario 2 vivienda estrato 3-4 266
Figura 146 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 vivienda estrato 3-4 266
Figura 147 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6 271
Figura 148 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6....271
Figura 149 Torta de consumos energéticos paquete voluntario estrato 5 y 6....272
Figura 150 Torta de consumos energéticos paquete voluntario estrato 5 y 6....272
Figura 151 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 5-6 273
Figura 152 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 5-6 274
Figura 153 Torta de consumo de agua voluntario vivienda estrato 5-6 275
Figura 154 Torta de costo de consumo de agua voluntario vivienda estrato 5-6 275
Figura 155 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 oficinas 280
Figura 156 Torta de costo de energía paquete voluntario 1 oficinas 280
Figura 157 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 oficinas....281
Figura 158 Torta de costos energéticos paquete voluntario 2 oficinas....281
Figura 159 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto oficinas 282
Figura 160 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto oficinas 282
Figura 161 Torta de consumo de agua voluntario 2 Oficinas 283
Figura 162 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 Oficinas 283
Figura 163 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto centros comerciales 288
Figura 164 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto centros comerciales 288
Figura 165 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 centro comercial 289
Figura 166 Torta de costos energéticos paquete voluntario 2 centro comerciales. 289
Figura 167 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto centro comercial....290
Figura 168 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto centro comercial 290

Figura 169 Torta de consumo de agua voluntario 2 centros comerciales 291
Figura 170 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 centros comerciales.....291
Figura 171 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto hoteles 296
Figura 172 Torta de costos de energía paquete voluntario 1 propuesto hoteles 297
Figura 173 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 hoteles.....298
Figura 174 Torta de costos energéticos paquete voluntario 2 hoteles.....298
Figura 175 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto hoteles 299
Figura 176 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto hoteles 299
Figura 177 Torta de consumo de agua voluntario 2 hoteles.....300
Figura 178 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 hoteles.....300
Figura 179 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto colegios 305
Figura 180 Torta de costo consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto colegios.....305
Figura 181 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 colegios 306
Figura 182 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 colegios 306
Figura 183 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto colegios 307
Figura 184 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto colegios 307
Figura 185 Torta de consumo de agua voluntario 2 colegios.....308
Figura 186 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 colegios 308
Figura 187 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto hospitales.....313
Figura 188 Torta de costos de energía paquete voluntario 1 propuesto hospitales.....314
Figura 189 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 hospitales 315
Figura 190 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 hospitales 315
Figura 191 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto hospitales.....316
Figura 192 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1propuesto hospitales ..316
Figura 193 Torta de consumo de agua voluntario 2 hospitales 317
Figura 194 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 hospitales 317

Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers,

BEA: Building Efficiency Accelerator

LPD: Litros por descarga

LPM: Litros por minuto

PNNL: Pacific Northwest National Laboratory

PSI: Por sus siglas en inglés, libras por pulgada cuadrada

SUDS: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible

VIP: Vivienda de Interés Prioritario

VRF: Por sus siglas en inglés, volumen de refrigerante variable

VIS: Vivienda de Interés Social

WRI: World Resources Institute

SHGC: Solar Heat Gain Coefficient

VSA: Vertical Shading Angle

COP: Coefficient of Performance

Introducción

Como parte de la participación de la ciudad de Bogotá en el programa Building Efficiency Accelerator (BEA), se ha determinado que una prioridad para la ciudad es lograr la correcta implementación de la resolución 549 de 2015 y mejorar el potencial de ahorro para edificaciones nuevas. Para esto se ha desarrollado un estudio el cual busca establecer los criterios técnicos para desarrollar un protocolo de implementación de la resolución. Con el protocolo se pretende no solo generar un mecanismo claro y estandarizado por medio del cual se pueda demostrar el cumplimiento de la resolución, sino también promover la innovación y los procesos integrativos como parte esencial para el avance de la industria de la construcción. En este orden de ideas, el protocolo busca ser una herramienta con la cual los equipos de proyecto puedan evaluar y seleccionar las medidas de eficiencia en el consumo de agua y energía que mejor se adecuen a las metas y realidades del proyecto, potencializando la sostenibilidad de este, y con la cual se pueda de una manera estandarizada demostrar los ahorros que se lograrán, logrando validar el cumplimiento con la legislación vigente.

En este reporte se sintetizan tanto las metodologías, como los resultados técnicos que se han alcanzado como parte de esta consultoría. Se incluye el levantamiento y estandarización de las practicas locales tradicionales de construcción, las cuales servirán de línea base para evaluar las medidas de eficiencia, el cálculo de la brecha o comparación que existe entre esta línea base de las prácticas locales tradicionales y la línea base del Apéndice G del estándar ASHRAE 90.1 2016, la determinación de los porcentajes de ahorro obligatorios e incentivables o voluntarios para cada una de las tipologías de estudio, las recomendaciones técnicas para la formulación del protocolo de implementación y la explicación de la equivalencia entre el método propuesto y la resolución actual. Las tipologías estudiadas son residencial VIP (vivienda de interés prioritario, residencial VIS (vivienda de interés social), residencial estratos 3 y 4, residencial estratos 5 y 6, oficinas, colegios, educación superior, hotel, centros comerciales y hospitales.

Este estudio es muy relevante ya que constituye un insumo fundamental para lograr que los diferentes constructores y desarrolladores encuentren una herramienta para de una manera estandarizada, poder medir los ahorros en agua y energía que pueden tener en sus proyectos gracias a la implementación de estrategias de ahorro. De igual forma genera un marco de referencia para la industria de la construcción en general para desarrollar proyectos de alto desempeño, de una manera costo-efectiva, promoviendo los procesos integrativos. Así mismo sirve a la administración distrital para generar mecanismos para el aseguramiento de la implementación de la resolución 549 de 2015 en la cuidad, con los beneficios en la mejora de la eficiencia en temas de agua y energía de todas las edificaciones que se construyan en la ciudad. De igual forma establece una base técnica para poder pensar una estructura de incentivos o beneficios que lleven a jalonar aún más los temas de eficiencia en la ciudad.

En la medida de que todos los proyectos nuevos que se construyan en Bogotá logren los ahorros propuestos en este estudio, se reducirán sustancialmente los consumos de recursos de la ciudad y se contribuirá a lograr las metas de eficiencia energética y de consumo de agua que se han propuesto la cuidad y el país.

Resumen Ejecutivo

Este estudio tiene como primordial objetivo el desarrollo de las recomendaciones y bases técnicas para crear un protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015 para la ciudad de Bogotá, el cual será redactado por la Secretaría de Planeación Distrital poterior a la entrega de este informe. En el marco del programa BEA (Building Efficiency Accelerator) se cree firmemente que, al desarrollar una herramienta concreta, clara y estandarizada, la cual todos los proyectos nuevos de la ciudad puedan implementar, que permita materializar el cumplimiento de la resolución 549 de 2015, se aumentarán notablemente los ahorros en términos de agua y energía de la ciudad, contribuyendo con el cumplimento de las metas. Adicionalmente, se cree que, creando una estructura de incentivos, se pueden aumentar los porcentajes de ahorro requeridos, llevando a jalonar notablemente la eficiencia energética y del consumo de agua en la ciudad. Tomando como base el potencial de la actividad de la construcción se determinó llevar a cabo el estudio para las siguientes 10 tipologías: VIP (vivienda de interés prioritario), VIS (vivienda de interés social), vivienda de estratos 3 y 4, vivienda de estratos 5 y 6, oficinas, centros comerciales, hoteles, colegios, hospitales y educación superior.

Con el fin de establecer una metodología clara y estandarizada para el desarrollo de estas bases técnicas, el equipo del programa BEA de la ciudad de Bogotá se asesoró del WRI (World Resources Institute) y del socio global del BEA el PNNL (Pacific Northwest National Laboratory), entidades expertas en el desarrollo de códigos de eficiencia energética a nivel internacional. La metodología propuesta por el PNNL fue adaptada a las condiciones y necesidades locales, conservando toda la integridad y rigurosidad técnica propuesta. La metodología usada para el desarrollo de estas bases técnicas se basó en 5 pasos principales.

El primero consistió en hacer un reconocimiento de las prácticas tradicionales actuales de construcción, esto se hizo por medio de entrevistas a 22 constructores y/o dearrolladores diferentes, recogiendo datos de 57 proyectos construidos en los últimos 3 años o que se encuentren en proceso de construcción y que no hayan cursado o estén cursando ningún proceso de certificación en sostenibilidad. Con base en la información recolectada se hizo un tratamiento estadístico y se determinaron un conjunto de características y parámetros específicos para cada una de las tipologías del estudio, este conjunto de características y parámetros se denominó paquete primario de la práctica tradicional.

El segundo paso fue establecer la comparación o brecha entre esa práctica tradicional y una línea base estandarizada. En el caso de la energía se utilizó la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 y en el caso del agua se utilizó una línea base generada a partir de la NTC 1500 (Norma Técnica Colombiana 1500 – Tercera actualización). La comparación o brecha entre la práctica tradicional y la línea base estandarizada fue utilizada para generar un factor de ajuste de la línea base para obtener una línea base ajustada a las condiciones locales.

El tercer paso consistió en determinar un porcentaje de ahorro obligatorio tanto para agua como para energía. El porcentaje obligatorio se estableció por medio de una metodología muy robusta de simulación, teniendo como objetivo principal buscar la equivalencia con el ahorro que pide la resolución. Con el fin de llegar al ahorro que cumpliera con las condiciones descritas se hicieron varias iteraciones con modificaciones a los paquetes de simulación. En todas las tipologías se desarrolló un paquete de equivalencia de la resolución 549 y un paquete costo efectivo que tiene el mismo ahorro del paquete de equivalencia pero que además no se sale de los porcentajes de inversión sobre los costos directos acordados con la Secretaria de planeación de Bogotá, lo anterior se realizó para todos los casos a excepción de VIS y VIP pues no fue posible encontrar un paquete costo efectivo que cumpliera con las condiciones anteriormente expuestas por lo tanto se plantearon dos paquetes obligatorios propuestos diferentes, el primero que cumple con los ahorros requeridos por la resolución 549 y el segundo que cumple con los topes máximos de inversion.

El cuarto paso se basó en determinar dos porcentajes de ahorro voluntario para todas las tipologías y un tercer porcentaje de ahorro para VIP, VIS y vivienda estrato 3 y 4. El objetivo de los dos primeros ahorros voluntarios fue determinar los ahorros que se podrían lograr con unos topes dados de inversión con respecto a los costos directos de construcción. Los topes para determinar los ahorros obligatorios, acordados con la Secretaría Distrital de Planeación y con el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible para el ahorro obligatorio son 0.3% para proyectos VIP, 0.5% para proyectos VIS y para colegios, y 1% para todas las otras tipologías del estudio, con respecto a los costos directos de construcción. Pos su parte los topes establecidos para determinar el ahorro voluntario 1 y 2 son 0.5% para proyectos VIP, 1% para proyectos VIS y colegios, 2% para viviendas estrato 3 y 4, y 3% para todas las otras tipologías del estudio, con respecto a los costos directos de construcción. El objetivo de los terceros ahorros voluntarios fue determinar las inversiones que se requerirían si cambian las características de envolvente para mejorar las condiciones de confort de los proyectos VIP, VIS y estrato 3 y 4. Este tercer objetivo no era un objetivo inicial de la consultoría, sin embargo con los resultados del paso 2, se identificó la importancia de mejorar las condiciones de confort y habitabilidad de este tipo de vivienda.

El cuarto paso consistió en desarrollar una recomendación técnica con respecto a la formulación, metodología y formatos de cumplimiento y revisión que puede tener el protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015. Este se basó en generar para todos los proyectos, tanto un método de desempeño, por medio del cual el proyecto pueda determinar las medidas de ahorro que mejor se adapten y respondan a sus necesidades, con las cuales se logre el porcentaje de ahorro dado por la resolución; así como un método prescriptivo, con el cual los proyectos que no deseen optar por el método de desempeño, puedan implementar un paquete de medidas estandarizado, el cual se considera un paquete costo-efectivo y garantiza el cumplimento con los ahorros requeridos. El protocolo será redactado por la Secretaría de Planeación Distrital posterior a la entrega de este reporte.

Los principales resultados de este estudio se resumen en la siguiente tabla:

	Ahorro requerido Res 549 [%]	Brecha [%]	Ahorro Equivalencia con Res 549 [%]	Inversión* [%]	Ahorro Obligatorio 1 Propuesto	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Factor de ajuste	Ahorro Obligatorio 2 Propuesto	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Factor de ajuste	Ahorro Voluntario 1 [%]	Inversión Objetivo* [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Voluntario 2 [%]	Inversión Objetivo* [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Voluntario 3 [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]
Vivienda VIP																							
Energía	15	128	11	0.9	11	0.74	1.7	1,3636	11	0.2	0.5	NA	11	0.3	0.2	0.5	25	0.7	0.67	1.1	33	3.09	4.3
Agua	10	102.3	18		18			0.5555	11			NA	11				29,5				NA		
Vivienda VIS																							
Energía	20	114	28	1.01	28	0.78	1.3	0.7142	28	0.36	0.6	NA	28	0.5	0.36	0.6	37	1	0.9	1	40	3.91	4.4
Agua	10	100.1	17		17			0.5882	10			NA	17				34				NA		
Vivienda Estrato 3 y 4																							
Energía	25	100.5	33	1.5	34	1.04	1.9	0.7352	NA	NA	NA	NA	34	1	1.04	1.9	43	2	1.63	2.5	45	2.35	3.5
Agua	25	98.9	31.5		33			0.7575	NA	NA	NA	NA	33				41				NA		
Vivienda Estrato 5 y 6																							
Energía	25	88.3	30	0.88	31	0.32	0.5	0.806	NA	NA	NA	NA	35	1	0.47	0.8	38	3	1.38	2	NA	NA	NA
Agua	25	98.9	31.5		33			0.7575	NA	NA	NA	NA	33				41				NA		
Oficina																							
Energía	30	103.7	20	1.42	20	0.6	1	1.5	NA	NA	NA	NA	25	1	0.6	1	31	3	0.79	1	NA	NA	NA
Agua	30	92.3	42.4		44			0.6818	NA	NA	NA	NA	44				53				NA		
Centro Comercial																							
Energía	25	86.1	19	0.43	20	0.42	1.6	1.25	NA	NA	NA	NA	20	1	0.44	1.6	28	3	0.77	2.2	NA	NA	NA
Agua	25	85.8	35.6		37			0.6756	NA	NA	NA	NA	39				48				NA		
Hotel																							
Energía	20	83.1	18	0.72	19	0.31	1.1	10.526	NA	NA	NA	NA	24	1	0.37	1.4	32	3	0.88	2.7	NA	NA	NA
Agua	25	90.5	20.6		22			11.363	NA	NA	NA	NA	24				32				NA		
Colegio																							

	Ahorro requerido Res 549 [%]	Brecha [%]	Ahorro Equivalencia con Res 549 [%]	Inversión* [%]	Ahorro Obligatorio 1 Propuesto	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Factor de ajuste	Ahorro Obligatorio 2 Propuesto	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Factor de ajuste	Ahorro Voluntario 1 [%]	Inversión Objetivo* [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Voluntario 2 [%]	Inversión Objetivo* [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Voluntario 3 [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]
Energía	45	89.4	8	1.2	8	0.11	0.1	5.625	NA	NA	NA	NA	14	0.5	0.33	0.4	23	1	0.59	0.6	NA	NA	NA
Agua	45	85.8	38		40			1.125	NA	NA	NA	NA	40				48				NA		
Hospital																							
Energía	35	110.9	17	1.12	18	0.23	0.4	1.944	NA	NA	NA	NA	21	1	0.3	0.5	38	3	0.67	0.7	NA	NA	NA
Agua	10	89.7	33.4		35			0.2857	NA	NA	NA	NA	35				49				NA		
Educación Superior																							
Energía	30	103.7	20	1.42	20	0.6	1	1.5	NA	NA	NA	NA	25	1	0.6	1	31	3	0.79	1	NA	NA	NA
Agua	30	92.3	42.4		44			0.6818	NA	NA	NA	NA	44				53				NA		

*Con respecto a los costos directos de construcción

Las principales conclusiones con respecto a la composición de los paquetes primarios de la práctica tradicional tomadas del Capítulo 2 del estudio son:

- Se ha generado un avance importante a nivel de la industria de la construcción en Bogotá en los últimos años, ya que se encuentra que, para todas las tipologías, con excepción de las viviendas de interés prioritario, existen buenas prácticas a nivel de sostenibilidad que han sido absorbidas por los constructores como parte de su práctica tradicional.
- Se resalta que la mayor parte de los proyectos comerciales o institucionales, entrevistados como parte de este estudio, utilizan como parte de su práctica tradicional iluminación LED y aparatos sanitarios ahorradores. Esto puede deberse principalmente a la disminución de costos de inversión en estas tecnologías y a los grandes ahorros que generan, mostrando usuarios cada vez más comprometidos con los ahorros.
- A nivel residencial se encuentra que los constructores de vivienda de interés social han comenzado a incluir buenas prácticas como el uso de sanitarios de doble descarga, mientras que los constructores de estratos 3, 4, 5 y 6 han involucrado el uso de sanitarios de doble descarga y lavamanos ahorradores, de igual forma que la práctica de entregar las unidades residenciales con toda la iluminación instalada, inclinándose por que esta sea LED. Adicionalmente, en el caso exclusivo de los proyectos de estratos 5 y 6, prima actualmente el uso de calderas centrales de calentamiento de agua a gas, las cuales son por lo general más eficientes que otro tipo de calentadores.
- A nivel de envolvente la principal práctica que se a involucrado en los proyectos de oficinas, educación superior y centros comerciales ha sido el uso de vidrios de protección solar, esto puede deberse a que la inversión en estos materiales no es tan alta y los ahorros energéticos son buenos debido a las condiciones de radiación de la ciudad.
- Probablemente debido a los requerimientos del mercado, el sector hotelero es el que más se ha preocupado por los temas de confort. Por esto manejan una envolvente bastante aislada en comparación con lo que se encuentra en otros sectores.
- A nivel de envolvente los proyectos residenciales, especialmente en los casos de VIP, VIS y estratos 3 y 4, tienen muy poco aislamiento y usan vidrio crudo, por lo que se prevén posibles problemas a nivel de confort. Esto difiere un poco para los proyectos de estratos 5 y 6 principalmente por la incorporación de doble muro en muros exteriores y el uso de vidrio laminado. Este cambio en especificaciones se da principalmente por requerimientos acústicos, sin embargo, tiene una repercusión en el comportamiento térmico de la vivienda.

Las principales conclusiones con respecto a la comparación de las prácticas tradicionales actuales con respecto a una línea base estandarizada y estable generada a partir del Apéndice

G del ASHRAE 90.1 2016 para el caso de energía, y de la NTC 1500 (tercera actualización) para el caso de agua tomadas del Capítulo 3 de este estudio son:

- A nivel de energía se encontraron brechas positivas o neutras, es decir una mejora o igualdad en los consumos de los paquetes primarios de la práctica tradicional con respecto al Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, para la mayoría de las tipologías. Sin embargo, se encuentra una diferencia muy importante a nivel de los proyectos VIP y VIS, donde se evidencia un problema grande a nivel de confort, ya que el principal consumo que genera dicha brecha es la calefacción virtual que hace parte del estudio. Esto se debe principalmente a las bajas especificaciones que tienen los proyectos de este tipo a nivel de envolvente.
- De igual forma los proyectos estrato 3 y 4, también evidencian un problema de confort un poco menor, sin embargo, su brecha es neutra, debido a las mejoras que tiene la tipología en iluminación que compensa el ahorro. Hoy en día gran parte de los constructores entregan iluminación LED en este tipo de viviendas.
- Con excepción de los proyectos VIS Y VIP, se encuentra que los paquetes primarios de todas las tipologías involucran iluminación LED, en general esta es la principal medida de eficiencia energética que se está utilizando en la actualidad, esto es muy positivo teniendo en cuenta que para todas las tipologías el sistema de iluminación es uno de los que mayores consumos genera. Esto muestra que, por el clima de la ciudad de Bogotá, independiente de la tipología, uno de los principales potenciales de ahorro sigue estando en el sistema de iluminación.
- A nivel de ventilación y climatización, cuatro de las tipologías en estudio utilizan sistemas mecánicos para una porción importante de la edificación; estas son oficinas, centros comerciales, hoteles y hospitales. Sin embargo, se encuentran diferencias importantes en los porcentajes de ahorro para los consumos de este sistema para cada tipología, ya que el tipo de sistema usado es muy diferente. En el caso de las oficinas y los centros comerciales, aun priman los sistemas exclusivos de torres de enfriamiento, los cuales tienen un desempeño inferior al de la línea base, mientras que, en los casos de hotel y hospitales, se utilizan primordialmente sistemas de volumen de refrigerante variable (VRF por sus siglas en ingles) y enfriadores condensados por aire respectivamente, que son sistemas que en las condiciones de operación de Bogotá son más eficientes.
- Para desarrollar las modelaciones energéticas, para todas las edificaciones en las que en los paquetes primarios de las prácticas tradicionales se tenía ventilación natural, se incluyó un sistema virtual de ventilación, refrigeración y calefacción, igual al de la línea base. Esto se hizo dado que no se podría verificar como parte del alcance de este estudio, hasta que punto los sistemas naturales eran idóneos para generar las renovaciones necesarias, ni para abatir las cargas térmicas de los proyectos. Se recomienda que siempre que se vaya a incluir un sistema de ventilación natural en un proyecto se haga un diseño bioclimático completo que logre garantizar la buena calidad del ambiente interior.
- En el caso específico de los proyectos residenciales y hoteleros, el consumo de agua caliente es uno de los consumos más altos que existen tanto a nivel de agua como de

energía, por lo que todas las medidas de eficiencia encaminadas a reducir la cantidad de agua caliente requerida o a mejorar la eficiencia de este sistema, tiene una repercusión importante en los consumos globales de la edificación. En todos los casos se encuentra que las duchas tienen caudales similares a los de la NTC 1500 (tercera actualización), por lo tanto, no se generan ahorros en cuanto a la cantidad de agua caliente requerida, sin embargo, para las tipologías de vivienda de estratos 5 y 6 y de Hotel los sistemas de calentamiento de agua son centrales, por lo que tienen una mejor eficiencia, llevando a lograr ahorros en este sistema.

- Con respecto al consumo de agua por sanitarios, se encuentra con satisfacción, que con excepción de la tipología VIP, todas las otras tipologías incluyen algún tipo de tecnología ahorradora. Las viviendas VIS, estrato 3 y 4, estrato 5 y 6, y hoteles utilizan sanitarios de doble descarga, los cuales tienen unos consumos ligeramente menores que los de la línea base. Por su parte los edificios de oficinas, centros comerciales, hospitales (zonas comunes), y todos los proyectos educativos utilizan sanitarios con fluxómetro ahorrador generando un mayor ahorro con respecto a la línea base.
- Con excepción de los proyectos residenciales y hoteleros, donde los principales consumos se dan por duchas y por sanitarios, para todas las otras tipologías los mayores potenciales de ahorros se dan tanto en lavamanos como en sanitarios.
- A excepción de VIP y VIS, todas las tipologías tienen una brecha positiva con respecto a la NTC 1500, lo que muestra la evolución que ha tenido la industria en los últimos años. Se puede concluir que en las tipologías VIS y VIP no se han tenido mejoras tecnológicas significativas que puedan contribuir a un ahorro en el consumo del recurso. Tanto en VIP como en VIS se está instalando un lavamanos con un consumo más alto que la tercera actualización de la Norma Técnica Colombiana, vigente a partir del año 2017.
- Teniendo como base los resultados tanto para agua, como para energía, se infiere que la incorporación de las medidas de eficiencia se ha dado por un lado por el jalonamiento del mercado, es por esto por lo que la tipología con mejor desempeño es la hotelera, y por otro lado por la implementación de buenas prácticas en el sector, como es el caso de los colegios. Por otra parte, las tipologías con más bajos desempeños globales son VIP, VIS y en términos energéticos los hospitales. En el caso de VIP y VIS puede ser por la baja posibilidad que tiene el usuario final de exigir una mejora y por los fuertes topes económicos que tiene que asumir el constructor. En el caso hospitalario, aunque hay una gran oportunidad de mejora en temas de confort, las cargas de procesos son grandes, lo que baja el potencial de ahorro de los otros sistemas.
- Se recomienda hacer un estudio térmico profundo, el cual no está dentro del alcance del presente estudio, pero que podría a dar lineamientos de política pública hacia las mejoras en las condiciones térmicas de las viviendas VIS, VIP y estratos 3 y 4 generando espacios más habitables. Lo cual seguramente tendrá repercusiones en temas de salud y bienestar.
- De igual forma se recomienda hacer un estudio de iluminación que evalúe los diseños que actualmente se realizan para VIS y VIP, ya que en los modelos se evidencia un

ahorro en iluminación para estas tipologías, sin embargo la tecnología asociada a los paquetes primarios es fluorescente compacto, lo que con un diseño estándar no debería dar consumos menores a la línea base, por lo tanto el ahorro puede darse por sub-iluminación de los espacios, lo cual afecta la calidad visual y la salud de los ocupantes.

Las principales conclusiones con respecto a la determinación de porcentaje obligatorio tomadas del Capítulo 4 de este estudio son:

- Tal vez la principal conclusión de este estudio es que si es posible lograr proyectos de alto desempeño en la ciudad, donde se puedan logar ahorros importantes, de una manera costo-efectiva. Es decir, por medio de la implementación de medidas que no impliquen grandes inversiones por parte de los constructores, pero que generen ahorros energéticos y de agua importantes que contribuyan a cumplir las metas de ahorro de la ciudad. Una de las principales razones para lograr esta costo-efectividad es la transformación que ha tenido la industria de la construcción, lo que ha llevado a que varias de las medidas de ahorro requieran cada vez una menor inversión para su implementación.
- Se lograron establecer unos porcentajes de ahorro para todas las tipologías, con los cuales se logra equiparar o sobrepasar los ahorros que se logran al implementar la resolución 549 de 2015 dentro de este mismo método, logrando demostrar la equivalencia entre el método propuesto y la resolución. Lo que lleva a que los proyectos que implementen el método propuesto por este estudio estén en cumplimiento con la resolución.
- Los valores absolutos de los ahorros obtenidos como parte de este estudio no son comparables, con los valores de los ahorros pedidos por la resolución, ya que las líneas base y los métodos de cálculo son diferentes, por lo tanto, para efectos de protocolo de implementación se propone un factor de conversión entre los métodos, de forma que los ahorros sean comparables.
- Los ahorros entre las tipologías no son comparables, ya que cada uno se estableció con respecto a la línea base ajustada a la práctica común de la tipología específica. Sin embargo, si son muy útiles para evaluar proyectos dentro de la misma tipología. Para poder comparar el ahorro entre dos tipologías se puede utilizar el factor de conversión del método propuesto y la resolución.
- La ciudad de Bogotá tiene un clima con una baja variabilidad en el rango de temperatura, por lo tanto, la implementación de un buen diseño de ventilación natural tiene asociado un excelente potencial de ahorro energético y puede contribuir a mejorar las condiciones de confort notablemente. Por esta razón esta medida de eficiencia se incluyó como parte del paquete obligatorio para todas las tipologías. En algunas tipologías en las cuales por los requerimientos funcionales puede llegarse a necesitar un sistema mecánico, se recomendó la ventilación natural para por lo menos algunas zonas de la edificación donde su implementación sea funcional y factible. Para que esta estrategia pueda contribuir con los ahorros, se debe realizar un diseño de ventilación natural por medio del cual se pueda comprobar la efectividad en la

generación de las renovaciones y en el abatimiento o conservación de cargas térmicas. Para efectos de este estudio no se recomienda aceptar estrategias de ventilación natural que no hayan sido estudiadas por un especialista, ya que llevan a los problemas que se han observado de enfriamiento, calentamiento o falta de la calidad del aire que se han observado en la ciudad.

- Para todos los casos de proyectos residenciales y hoteleros, dado su alto consumo de agua caliente, se plantea como una medida de alta costo-efectividad, el uso de duchas ahorradoras. La inversión adicional de esta medida varía de una tipología a otra, pero en todos los casos es muy baja.
- En todas las tipologías los ahorros establecidos por el método propuesto son iguales o tienen una variación máxima de +2% con respecto al paquete de equivalencia que da cumplimiento a la resolución. Por lo tanto, se entiende como un método válido de cumplimiento.
- Una de las tipologías que desde la determinación del paquete primario de las prácticas tradicionales es bastante eficiente por la incorporación de un número importante de medidas de eficiencia es la hotelera. Por esta razón el ahorro sugerido por este estudio es relativamente bajo con respecto a otras tipologías ya que la línea base es muy buena.
- Algo similar ocurre con la tipología de colegios, ya que son edificaciones cuya línea base es muy buena, es decir ya involucran varias buenas prácticas como parte de la práctica tradicional, por eso el porcentaje de ahorro requerido es relativamente bajo. Sin embargo, con los ahorros alcanzados se logra demostrar la equivalencia con la resolución, a pesar de los altos ahorros que exige la resolución 549 de 2015 para esta tipología, ya que varias de las medidas que hacen parte del paquete de cumplimiento de la resolución hacen parte de las prácticas tradicionales en la actualidad.
- Las inversiones adicionales asociadas a cada una de las medidas de eficiencia varían de una tipología a la otra, dado que los presupuestos de cada tipología varían notablemente, al igual que el tipo de medidas que ya han sido absorbidas por la industria como práctica tradicional. Por lo tanto, es muy importante evaluar el potencial de ahorro de cada tipología siempre de manera independiente. Ya que las mismas medidas implican niveles de inversión muy diferentes, como es el caso de vivienda estrato 3-4 y vivienda estrato 5-6.
- El desarrollo de los paquetes obligatorios propuestos tomó como base inicial las buenas prácticas que se implementan en la actualidad como parte de la práctica tradicional, las cuales ya no deben significar un sobrecosto para los constructores. En este orden de ideas se espera que las empresas que aún no han implementado prácticas de sostenibilidad se igualen rápidamente con lo que ya están haciendo la mayor parte de sus pares. Es importante resaltar que, si estas buenas prácticas no hicieran parte de la práctica tradicional de la industria actual, las inversiones en costos directos serían mayores a las proyectadas en este estudio, ya que los ahorros requeridos por la resolución 549 de 2015 para el segundo año de vigencia son exigentes.

- Teniendo en cuenta el criterio de costo-efectividad utilizado a lo largo de este estudio, es importante destacar que los paquetes obligatorios propuestos que serán usados como parte del método prescriptivo del protocolo de implementación, son paquetes compuestos por las estrategias o medidas de eficiencia de más baja inversión con respecto al ahorro que generan.
- Los únicos casos en los que se dejó para los paquetes obligatorios una medida con un desempeño inferior al encontrado en la línea base, son en primer lugar para los sanitarios ahorradores, los cuales, para el caso de oficinas, centros comerciales, colegios y hospitales tienen un consumo de 4.8 lpd como parte del paquete primario de la práctica tradicional, sin embargo, para los paquetes obligatorios se incluyó un requerimiento de 5.2 lpd. Esta decisión radica principalmente en que los sanitarios ahorradores de 4.8 lpd son de fluxómetro y dichas tipologías no necesariamente requerirán el uso de fluxómetro. En el mercado se encuentra ya la disponibilidad de sanitarios de tanque de 3.8 lpd, pero estos no son ofrecidos aun por varias marcas, por lo tanto, se pide un sanitario de 5.2 lpd, del cual hay gran disponibilidad en el mercado. Sin embargo, si el equipo del proyecto puede usar uno con mayor desempeño, aumentarán sustancialmente sus ahorros. En segundo lugar, para orinales ahorradores los cuales son usados en colegios, hoteles, y hospitales como parte del paquete primario de la práctica tradicional con un orinal de 1 lpd, sin embargo, no hay disponibilidad por parte de varios proveedores para esta tecnología, por lo que se define utilizar el orinal de 1.9 lpd para el paquete obligatorio propuesto. Estas decisiones se basan principalmente en el hecho de que estos paquetes se convertirán en los paquetes del método prescriptivo del protocolo de implementación
- Finalmente se recomienda revisar este estudio en un transcurso de 5 años, para revisar como se deberían modificar los ahorros obligatorios de acuerdo con la absorción y el desarrollo de nuevas tecnologías que tenga la industria.

Las principales conclusiones con respecto a la determinación de los porcentajes voluntarios tomadas del Capítulo 5 de este estudio son:

- Teniendo en cuenta el tope establecido por la Secretaría de Planeación Distrital para el paquete voluntario 1 se encuentra que para las tipologías estrato 3 y 4, hospitales, centros comerciales a nivel energético, y estrato 3 y 4, estrato 5 y 6, oficina, colegio y hospital a nivel de consumo de agua, los paquetes de medidas de ahorro no pueden incluir medidas adicionales a las ya definidas para el paquete obligatorio. Lo anterior indica que este tipo de edificaciones ya están realizando un esfuerzo importante para cumplir con los ahorros obligatorios, por lo tanto, se sugiere que el incentivo se de sin incluir medidas adicionales para este tipo de proyectos.
- Los constructores de vivienda VIP podrían lograr los ahorros voluntarios requeridos solamente entregando instaladas las duchas de la unidad residencial y que estas sean ahorradoras, ya que el consumo de agua caliente es el mayor consumo de energía y de agua para esta tipología.

- Por su parte los constructores de vivienda VIS podrían lograr los ahorros voluntarios si entregan la iluminación instalada y que esta sea tipo LED, al igual que las duchas ahorradoras.
- Es posible lograr aumentos en los porcentajes de ahorro de agua y energía, cuando se aumenta el porcentaje de inversión en costos directos del proyecto aceptables como se puede ver en el caso del paquete voluntario 2 para todas las tipologías. Estos ahorros pueden ser utilizados para desarrollar una serie de incentivos o beneficios para los proyectos que los logren. Los porcentajes de inversión adicional planteados pueden servir como insumo para lograr cuantificar como deberían ser dichos incentivos o beneficios para no afectar a los constructores y por el contrario premiar su liderazgo.
- Otra opción que se sugiere adicional o en vez de un programa de incentivos para cubrir esas inversiones adicionales que se deben hacer para lograr los mayores ahorros que sugieren los resultados de los paquetes voluntarios, es pensar en un programa de microcréditos negociados por el constructor, por medio de los cuales los mismos usuarios, quienes serán los directos beneficiados de los ahorros mayores, puedan invertir en las mejoras.
- En todos los casos se logró enmarcar las inversiones adicionales con respecto a los costos directos del paquete voluntario 1 y del paquete voluntario 2 dentro de las pactadas para este estudio, sin embargo, el paquete voluntario 3, que solo se presenta para VIP, VIS y estratos 3 y 4, que son las tipologías que evidenciaron mayores problemas de confort en el ejercicio de simulación de los paquetes primarios de las prácticas tradicionales, no se logró enmarcar dentro de dichas inversiones. Es importante resaltar que este tercer paquete involucraba solamente mejoras en el envolvente con miras a mejorar las condiciones de confort.
- Se lograron mejoras importantes en términos de confort cuando se compara el delta o diferencia de temperaturas operativas del paquete voluntario 2 con respecto al paquete voluntario 3 o de confort, logrando aumentar 2 grados centígrados para VIP, 1.8 grados centígrados para VIS y 1 grado centígrado para estratos 3 y 4. Por lo tanto es importante pensar en desarrollar una serie de incentivos que permitan mejorar las condiciones de envolvente de estas tipologías, teniendo en cuenta la importante repercusión que esta mejora en las condiciones de confort podría tener a nivel de bienestar y salud pública. Otra opción que puede entrar a estudiarse es la modificación de los topes máximos que existen para VIS y VIP, de forma que el constructor pueda absorber estas inversiones adicionales. El estudio térmico no hace parte del alcance de este proyecto, por lo tanto, las diferencias en temperaturas son estimados tomados de la modelación energética y son solamente indicativas, por lo que se recomienda hacer un estudio térmico y de condiciones de confort profundo de este tipo de viviendas, antes de tomar cualquier acción al respecto.
- Las diferencias de temperaturas operativas y de ahorro energético entre los paquetes voluntario 1 y 2 para VIS, VIP y estratos 3 y 4 son más notorias para la tipología VIP debido a las características de envolvente, ya que esta tipología tiene condiciones de envolvente con menos aislamiento.

- Al igual que los resultados de porcentaje obligatorio, estos resultados deben revisarse en un lapso de 5 años aproximadamente, con el fin de actualizarlos de acuerdo con los cambios que logre la industria y al impacto que tenga el protocolo de implementación propuesto.

Finalmente, las principales conclusiones con respecto a las recomendaciones técnicas para la formulación del protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015 tomadas del Capítulo 6 de este estudio son:

- Se logró desarrollar unas recomendaciones técnicas con base en las cuales la Secretaría de Planeación Distrital podrá desarrollar un protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015. Estas recomendaciones se basan en proponer un método estandarizado, sistemático y claro para poder verificar los ahorros que pide la resolución para el segundo año de implementación para la ciudad de Bogotá. El método propuesto se compone de una opción de cumplimiento prescriptiva para todas las todos los proyectos comerciales, institucionales y de vivienda no VIP o VIS y una opción más flexible basada en un método de desempeño para todos los proyectos.
- Se incluyó dentro de las recomendaciones del protocolo formas de cumplimiento para proyectos de una sola tipología, para proyectos de uso mixto y para proyectos en los cuales el constructor deja espacios en obra gris para que sean adecuados por un tercero. Para este último caso se recomienda que el constructor incluya dentro del manual de vitrinismo para centros comerciales, o dentro del reglamento de propiedad horizontal para otros usos, los parámetros que deberá considerar el adecuador en su obra interior. De esta forma se busca que los ahorros propuestos se logren y la ciudad de Bogotá pueda cumplir con sus metas de eficiencia.
- Se recomienda para el seguimiento de la implementación del protocolo desarrollar un programa de verificación con mínimo dos componentes. En primera instancia un componente de auditoría voluntaria por parte de un tercero que pueda expedir una certificación sobre el cumplimiento del protocolo. Este tercero debería tener la capacidad técnica para revisar toda la documentación entregada por el proyecto. Aunque este debería ser un programa voluntario, con el fin de no imponer nuevos trámites o requerimientos a los constructores, se debería promover desde el usuario y desde el mercado en general, que este tipo de certificados sean deseables. Adicionalmente, se recomienda que la Secretaría Distrital de Planeación pueda tener un programa de auditoría aleatorio que se realice a los proyectos que opten por hacer una autodeclaración de la implementación y cumplimiento con el protocolo. La cual esté sujeta a algún tipo de sanción cuando se encuentren no conformidades. De esta manera utilizando estos dos mecanismos se podrá asegurar el cumplimiento.
- Se recomienda que los proyectos presenten el proyecto para revisión o hagan su autodeclaración después de finalizado el proceso de diseño. Adicionalmente, que toda la documentación sea actualizada al finalizar la fase de construcción incluyendo los cambios de obra, de forma tal que, en el caso de verificación de un tercero, este pueda finalizar el proceso de auditoria, y en el caso de autodeclaración, la Secretaría Distrital

de Planeación incluya esta documentación dentro de su proceso de auditorías aleatorias.

- La metodología propuesta por PNNL sugiere calcular los ahorros solamente teniendo en cuenta las cargas sobre los cuales se tiene conocimiento o control (los cuales ellos denominan reguladas), por lo tanto, sugiere excluir de los cálculos la energía de procesos. En la metodología propuesta por este estudio para implementación del protocolo, no se excluyen estas cargas de procesos, ya que en algunas tipologías se pueden utilizar medidas que afectan directamente dichas cargas tales como el control de cargas stand by o el uso de electrodomésticos eficientes. Sin embargo, el equipo consultor reconoce la variabilidad que pueden tener los ahorros cuando se incluyen este tipo de cargas en los modelos energéticos, razón por la cual desarrolló las listas de parámetros sugeridos de simulación para cada una de las tipologías, en las que se incluyen las cargas de procesos. Esta tabla debe ser usada cuando el equipo del proyecto desconoce algún parámetro, con el fin de reducir la variabilidad y que no se vean afectados los valores de ahorros del proyecto.
- De igual forma el PNNL sugiere el uso de índices en vez de porcentajes para plantear las metas de cumplimiento, sin embargo, para el caso específico de la ciudad de Bogotá se determinó usar porcentajes dado que son más fáciles de entender por la industria en general, sin embargo, estos son equivalentes al uso de índices y se podrían transformar en índices si se definiera usar el otro método.
- El método propuesto se basa en la comparación relativa de ahorros, el cual permite la generación de una línea base específica y única para el proyecto, adicionalmente al ser un método estandarizado permite comparar los porcentajes de ahorros obtenidos por diferentes proyectos que hagan parte de la misma tipología. Sin embargo, se crearon unos índices de equivalencia o de conversión de este método con el propuesto por la resolución, de forma tal que los ahorros sean completamente comparables con los pedidos en la resolución.
- La utilización de este método más allá de servir para demostrar el cumplimiento con la resolución 549 de 2015, sirve como herramienta de diseño para evaluar diferentes alternativas de diseño y promover la innovación y creatividad de los equipos de diseño. Los proyectos podrán sacar el máximo provecho de este si lo involucran como parte del proceso de diseño desde las primeras fases de este.

1. Aproximación Metodológica del Estudio

Uno de los principales objetivos de este estudio es desarrollar las bases técnicas para que la Secretaría de Planeación Distrital formule un protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015 para la ciudad de Bogotá. Para esto se ha utilizado como base conceptual la metodología propuesta por el Pacific Northwest National Laboratory PNNL (Rosenberg y Hart, 2016), la cual ha sido utilizada a nivel mundial para desarrollar códigos de eficiencia energética ampliamente. En términos generales está metodología propone utilizar tanto la línea base, como la metodología propuesta por el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, como base para desarrollar e implementar un código de eficiencia energética. A grandes rasgos propone utilizar un paquete primario, o conjunto de características y parámetros de una edificación, el cual involucre una serie de medidas de eficiencia, las cuales al ser implementadas genere un ahorro específico. Este paquete primario es simulado de acuerdo con la metodología del estándar y la comparación del resultado de dicho paquete, con el resultado de la simulación de la línea base del estándar, permite calcular un índice el cumplimiento del cual será solicitado en el código. Este método trae unos beneficios muy importantes en términos del uso de una línea base estable y estandarizada, de igual forma permite que a nivel de diseño los proyectos puedan utilizar las medidas de eficiencia más adecuadas para el proyecto, y hacer una modelación energética, con el fin de llegar al índice establecido, sin la necesidad de establecer parámetros prescriptivos. Esta metodología se tomó como base conceptual del estudio adaptándola a las necesidades y realidades de la ciudad. De igual forma se utilizó el mismo planteamiento de tomar como base para el establecimiento de ahorros de consumo de agua, el uso de una línea base estandarizada en este campo.

Para la ciudad de Bogotá es importante entender cual es la práctica actual de la ciudad, para poder establecer metas de ahorro con respecto a esta práctica y poder cuantificar cuales son las mejoras que se van a lograr con la implementación del protocolo. De igual forma es necesario establecer unos porcentajes de ahorro por medio de los cuales los proyectos puedan demostrar el cumplimiento de la resolución de una manera costo efectiva, y unos porcentajes de ahorro mayores frente a los cuales eventualmente se puedan establecer algunos incentivos o reconocimientos. Para lograr estos objetivos se desarrollaros los siguientes pasos:

Paso 1- Determinación de los paquetes primarios de las prácticas tradicionales de Bogotá:

Con el fin de entender las prácticas tradicionales o comunes, se realizaron entrevistas a por lo menos 5 proyectos de por lo menos 3 constructores diferentes que estuvieran en construcción o que hubieran sido terminados en los últimos 3 años y que no estuvieran buscando ninguna certificación en sostenibilidad en la actualidad, esto se repitió para cada una de las 10 tipologías del estudio. A los datos obtenidos como parte de estas entrevistas se les hizo un

tratamiento estadístico, con el fin de generar un conjunto único de parámetros y características constructivas para cada tipología. La metodología detallada para la determinación de los paquetes primarios de las prácticas tradicionales de construcción de la ciudad de Bogotá, al igual que los resultados de las entrevistas y los cálculos desarrollados para generar estos paquetes primarios se encuentran en el Anexo 1 de este documento. Los resultados y el análisis de dichos resultados se encuentran en el capitulo 2 de este reporte.

Paso 2- Determinación de la brecha entre el desempeño de los paquetes primarios de las prácticas tradicionales y el apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, para el caso de energía y la NTC 1500 (tercera actualización) para el caso de agua:

Para el caso de energía se utilizó la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, para simular tanto la línea base de dicho estándar, como el desempeño energético de los paquetes primarios de la práctica tradicional para cada tipología. Se estimó la comparación entre estos dos resultados por medio de un porcentaje, lo que dio como resultado la brecha entre la práctica tradicional y el estándar. Este porcentaje se convirtió en un factor de ajuste, el cual podrá ser usado para ajustar la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, que es una línea base estable y estandarizada a nivel internacional, de cada proyecto específico con respecto a las prácticas tradicionales, generando una línea base local específica para cada proyecto.

Utilizando el mismo razonamiento, se tomó como base los parámetros del código internacional de fontanería, que tiene los mismos valores de consumo que la NTC 1500 (tercera actualización), para calcular el consumo de agua de la misma edificación, con el fin de generar una línea base estandarizada, y se repitieron los cálculos utilizando los parámetros y consumos del paquete primario de la práctica tradicional. Comparando los resultados de estos dos cálculos, se estableció la brecha de agua y se generó un factor de ajuste. De esta forma se puede también desarrollar una línea base estandarizada a nivel de agua para cada proyecto, la cual puede ser ajustada por un factor arrojando una línea base local para cada proyecto.

La metodología detallada de simulación energética, la metodología detallada de cálculos de consumo de agua, los resultados detallados de las simulaciones energéticas tanto de la línea base del Apéndice G del ASHARAE 90.1 de 2016, como de los paquetes primarios de la práctica tradicional para cada una de las tipologías, los cálculos de agua detallados tanto para la línea base establecida a partir de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los paquetes primarios de la práctica tradicional para cada una de las tipologías se encuentran el Anexo 2. Los resultados principales de las modelaciones y los cálculos, así como el cálculo de la brecha y del factor de ajuste para cada tipología se encuentran en el capítulo 3 de este documento.

Paso 3- Determinación de porcentajes de ahorro obligatorios:

Teniendo como base que la metodología propuesta para la implementación del protocolo, difiere de la metodología planteada en el Anexo 1 de la resolución 549, Guía de Construcción Sostenible para el Ahorro de Agua y Energía (2016) en cuanto al establecimiento de la línea base, es necesario determinar cuales son los ahorros equivalentes a los ahorros solicitados por la resolución para cada uno de las tipologías, de forma tal que el protocolo que se implementará en Bogotá exija ahorros iguales (con una variabilidad aceptable de +2%) a los solicitados por la resolución.

Para establecer estos ahorros se generaron dos paquetes de eficiencia de agua y energía obligatorios. Un primer paquete llamado paquete del cumplimiento de la resolución 549 de 2015 el cual se generó con base en los ahorros potenciales de las distintas medidas de acuerdo a la matriz de implementación Tabla 4 del Anexo 1 de la resolución 549, guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía (2016) y prefiriendo en la mayoría de los casos las medidas que idealmente tengan una inversión inferior al 1% y un periodo de retorno inferior a 3 años de acuerdo a esa misma matriz, teniendo como base que este fue el criterio que mayormente se usó para determinar las medidas recomendadas en la guía.

El segundo paquete obligatorio, es el paquete de medidas de eficiencia propuesto por el equipo de consultoría, este paquete se construyó buscando maximizar los ahorros que se pueden lograr en la ciudad de una manera costo-efectiva. Para esto se desarrolló un listado extenso de posibles medidas de eficiencia y se hizo un ejercicio de costeo de todas estas medidas. Posteriormente se llevó a cabo un grupo focal en el que se consultó con el grupo técnico del programa BEA (Building Efficiciency Accelerator) donde este equipo completó el listado de las medidas de eficiencia e hizo una priorización de las medidas que mayores ahorros generarían para la ciudad con base en cada tipología. Finalmente, el equipo asesor determinó las medidas de este paquete seleccionando las medidas que mayores eficiencias se podrían lograr a un menor costo y que arrojara un ahorro igual al del paquete de cumplimiento de la resolución. Para este segundo paquete los ahorros admisibles se consideran los que sean iguales a los ahorros del paquete de cumplimiento de la resolución o que tengan una variabilidad de máximo 2%. Para el caso particular de VIP y VIS se generaron dos paquetes obligatorios, uno que cumple con los ahorros requeridos por la resolución 549 pero que supera los topes establecidos por la Secretaria de Planeación y otro que logra cumplir con los máximos porcentajes de inversión pero que no logra alcanzar el ahorro de equivalencia para cumplir con la Resolución 549, fue necesario crear estos dos paquetes pues a diferencia de todas las otras tipologías no fue posible encontrar un paquete unificado que lograra alcanzar el mismo ahorro que el paquete de la equivalencia y que su vez no se saliera de los topes de inversión acordados con la Secretaria Distrital de Planeación.

Los resultados del ejercicio de costeo, los resultados del grupo focal y los resultados detallados de todos los modelos energéticos y cálculos de agua para todas las tipologías se encuentran en el Anexo 3 de este documento. Los resultados principales y el análisis de dichos resultados se encentran en el capítulo 4 de este reporte.

Paso 4 – Determinación de porcentajes de ahorro voluntario:

Siguiendo una metodología similar a la utilizada para determinar los ahorros obligatorios, se diseñaron dos paquetes de medidas de eficiencia mejorados. Los cuales incluían medidas de eficiencia costo-efectivas, pero que estuvieran enmarcadas dentro de unos topes de inversión. Dichos topes fueron establecidos por la Secretaría Distrital de Planeación y el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Los porcentajes de ahorro voluntarios para cada una de las tipologías pueden ser utilizados como base técnica para establecer incentivos u otro tipo de beneficios para los proyectos que los logren.

Los resultados detallados de todos los modelos energéticos y cálculos de agua para todas las tipologías se encuentran en el Anexo 4 de este documento. Los resultados principales y el análisis de dichos resultados se encentran en el capítulo 5 de este reporte.

Paso 5- Desarrollo de recomendaciones técnicas con base en las cuales la Secretaría de Planeación Distrital pueda formular el protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015:

Se realizaron las recomendaciones técnicas con base en las cuales la Secretaría de Planeación Distrital podrá formular el protocolo de implementación generando dos caminos de cumplimento. Un primer camino prescriptivo, el cual presenta el listado de medidas de eficiencia que deben incluirse para cumplir con el protocolo por cada tipología, este listado se desarrolló con base en el segundo paquete obligatorio desarrollado en el paso 3. Y un segundo camino basado en desempeño por medio del cual se puede utilizar la metodología de simulación del Apéndice G ASHRAE 90.1 2016 para el caso de energía y una serie de pasos de cálculo para determinar los ahorros de agua. Tanto para el caso de energía, como el caso de agua se utiliza el factor de ajuste de la línea base calculado en el paso 2, para partir de la práctica tradicional de Bogotá, también se utilizan los porcentajes de ahorro asociados al segundo paquete obligatorio estimados en el paso 3 para establecer los mínimos porcentajes de ahorro que deben alcanzar los proyectos para cumplir con el protocolo. Adicionalmente, se determina un factor de ajuste, que hace una conversión de métodos, por medio del cual el proyecto puede multiplicar su resultado si desea compararse directamente con los ahorros dados por la Resolución 549 de 2015 para determinar el cumplimiento. En cualquiera de los casos el constructor puede utilizar una metodología alternativa a la sugerida por el protocolo, siempre y cuando demuestre ahorros equivalentes.

Todas las recomendaciones técnicas que la Secretaría de Planeación podrá utilizar para formular el protocolo de implementación se encuentran en el capitulo 6 de este documento.

2. Paquetes Primarios de las Prácticas Tradicionales de Bogotá

Un paquete primario es el conjunto de parámetros geométricos, energéticos y de consumo agua de un edificio o tipo de edificio los cuales en conjunto describen las características de la edificación. Con base en estos y unos parámetros de operación, se puede estimar el consumo energético, el comportamiento térmico y el consumo de agua que el edificio tendrá en la operación.

Dentro de los parámetros geométricos se incluye lo relacionado con la forma del edificio, número de pisos, numero de sótanos (si existen) área construida, cantidad de unidades residenciales (en el caso de viviendas), altura de piso a techo, relación de aspecto, entre otros.

En cuanto a los parámetros energéticos se incluye todo aquello que influye en el comportamiento térmico de los espacios de la edificación y en el consumo energético de los mismos, como lo son los parámetros de envolvente tales como características de aislamiento y control solar del vidrio, características de aislamiento de muros exteriores e interiores, y cubierta, entre otros; las cargas internas entre las que se incluyen las cargas generadas por las personas, la iluminación, las tomas para equipos, las cargas de procesos, el uso de equipos de aire acondicionado, calefacción, ventilación mecánica y agua caliente; y las cargas externas como es la iluminación exterior. Para todos los casos se incluye la fuente de energía de la edificación.

Por otra parte, en lo relacionado con parámetros relacionados con el consumo de agua se cubre el consumo de agua de servicio interior y el consumo de agua exterior. Dentro del primer grupo están los consumos de aparatos sanitarios y dentro del segundo grupo se encuentra el agua usada en el riego de paisajismo, para ambos casos se incluye las fuentes de agua de la edificación, y si se hace o no tratamiento de aguas residuales.

En el marco del presente estudio, se utiliza el término de paquetes primarios de las prácticas tradicionales de la ciudad de Bogotá, para describir el conjunto de parámetros que en general utilizan los proyectos tradicionales que se desarrollan en la ciudad para cada una de las tipologías del estudio. Estos fueron desarrollados con base en entrevistas a por lo menos 5 proyectos de por lo menos 3 constructores para cada tipología, con excepción del caso de hospital donde se entrevistaron 3 proyectos de 2 constructores diferentes. Con el fin de poder establecer la práctica actual tradicional, el conjunto de proyectos entrevistados se caracteriza por ser proyectos en ejecución o terminados en los últimos 3 años y que no buscan o buscaron ninguna certificación en construcción sostenible. En total se entrevistaron 22 constructoras o promotoras, con lo cual se recolectaron datos de 57 proyectos diferentes de la ciudad de Bogotá.

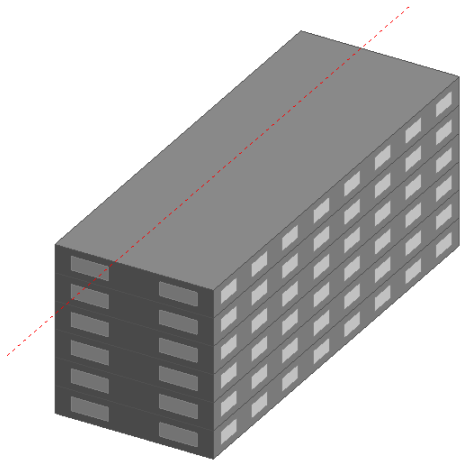
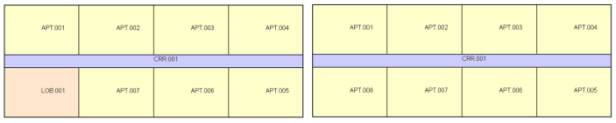
2.1. Paquetes Primarios Práctica Tradicional VIP

La tipología de vivienda VIP se caracteriza por ser edificio residencial cuyo valor máximo es de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes. Por lo general se entrega con pocos acabados, de forma tal que el usuario final debe terminarla de adecuar. Usualmente son viviendas sujeto de subsidio por parte del gobierno.

En la Tabla 1 se encuentran las principales características identificadas para las VIP, las cuales constituyen el paquete primario de la práctica tradicional para dicha tipología. Los resultados de las entrevistas y cálculos realizados para generar este paquete primario se encuentran en el Anexo 1 de este documento.

Tabla 1. Paquete primario de la práctica tradicional vivienda VIP

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Generalidades		
	NUEVA CONSTRUCCION	
Ubicación	BOGOTA, CLIMA 3C	ASHRAE 90,1
Tipos de combustibles disponibles	Gas, electricidad	
Tipo de Edificio	**Vivienda VIP**	
Prototipo de Edificio	**Vivienda VIP**	
Geometría		
Área del edificio (m2)	4725,66 m2 (46,33m x 17m)	El área se ajusta según resultado de entrevistas.

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Forma del edificio		El dibujo se obtiene del modelo
Relación de aspecto	2,73	
Número de pisos	6	Modificado del PNNL como resultado de las entrevistas
Relación ventana - muro	Promedio total: 25% ventana 75% muro	La relación ventana muro se ajusta según resultado de las entrevistas
Ubicación de ventanas	Ver imagen	PNNL
Geometría de elementos de sombreado	Ninguna	PNNL
Azimuth	No direccional	PNNL
Zonificación térmica	Cada piso tiene 16 apartamentos exceptuando el primer piso (tiene 15 aptos y un lobby que ocupa un área de 1 apartamento) Total 16 apartamentos por piso con un corredor en el centro. La profundidad es de 7,62 metros para cada apartamento y cada uno es de 7,62x5,79 m (44 m2) Total son 95 unidades residenciales 	Modificado del PNNL como resultado de las entrevistas
Altura de piso a piso (m)	3	PNNL

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Altura de piso a techo (m)	3 (no existe cielo raso)	PNNL
Altura de la ventana	1m	PNNL
Arquitectura		
Muros Exteriores		
Construcciones	Bloque de 12 cm + 1 cm de pañete + pintura (sin aislamiento térmico)	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 3.785 W/m2K	Estándares aplicables
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Inclinación y orientación	Vertical	
Techo		
Construcciones	Loza de concreto de 10 cm (sin aislamiento térmico)	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 2.416 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Inclinación y orientación	Horizontal	
Ventanas		
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Tipo de vidrio y marco	Vidrio crudo, marco en aluminio	
Factor U (W / m2 * °K)	U: 6,1 SHGC: 0,8	Estándares aplicables
SHGC		
Transmisión de luz visible	0,9	
Área Operable	100%	
Lucernarios		
Dimensiones	No modeladas	
Tipo de vidrio y marco	NA	
Factor U (W / m2 * °K)		
SHGC		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Transmisión de luz visible		
Cimentación		
Tipo de cimentación	Edificios sin sótano	Entrevistas
construcciones	Concreto, placa contrapiso aligerada de 1,20 m con 20cm de espesor en la loza	Entrevistas
Aislamiento	No hay aislamiento térmico	Entrevistas
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	Entrevistas
Particiones interiores		
Construcciones	Mampostería de 10 cm	
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Barrera de Aire		
Infiltración (ACH)	0.23 ach (Calculada según apéndice G ASHRAE 90.1 2016)	Entrevistas y conceptos de diseñadores
HVAC		
Tipo de sistema		
Tipo de calefacción	N/A	Entrevistas
Tipo de enfriamiento	N/A	
Distribución y unidades terminales	N/A	
HVAC		
Aire Acondicionado	N/A	Entrevistas
Calefacción	N/A	Entrevistas
Aire Acondicionado	N/A	Entrevistas
Calefacción		
Set point de calefacción	N/A	Entrevistas
Señal de termostato	N/A	Entrevistas
Temperatura de aire de ingreso	N/A	Entrevistas
Economizadores	N/A	Entrevistas
Ventilación	N/A	Entrevistas
Control de ventilación por demanda	N/A	Entrevistas
Recuperadores de energía	N/A	Entrevistas
Ventilador de suministro		
Horario de ventilador	Ventilación natural	Entrevistas
Eficiencia de ventilador (%)	Ventilación natural	Entrevistas
Caída de presión de	Ventilación natural	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
ventilador		
Agua de servicio		
Tipo de sistema de agua caliente	Calentador individual de paso en cada unidad residencial	Entrevistas
Tipo de combustible	Gas	Entrevistas
Eficiencia térmica (%)	Requirements in codes or standards	Estándares y códigos aplicables
Volumen de tanque (m3)	N/A	Reference: *PNNL-23269 Enhancements to ASHRAE Standard 90.1 Prototype Building Models*
Set point de temperatura de agua	60ºC	
Consumo de agua m3/año	5326,08	De acuerdo a resultados entrevistas, se calcula el consumo anual de la ducha
Cargas internas y horarios		
Iluminación		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular como "building área method" en el cálculo ya se tienen incluidas las densidades de potencia tenidas en cuenta para circulaciones. LPD: 6,42 W/m2	De acuerdo a resultado de entrevistas evaluando la tecnología predominante y las áreas.
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	Entrevistas
Control de luz día	no	De acuerdo a entrevistas
Sensores de ocupación	no	De acuerdo a entrevistas
Carga de tomas		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular carga de tomas por building area method 2,69 W/m2	ASHRAE 90.1 2010
Horarios	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Ocupación		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Promedio de ocupación	380	Se ajusta como resultado de entrevistas. Son apartamentos de 44 m2 con una densidad de 4 personas por apto, para un total de 95 aptos y 380 personas
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Elevador		
Cantidad	NA	De acuerdo a resultado de entrevistas, para un edificio de 6 pisos no se usa ascensor
Tipo de motor	NA	
Pico de potencia de motor	NA	
Ganancia de calor al edificio	NA	
Pico de potencia de iluminación	NA	
motor de ventilador/horario de ventilador	NA	
Iluminación exterior		
Potencia pico (w)		Estándares y códigos aplicables
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	Estándares y códigos aplicables
Agua		
Aparatos sanitarios		
Sanitario	6 Litros por descarga	Según resultado entrevistas
Orinal	NA	
Lavamanos	9,6 litros por minuto	
Lavaplatos	8,3 litros por minuto	
Ducha	9,6 litros por minuto	
Otras medidas de ahorro		
Reúso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Tratamiento y reuso aguas residuales	No	
Riego eficiente	No	
Riego con agua no potable	No	
Submedición	No	

De acuerdo a lo obtenido en las entrevistas de esta tipología se observa en la Tabla 1que las VIP en Bogotá típicamente tienen 6 pisos sin sótanos, el sistema estructura y los muros de la envolvente son de mampostería estructural sin ningún tipo de aislamiento. Estos proyectos cuentan con acceso a ventanas de vidrio crudo para lograr una ventilación y por lo general tienen una relación ventana pared de 25%/75%. El constructor entrega solamente una batería de baño con aparatos sanitarios convencionales y un punto de gas para el agua caliente, sin embargo la construcción de un segundo baño y varios de los acabados está en manos del usuario final al igual que la instalación de la iluminación y el agua caliente.

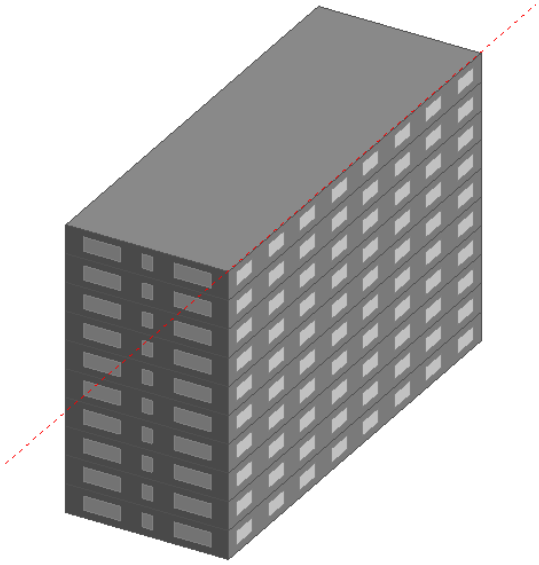
2.2. Paquetes Primarios Práctica Tradicional VIS

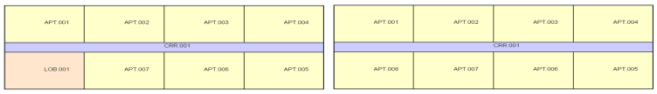
La tipología de vivienda de interés social, son edificaciones residenciales que se caracterizan por tener elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes, al igual que la vivienda VIP es sujeto de subsidio por parte del gobierno

En la Tabla 2 se encuentran las características encontradas para las VIS que constituyen el paquete primario de la práctica tradicional. Los resultados de las entrevistas y los cálculos desarrollados para generar este paquete primario se encuentran pueden ser revisados en el Anexo 1 de este documento.

Tabla 2. Paquete primario de la práctica tradicional vivienda VIS

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Generalidades		
Programa	**NUEVA CONSTRUCCION**	
Ubicación	BOGOTA, CLIMA 3 C	ASHRAE 90,1
Tipos de combustibles	Gas, electricidad	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
disponibles		
Tipo de Edificio	**Vivienda VIS**	
Prototipo de Edificio	**Vivienda VIS**	
Forma		
Área del edificio (m2)	7876,1 m2 (46,33m x 17m)	El área se ajusta según resultado de entrevistas. El dibujo se obtiene del modelo
Forma del edificio		
Relación de aspecto	2,73	
Número de pisos	10	Según resultados entrevistas
Relación ventana - muro	Promedio total: 25% ventana 75% muro	La relación ventana muro se ajusta según resultado de las entrevistas
Ubicación de ventanas	Ver imagen	
Geometría de elementos de sombreado	Ninguna	
Azimuth	No direccional	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Zonificación térmica	Cada piso tiene 14 apartamentos exceptuando el primer piso (tiene 13 aptos y un lobby que ocupa un área de 1 apartamento) Total 14 apartamentos por piso con un corredor en el centro. La profundidad es de 7,62 metros para cada apartamento y cada uno es de 7,62x6,61 m (50 m2) En total son 139 unidades residenciales 	Modificado del PNNL como resultado de las entrevistas
Altura de piso a piso (m)	3	PNNL
Altura de piso a techo (m)	3 (no existe cielo raso)	PNNL
Altura de la ventana	2m (1 m de altura de la ventana)	PNNL
Arquitectura		
Muros Exteriores		
construcciones	Muros en concreto industrializado de 10 cm + 5mm de estuco+ pintura (sin aislamiento térmico)	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 4.114 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Inclinación y orientación	Vertical	
Techo		
construcciones	Loza de concreto industrializado de 10 cm (sin aislamiento térmico)	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 2.416 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Inclinación y orientación	Horizontal	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Ventanas		
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Tipo de vidrio y marco	Vidrio crudo, marco en aluminio	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)	U: 6,1 SHGC: 0,8	Entrevistas
SHGC		
Transmisión de luz visible	0,9	Entrevistas
Área Operable	100%	Entrevistas
Lucernarios		
Dimensiones	No modeladas	
Tipo de vidrio y marco	NA	
Factor U (W / m2 * °K)		
SHGC		
Transmisión de luz visible		
Cimentación		
Tipo de cimentación	Edificios sin sótano	Entrevistas
construcciones	Concreto, placa contrapiso aligerada de 1,20 m con 20cm de espesor en la loza	Entrevistas
Aislamiento	No hay aislamiento térmico	Entrevistas
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	Entrevistas
Particiones interiores		
Construcciones	Concreto industrializado de 10cm	
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Barrera de Aire		
Infiltración (ACH)	0.20 ach (Calculada según apéndice G ASHRAE 90.1 2016)	Entrevistas y conceptos de diseñadores
HVAC		
Tipo de sistema		
Tipo de calefacción	N/A	Entrevistas
Tipo de enfriamiento	N/A	
Distribución y unidades terminales	N/A	
HVAC		
Aire Acondicionado	N/A	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Calefacción	N/A	Entrevistas
Eficiencia		
Aire Acondicionado	N/A	Entrevistas
Calefacción		
Control de HVAC		
Set point de calefacción	N/A	Entrevistas
Señal de termostato	N/A	Entrevistas
Temperatura de aire de ingreso	N/A	Entrevistas
Economizadores	N/A	Entrevistas
Ventilación	N/A	Entrevistas
Control de ventilación por demanda	N/A	Entrevistas
Recuperadores de energía	N/A	Entrevistas
Ventilador de suministro		
Horario de ventilador	Ventilación natural	Entrevistas
Eficiencia de ventilador (%)	Ventilación natural	Entrevistas
Caída de presión de ventilador	Ventilación natural	Entrevistas
Agua de servicio		
Tipo de sistema de agua caliente	Calentador individual de paso en cada unidad residencial	Entrevistas
Tipo de combustible	Gas	Entrevistas
Eficiencia térmica (%)	No existe requerimiento	Estándares y códigos aplicables
Volumen de tanque (m3)	N/A	*PNNL-23269 Enhancements to ASHRAE Standard 90.1 Prototype Building Models*
Set point de temperatura de agua	60ºC	
Consumo de agua m3/año	7792,90	De acuerdo a resultados entrevistas, se calcula el consumo anual de la ducha
Cargas internas y horarios		
Iluminación		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular como "building área method" en el cálculo ya se tienen incluidas las densidades de potencia tenidas en cuenta para circulaciones. LPD: 6,84 W/m2	De acuerdo a resultado de entrevistas evaluando la tecnología predominante y las áreas.
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Control de luz día	no	De acuerdo a entrevistas
Sensores de ocupación	si, únicamente para puntos fijos y circulaciones que equivale al 13% del edificio	De acuerdo a entrevistas
Carga de tomas		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular carga de tomas por building area method 2,69 W/m2	ASHRAE 90.1 2010
Horarios	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Ocupación		
Promedio de ocupación	556	Se ajusta como resultado de entrevistas. Son apartamentos de 50 m2 con una densidad de 4 personas por apto, para un total de 139 aptos y 556 personas
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	Reference: Building America Research Benchmark
Elevador		
Cantidad	1	*DOE Commercial Reference Building Models of the National Building Stock*
Tipo de motor	Tracción	
Pico de potencia de motor	20.370	
Ganancia de calor al edificio		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
	Interior	
Pico de potencia de iluminación	161,9	90.1 Mechanical Subcommittee, Elevator Working Group
motor de ventilador/horario de ventilador	De acuerdo con horario establecido para tipología	Reference: *DOE Commercial Reference Building Models of the National Building Stock*
Iluminación exterior		
Potencia pico (w)		Estándares y códigos aplicables
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología a	
Agua		
Aparatos sanitarios		
Sanitario	6/4,8 Litros por descarga solidos/líquidos	Según resultado entrevistas
Orinal	NA	
Lavamanos	9,6 litros por minuto	
Lavaplatos	8,3 litros por minuto	
Ducha	9,6 litros por minuto	
Otras medidas de ahorro		
Reúso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas
Tratamiento y reúso aguas residuales	No	
Riego eficiente	No	
Riego con agua no potable	No	
Submedición	No	

De acuerdo a los resultados de las entrevistas se observa en la Tabla 2 que las VIS en Bogotá típicamente tienen alrededor de 10 pisos sin sótano y utilizan un sistema estructural y de envolvente de concreto industrializado sin aislamiento. De forma similar a la vivienda VIP cuenta con ventanas de vidrio crudo para la ventilación natural y tienen una relación ventana pared del 25%/75%, el constructor entrega las baterías de baño y un punto de gas para el agua caliente, sin embargo la instalación de la iluminación y del calentamiento de agua corre por parte del usuario final. Para el caso de vivienda VIS, a diferencia de la vivienda VIP, se

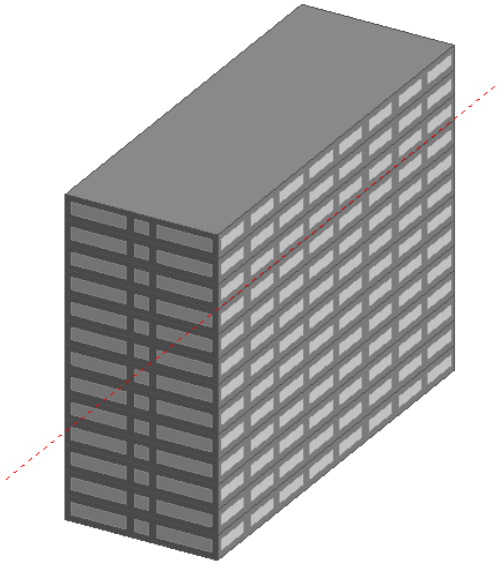
resalta que entre los parámetros y características que constituyen la practica común o tradicional, se han involucrado algunas buenas prácticas desde el punto de vista de la sostenibilidad, por lo tanto la mayor parte de los constructores de este tipo de vivienda utilizan hoy en día sanitarios de doble descarga y sensores de ocupación en puntos fijos.

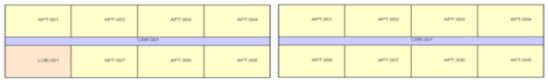
2.3. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Viviendas Estrato 3-4

La vivienda estrato 3 y 4 es la tipología de vivienda que más se está construyendo en Bogotá en la actualidad, por lo tanto cobra una gran importancia en el marco de este estudio y en el potencial de ahorro de agua y energía de la ciudad. Las características y parámetros actuales de construcción de este tipo de vivienda se encuentran compilados en el paquete primario de la práctica tradicional presentado en la Tabla 3. Los resultados de las entrevistas y los cálculos llevados a cabo para generar este paquete primario pueden ser consultados en el Anexo 1 que se encuentra al finalizar este documento.

Tabla 3. Paquete primario de la práctica tradicional vivienda 3 y 4

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Generalidades		
	NUEVA CONSTRUCCION	
Ubicación	BOGOTA, CLIMA 3 C	ASHRAE 90.1
Tipos de combustibles disponibles	Gas, electricidad	
Tipo de Edificio	**Vivienda estrato 3 y 4**	
Prototipo de Edificio	**Vivienda estrato 3 y 4**	
Forma		
Área del edificio (m2)	10238,9 m2 (46,33m x 17m)	El área se ajusta según resultado

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Forma del edificio		de entrevistas. El dibujo se obtiene del modelo
Relación de aspecto	2,73	
Número de pisos	13	Según resultados entrevistas
Relación ventana - muro	Promedio total: 40% ventana 60% muro	La relación ventana muro se ajusta según resultado de las entrevistas
Ubicación de ventanas	Ver imagen	
Geometría de elementos de sombreado	Ninguna	
Azimuth	No direccional	
Zonificación térmica	Cada piso tiene 8 apartamentos exceptuando el primer piso (tiene 7 aptos y un lobby que ocupa un área de 1 apartamento) Total 8 apartamentos por piso con un corredor en el centro. La profundidad es de 7,62 metros para cada apartamento y cada uno es de 7,62x11,6 m (88 m2)	Modificado del PNNL como resultado de las entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
	 En total son 103 unidades residenciales	
Altura de piso a piso (m)	3	PNNL
Altura de piso a techo (m)	3 (no existe cielo raso)	PNNL
Altura de la ventana	1m (2 m de altura de la ventana)	
Arquitectura		
Muros Exteriores		
Construcciones	Bloque de 12 cm + 1 cm de pañete + pintura (sin aislamiento térmico)	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o	U-factor = 2.912 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Factor R (h * ft2 * °F / Btu)		
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Inclinación y orientación	Vertical	
Techo		
Construcciones	Loza de concreto de 10 cm (sin aislamiento térmico)	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o	U-factor = 1.651 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Factor R (h * ft2 * °F / Btu)		
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Inclinación y orientación	Horizontal	
Ventanas		
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Tipo de vidrio y marco	Vidrio crudo, marco en aluminio	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)	U: 6,1	Entrevistas
SHGC	SHGC: 0,8	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Transmisión de luz visible	0,9	Entrevistas
Área Operable	100%	Entrevistas
Lucernarios		
Dimensiones	No modeladas	
Tipo de vidrio y marco	NA	
Factor U (W / m2 * °K)		
SHGC		
Transmisión de luz visible		
Cimentación		
Tipo de cimentación	Un sótano	Entrevistas
construcciones	Placa de supresión con 30 cm de aire y 30 cm de placa	Entrevistas
Aislamiento	Aire	Entrevistas
Dimensiones	Basados en el área y la relación de aspecto	Entrevistas
Particiones interiores		
Construcciones	ladrillo de 12 cm + 1 cm de pañete + pintura sin aislamiento	Entrevistas
Dimensiones	Basados en la geometría	
Barrera de Aire		
Infiltración (ACH)	0.183 ach (Calculada según apéndice G ASHRAE 90.1 2016)	Entrevistas y conceptos de diseñadores
HVAC		
Tipo de sistema		
Tipo de calefacción	N/A	Entrevistas
Tipo de enfriamiento	N/A	
Distribución y unidades terminales	N/A	
HVAC		
Aire Acondicionado	N/A	Entrevistas
Calefacción	N/A	Entrevistas
HVAC Eficiencia		
Aire Acondicionado	N/A	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Calefacción		
Control de HVAC		
Set point de calefacción	N/A	Entrevistas
Señal de termostato	N/A	Entrevistas
Temperatura de aire de ingreso	N/A	Entrevistas
Economizadores	N/A	Entrevistas
Ventilación	N/A	Entrevistas
Control de ventilación por demanda	N/A	Entrevistas
Recuperadores de energía	N/A	Entrevistas
Ventilador de suministro		
Horario de ventilador	Ventilación natural	Entrevistas
Eficiencia de ventilador (%)	Ventilación natural	Entrevistas
Caída de presión de ventilador	Ventilación natural	Entrevistas
Agua de servicio		
Tipo de sistema de agua caliente	Calentador individual de paso en cada unidad residencial	Entrevistas
Tipo de combustible	Gas	Entrevistas
Eficiencia térmica (%)	Requirements in codes or standards	Estándares y códigos aplicables
Volumen de tanque (m3)	N/A	Reference:
Set point de temperatura de agua	60ºC	PNNL-23269 *Enhancements to ASHRAE Standard 90.1 Prototype Building Models*
Consumo de agua m3/año	10119,55	Se calcula el consumo anual de la ducha
Cargas Internas		
Iluminación		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular como "building área method" en el cálculo ya se tienen incluidas las densidades de potencia tenidas en cuenta para circulaciones. LPD: 4,2 W/m2	De acuerdo a resultado de entrevistas evaluando la tecnología predominante y las áreas.
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	Reference: Building America Research Benchmark
Control de luz día	no	de acuerdo a entrevistas
Sensores de ocupación	si, en circulaciones y puntos fijos que equivale al 1%	de acuerdo a entrevistas
Carga de tomas		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular carga de tomas por building area method 2,69 W/m2	ASHRAE 90.1 2010
Horarios	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Ocupación		
Promedio de ocupación	361	Entrevistas. Son apartamentos de 95 m2 con una densidad de 3,5 personas por apto, para un total de 103 aptos
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	Reference: Building America Research Benchmark
Elevador		
Cantidad	1	
Tipo de motor	Tracción	*DOE Commercial Reference Building Models of the National Building Stock*
Pico de potencia de motor	20.370	
Ganancia de calor al edificio	Interior	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Pico de potencia de iluminación	161,9	90.1 Mechanical Subcommittee, Elevator Working Group
motor de ventilador/horario de ventilador	De acuerdo con horario establecido para tipología	*DOE Commercial Reference Building Models of the National Building Stock*
Iluminación exterior		
Potencia pico (w)		Estándares y códigos aplicables
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	Estándares y códigos aplicables
Agua		
Aparatos sanitarios		
Sanitario	6/4,8 lpd	Según resultado entrevistas
Orinal	NA	
Lavamanos	8,3 lpm	
Lavaplatos	8,3 lpm	
Ducha	9,6 lpm	
Otras medidas de ahorro		
Reúso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas
Tratamiento y reúso aguas residuales	No	
Riego eficiente	No	
Riego con agua no potable	No	
Submedición	No	

De acuerdo a lo observado en la Tabla 3, los edificios de vivienda de estrato 3 y 4 son edificios que tienen alrededor de 13 pisos y un sótano, su sistema estructural y característica de envolvente es estructura aporticada sin ningún aislamiento. De manera similar a los proyectos VIS y VIP cuenta con ventanas de vidrio crudo para lograr una ventilación natural, sin embargo tiene una mayor cantidad de vidrio llegando a una relación ventana pared promedio del 40%/60%. Otra diferencia importante con respecto a VIP y VIS es que en general el constructor incluye dentro de su alcance el total de las baterías de baños, la iluminación tanto dentro de las unidades residenciales y de las zonas comunes, al igual que el calentamiento de agua individual para cada unidad. En el caso de las viviendas de esta tipología se han

involucrado ya como parte de las prácticas comunes o tradicionales de construcción, buenas prácticas a nivel de sostenibilidad, tales como el uso de sanitario de doble descarga, lavamanos ahorradores, iluminación LED en las unidades residenciales y sensores de ocupación en putos fijos y otras zonas comunes.

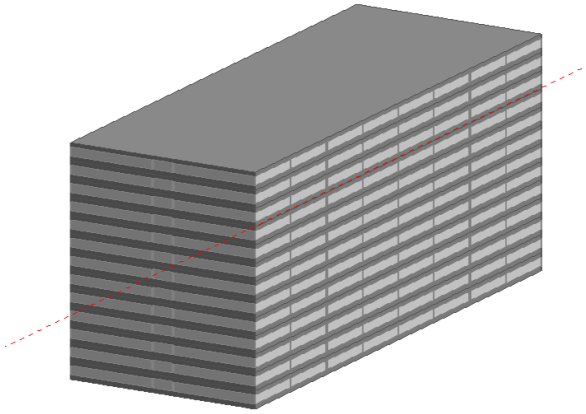
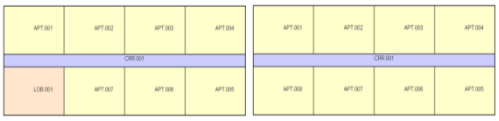
2.4. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Viviendas Estrato 5-6

Los edificios residenciales de estrato 5 y 6 se construyen en menor cantidad en la ciudad de Bogotá, sin embargo las áreas son sustancialmente más grandes y los consumos energéticos de agua y energía también. Por lo tanto son bastante relevantes en el momento de buscar mejoras en los consumos de agua y energía de la ciudad.

En la Tabla 4 se encuentran las principales características y parámetros que constituyen hoy en día la práctica tradicional de las viviendas estrato 5 y 6 en la ciudad de Bogotá. Los resultados de las entrevistas y lo cálculos usados para desarrollar este paquete primario se encuentran en el Anexo 1 al finalizar este documento.

Tabla 4. Paquete primario de la práctica tradicional vivienda 5 y 6

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Generalidades		
	NUEVA CONSTRUCCION	
Ubicación	BOGOTA, CLIMA 3 C	ASHRAE 90.1
Tipos de combustibles disponibles	Gas, electricidad	
Tipo de Edificio	**Vivienda estrato 5 y 6**	
Prototipo de Edificio	**Vivienda estrato 5 y 6**	
Forma		
Área del edificio (m2)	10238,9 m2	
	(46,33 x 17 m)	*PNNL-16770: Analysis of Energy Saving Impacts of ASHRAE 90.1-2004 for the State of New York*

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Forma del edificio		
Relación de aspecto	2,73	
Número de pisos	13	Según resultados entrevistas
Relación ventana - muro	Promedio total: 50% ventana 50% muro	La relación ventana muro se ajusta según resultado de las entrevistas
Ubicación de ventanas	Ver imagen	
Geometría de elementos de sombreado	Ninguna	
Azimuth	No direccional	
Zonificación térmica	Cada piso tiene 6 apartamentos exceptuando el primer piso (tiene 5 aptos y un lobby que ocupa un área de 1 apartamento) Total 6 apartamentos por piso con un corredor en el centro. La profundidad es de 7,62 metros para cada apartamento y cada uno es de 7,62x15,4 m (117 m2)  En total son 77 unidades residenciales	Modificado del PNNL como resultado de las entrevistas
Altura de piso a piso (m)	3	PNNL

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Altura de piso a techo (m)	3 (No se modelaron cielo raso)	PNNL
Altura de la ventana	1 m	
Arquitectura		
Muros Exteriores		
Construcciones	Bloque de 12 cm + 1 cm de pañete + pintura (sin aislamiento térmico)	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o	U-factor = 2.912 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Factor R (h * ft2 * °F / Btu)		
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Inclinación y orientación	Vertical	
Techo		
construcciones	Placa de concreto aligerada de 50cm y torta de 15 cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o	U-factor = 1.526 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Factor R (h * ft2 * °F / Btu)		
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Inclinación y orientación	Horizontal	
Ventanas		
Dimensiones	Basados en la geometría del edificio	
Tipo de vidrio y marco	Vidrio laminado 4+4	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)	U: 5,7	Entrevistas
SHGC	SHGC: 0,8	
Transmisión de luz visible	0,9	Entrevistas
Área Operable	100%	Entrevistas
Lucernarios		
Dimensiones	No modeladas	
Tipo de vidrio y marco	NA	
Factor U (W / m2 * °K)	NA	
SHGC	NA	
Transmisión de luz visible	NA	
Cimentación		
Tipo de cimentación	Dos sótanos	Entrevistas
construcciones	Placa de supresión con 30 cm de aire y 30 cm de placa	Entrevistas
Aislamiento	Aire	Entrevistas
Dimensiones	Basados en el área y la relación de aspecto	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Particiones interiores		
Construcciones	Doble muro de ladrillo de 12 cm + 1 cm de pañete + pintura sin aislamiento	Entrevistas
Dimensiones	Basados en la geometría	
Barrera de Aire		
Infiltración (ACH)	0.183 ach	Entrevistas y conceptos de diseñadores
	(Calculada según apéndice G ASHRAE 90.1 2016)	
HVAC		
Tipo de sistema		
Tipo de calefacción	N/A	Entrevistas
Tipo de enfriamiento	N/A	
Distribución y unidades terminales	N/A	
HVAC		
Aire Acondicionado	N/A	Entrevistas
Calefacción	N/A	
Eficiencia		
Aire Acondicionado	N/A	Entrevistas
Calefacción	N/A	
Control de HVAC		
Set point de calefacción	N/A	Entrevistas
Señal de termostato	N/A	
Temperatura de aire de ingreso	N/A	Entrevistas
Economizadores	N/A	Entrevistas
Ventilación	N/A	Entrevistas
Control de ventilación por demanda	N/A	Entrevistas
Recuperadores de energía	N/A	Entrevistas
Ventilador de suministro		
Horario de ventilador	Ventilación natural	Entrevistas
Eficiencia de ventilador (%)	Ventilación natural	Entrevistas
Caída de presión de ventilador	Ventilación natural	Entrevistas
Agua de servicio		
Tipo de sistema de agua caliente	Caldera central	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Tipo de combustible	Gas natural	Entrevistas
Eficiencia térmica (%)	Requirements in codes or standards	Estándares y códigos aplicables
Volumen de tanque (m3)	600 (central)	Reference: PNNL-23269 Enhancements to ASHRAE Standard 90.1 Prototype Building Models
Set point de temperatura de agua	60ºC	
Consumo de agua m3/año	6475,39	Se calcula el consumo anual de la ducha
Cargas Internas		
Iluminación		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular como "building área method" en el cálculo ya se tienen incluidas las densidades de potencia tenidas en cuenta para circulaciones. LPD: 5.3 W/m2	De acuerdo a resultado de entrevistas evaluando la tecnología predominante y las áreas.
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Control de luz día	no	de acuerdo a entrevistas
Sensores de ocupación	si, en circulaciones y puntos fijos	de acuerdo a entrevistas
Carga de tomas		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular carga de tomas por building area method 2,69 W/m2	ASHRAE 90.1 2010
Horarios	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Ocupación		
Promedio de ocupación	231	Entrevistas. Son apartamentos de 117 m2 con una densidad de 3 personas por apto, para un total de 77 aptos.
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Elevador		
Cantidad	1	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Tipo de motor	Tracción	*DOE Commercial Reference Building Models of the National Building Stock*
Pico de potencia de motor	20.370	
Ganancia de calor al edificio	Interior	
Pico de potencia de iluminación	161,9	90.1 Mechanical Subcommittee, Elevator Working Group
motor de ventilador/horario de ventilador	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Iluminación exterior		
Potencia pico (w)		Estándares y códigos aplicables
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	Estándares y códigos aplicables
Agua		
Aparatos sanitarios		
Sanitario	6/4,8 lpd	Según resultado entrevistas
Orinal	NA	
Lavamanos	8,3 lpm	
Lavaplatos	8,3 lpm	
Ducha	9,6 lpm	
Otras medidas de ahorro		
Reuso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas
Tratamiento y reúso aguas residuales	No	
Riego eficiente	No	
Riego con agua no potable	No	
Submedición	No	

De acuerdo a lo presentado en la Tabla 4 las edificaciones residenciales de estrato 5 y 6 tienen alrededor de 13 pisos con 2 sótanos y utiliza un sistema estructural aporticado con muros exteriores y entre unidades dobles. Las edificaciones cuentan con ventanas de vidrio laminado y algunas rejillas para acceder ventilación natural; junto con la tipología de Oficinas tienen la mayor relación ventana pared de todas las tipologías del estudio, con un valor aproximado de

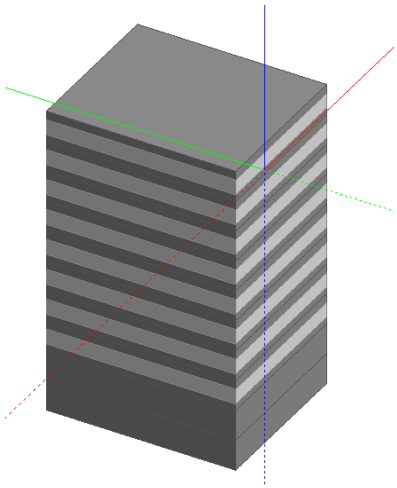
50%/50%. Similar a lo que ocurre con la vivienda estrato 3 y 4 la iluminación, las baterías de baño y servicio de agua caliente es provista por el constructor. Esta tipología ha involucrado también dentro de la práctica tradicional o común, buenas prácticas a nivel de sostenibilidad tales como el uso de sanitarios de doble descarga, lavamanos ahorradores, iluminación LED y calentamiento de agua por medio de calderas.

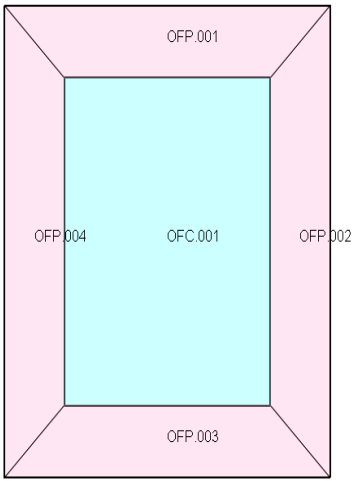
2.5. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Oficinas

Las oficinas constituyen un número importante de metros cuadrados licenciados cada día en la ciudad de Bogotá. Tienen una gran variabilidad a nivel de tamaño, sin embargo los métodos constructivos y el tipo de materiales usados es bastante similar en la ciudad. En la Tabla 5 se puede observar el paquete primario compuesto por las características y parámetros típicos de las oficinas de la ciudad de Bogotá. El lector puede referirse al Tabla 5 para ver los resultados de las entrevistas realizadas y el análisis que llevó a la generación de este paquete primario.

Tabla 5. Paquete primario de la práctica tradicional oficina

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Generalidades		
	NUEVA CONSTRUCCION	
Ubicación	Bogotá, Clima 3C	ASHRAE 90.1
Combustibles disponibles	Gas, electricidad	
Uso principal	**Oficina**	
Prototipo de edificación	**Oficina Grande**	
Forma		
Área del edificio (m2)	7500 (30 x 25 m)	Se ajusta según resultado de entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Forma del edificio		
Relación de aspecto	1,2	
Numero de pisos	8 pisos y 2 sótanos	
Relación ventana - muro	50% vidrio 50% muro	
Ubicación de ventanas	Distribución igual por todas las fachadas	PNNL's CBECS Study
Geometría de elementos de sombreado	Ninguna	
Azimuth	No direccional	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Zonificación térmica		
Altura de piso a techo (m)	4,3	
Altura de la ventana	3	
Altura de antepecho (m)	1	
Arquitectura		
Muros Exteriores		
Construcciones	Mampostería 12 cm + 1 cm de pañete + pintura	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 2.797 W/m2K	
Dimensiones	Basados en el área del piso y la relación de aspecto	
Inclinación y orientación	Vertical	
Techo		
Construcciones	Placa aligerada de 50 cm con loza de 15 cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 2.374 W/m2K	
Dimensiones	Basados en el área del piso y la relación de aspecto	
Inclinación y orientación	Horizontal	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Ventanas		
Dimensiones	Basados en la geometría	
Tipo de vidrio y marco	4+4 con protección solar.	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)	SHGC: 0,4 U: 5,7	Entrevistas
SHGC		
Transmisión de luz visible	0,6	Entrevistas
Área Operable	50%	Entrevistas
Lucernarios		
Dimensiones	No modeladas	Entrevistas
Tipo de vidrio y marco	NA	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)	NA	Entrevistas
SHGC	NA	Entrevistas
Transmisión de luz visible	NA	Entrevistas
Cimentación		
Tipo de cimentación	dos sótanos	Entrevistas
Construcción	Placa de supresión loza de 20 cm	Entrevistas
Propiedades térmicas piso 1 U-factor (Btu / h * ft2 * °F) and/or R-value (h * ft2 * °F / Btu)	F-factor = 0.73 (ASHRAE 90.1 2016)	Entrevistas
Propiedades térmicas de muros de sótano	Pantallas de 35 cm + muro de limpieza	Entrevistas
Dimensiones	Basado en e área del piso y la relación de aspecto	
Particiones internas		
Construcción	Mampostería de 12 cm + pañete de 1 cm + pintura	Entrevistas
Dimensiones	Basados en el área del piso y la altura piso - techo	Entrevistas
Masa Interna	sale de la modelación	Entrevistas
Barrera de Aire		
Infiltración (ACH)	0.187 ach (Calculada según apéndice G ASHRAE 90.1 2016)	Referencia: PNNL-18898. *Infiltration Modeling Guidelines for Commercial Building Energy Analysis.*
Tipo de sistema		
Tipo de calefacción	No hay	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Tipo de enfriamiento	Torre de enfriamiento	Referencia: PNNL-23269 *Enhancements to ASHRAE Standard 90.1 Prototype Building Models*
Unidades terminales y distribución	Unidades tipo paquete, las Oficinas se entregan para futura adecuación	
HVAC dimensionamiento		
Aire acondicionado	Auto dimensionado	
Calefacción	Auto dimensionado	
HVAC Eficiencia		
Aire acondicionado	Requerimientos en estándares y códigos	Códigos y Estándares aplicables
calefacción		
HVAC Control		
Termostato Setpoint	75°F enfriamiento	
Termostato Setback	85°F enfriamiento	
Temperatura aire suministro	Máximo 110F, Mínimo 52F	
Temperatura suministro agua helada	44 F	
Temperatura suministro agua caliente	180 F	
Economizadores	No	Entrevistas
Ventilación	Ventilación natural	Entrevistas
Control de ventilación por demanda	No	Entrevistas
Recuperación de energía	No	Entrevistas
Ventilador de suministro		
Programación	Ventilación natural	Entrevistas
Eficiencia total %	Ventilación natural	Entrevistas
Caída de presión	Ventilación natural	Entrevistas
Bombas		
Tipo de bombas	Bombas de agua de condensación	
Potencia de bombas	Auto dimensionado	
Torres de enfriamiento		
Tipo	Torre de enfriamiento abierto con dos ventiladores	
Potencia	Auto dimensionado	
Calentamiento de agua		
Tipo	NA	Según las entrevistas estos proyectos no

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Combustible	NA	tienen agua caliente
Eficiencia %	NA	
Volumen del tanque m3	NA	
Setpoint temperatura del agua	NA	
Consumo de agua m3/agua	NA	
Iluminación		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Hacer cálculo por método de área del edificio 10 W/m2 para Oficinas, 3,5 W/m2 para parqueaderos en sótanos.	Entrevistas
Horario	Horario	
Controles de luz día	no	Entrevistas
Sensores de Ocupación	si, en zonas comunes, puntos fijos, baños y parqueaderos de sótanos	Entrevistas
Carga de tomas		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular por método de área del edificio 8,07 W/m2	ASHRAE 90,1 de 2010
Horario	Horarios	
Ocupación		
Ocupación promedio	750	Se obtiene de acuerdo a NSR10 (1 Persona/10 m2)
Horario	Horarios	
Elevador		
Cantidad	2	Entrevistas
Tipo de Motors	Tracción	DOE Commercial Reference Building TSD (unpublished) and models (V1.3_5.0).
Potencia pico	20369	DOE Commercial Reference Building TSD (unpublished) and models (V1.3_5.0).
Ganancia de calor al edificio	Exterior	DOE Commercial Reference Building TSD (unpublished) and models (V1.3_5.0).
Ventilación /Potencia de iluminación Watts por elevador	160,9	90.1 Mechanical Subcommittee, Elevator Working Group
	Horarios	DOE Commercial Reference Building TSD (unpublished) and models (V1.3_5.0) and Appendix DF 2007
Iluminación exterior		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Potencia pico	estándar	Códigos y estándares aplicables
Horario	Ver en horarios	Códigos y estándares aplicables
Aparatos sanitarios		
Sanitario	4,8 lpd	Según resultado entrevistas
Orinal	1,9 lpd	
Lavamanos	9,6 lpm	
Lavaplatos	8,3 lpm	
Ducha	NA	
Otras medidas de ahorro		
Reúso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas
Tratamiento y reúso aguas residuales	No	
Riego eficiente	No	
Riego con agua no potable	No	
Submedición	No	

De acuerdo a lo observado en la Tabla 5 en promedio los edificios de oficinas tienen 8 pisos y 2 sótanos y utilizan un sistema constructivo de estructura aporticada sin aislamiento en muros. Como se mencionó anteriormente junto con vivienda de estratos 5 y 6, usualmente tienen la mayor cantidad de vidrio comparado con cualquier otra tipología, llegando en promedio a una relación ventana pared de 50%/50%, por lo general el vidrio usado es un vidrio laminado que en algún grado tiene protección solar. A nivel de ventilación y confort, tradicionalmente en la ciudad de Bogotá se ha utilizado una combinación entre ventilación natural y acondicionamiento por medio de sistemas de agua de condensación o torres de enfriamiento, sin embargo, cada día priman más los sistemas de acondicionamiento mecánico principalmente por el aumento en la cantidad de vidrio que han tenido este tipo de edificaciones. Al igual que en las tipologías analizadas anteriormente, en la actualidad este tipo de oficinas han involucrado como parte de su práctica común algunas medidas de sostenibilidad, entre las cuales se encuentre el uso de iluminación LED para los interiores de la oficina y el uso de aparatos sanitarios ahorradores.

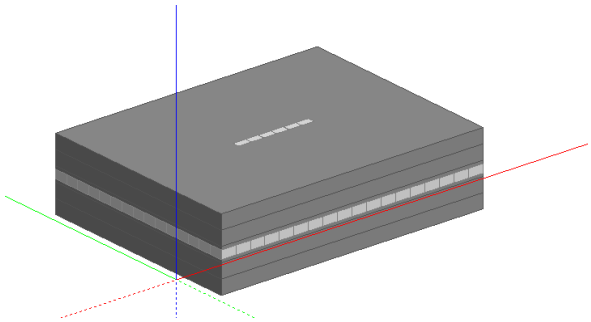
2.6. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Centros Comerciales

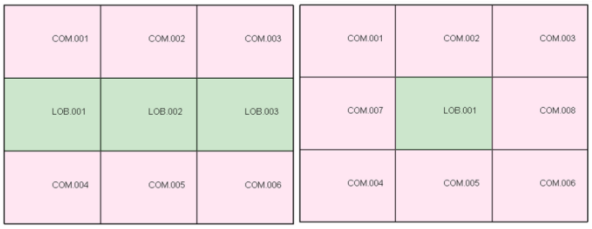
En la ciudad de Bogotá los centros comerciales adicionalmente a albergar una parte importante del comercio de la ciudad sirven también como área de encuentro, recreación alimentación, parqueo y acceso a otros servicios. Por lo tanto, son unos grandes consumidores de energía y agua a nivel de sus zonas comunes y circulación. De igual forma gracias a las

necesidades comerciales, de mercadeo y vitrinismo también son grandes consumidores de energía de los locales comerciales.

En la Tabla 6 se encuentra la compilación de las características y parámetros tradicionales de construcción de los centros comerciales para ciudad de Bogotá los cuales constituyen los paquetes primarios para estas tipologías. Los resultados de las entrevistas y los cálculos realizados para generar este paquete primario de la práctica tradicional se encuentran en el Anexo 1 de este documento.

Tabla 6. Paquete primario de la práctica tradicional centros comerciales

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Generalidades		
	NUEVA CONSTRUCCION	
Ubicación	BOGOTA, CLIMA 3C	ASHRAE 90.1 2016
Tipos de combustibles disponibles	Gas, electricidad	
Tipo de Edificio	**Centro comercial**	
Prototipo de Edificio	**Centro comercial**	
Forma		
Área total de piso (m2)	41600 m^2 (104 x 80 m)	Se ajusta geometría de acuerdo a entrevistas.
Forma del edificio		
Relación de aspecto	1,3	
Número de pisos	3 pisos y 2 sótanos	
Relación ventana/muro	muro: 75% ventana: 25%	Entrevistas
Ubicación de ventanas	Ventanas solo en la fachada de primer piso que dé hacia la calle	
Geometría de cortasoles	Ninguna	
Azimuth	No direccional	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Zonificación térmica		Entrevistas
altura de piso a techo (m)	5,3	
altura de piso a techo (m)	5,3	
Altura de antepecho (m)	1 m (la altura de la ventana es 4,3 m)	
Arquitectura		
Muros exteriores		
construcciones	Ladrillo bloque de 15 cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 2.912 W/m2K	Códigos y estándares aplicables
Dimensiones	Basado en el área de piso y la relación de aspecto	
Inclinación y orientación	Vertical	
Techo		
construcciones	Loza de concreto de 20 cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 1.456 W/m2K	Códigos y estándares aplicables
Dimensiones	Basado en el área de piso y la relación de aspecto	
Inclinación y orientación	Horizontal	
Ventanas		
Dimensiones	Basado en la proporción de ventana, ubicación, altura de antepecho, área del piso y relación de aspecto	
Tipo de vidrio y marco	Vidrio laminado 4+4 con control solar	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)	U: 5,7, SHGC: 0,4	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
SHGC		
Transmisión de luz visible	0,5	Entrevistas
Área Operable	para zonas comunes las cuales tienen ventilación natural	Entrevistas
Lucernarios		
Dimensiones	Basado en ubicación, área del piso y relación de aspecto	
Tipo de vidrio y marco	policarbonato de 5 mm	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)	U: 5,7, SHGC: 0,4	Entrevistas
SHGC		
Transmisión de luz visible	0,5	Entrevistas
Cimentación		
Tipo de cimentación	Sótano (no acondicionado)	Entrevistas
Construcciones	Placa de supresión con loza de 20 cm	Entrevistas
Propiedades de la placa de piso U-factor (Btu / h * ft2 * °F) O R-value (h * ft2 * °F / Btu)	F-factor = 0.73 (ASHRAE 90.1 2016)	Estándares y códigos aplicables
Propiedades de muros de sótanos	Pantallas estructurales en concreto de 40 cm	Entrevistas
Dimensiones	Basado en el área de piso y la relación de aspecto	
Particiones interiores		
Construcciones	Mampostería de 12 cm + pañete de 1 cm + pintura	Entrevistas
Dimensiones	Basados en el área de piso y en la altura piso a techo	Entrevistas
Barrera de Aire		
Infiltración (ACH)	0.087 ach (Calculada según apéndice G ASHRAE 90.1 2016)	Reference: PNNL-18898. *Infiltration Modeling Guidelines for Commercial Building Energy Analysis*. PNNL-20026. *Energy Saving Impact of ASHRAE 90.1 Vestibule Requirements: Modeling of Air Infiltration through Door Openings.* Modeled peak infiltration rate may be different for different codes or standards because of their

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
		continuous air barrier requirements.
HVAC		
Tipo de sistema		
Tipo de calefacción	No hay	
Tipo de enfriamiento	Torre de enfriamiento	Entrevistas
Unidades terminales y distribución	Unidades tipo paquete, los locales se entregan para futura adecuación	Entrevistas
HVAC dimensionamiento		
Aire acondicionado	Auto dimensionado	
Calefacción	Auto dimensionado	
HVAC Eficiencia		
Aire acondicionado	Requirements in codes or standards	Estándares y códigos aplicables
Calefacción	N/A	
HVAC Control		
Setpoint	75°F enfriamiento	PNNL
Señal de termostato	85°F enfriamiento	PNNL
Temperatura aire suministro	Máximo 110F, Mínimo 52F	PNNL
Temperatura suministro agua helada	44 F	PNNL
Temperatura suministro agua caliente	180 F	PNNL
Economizadores	No se usan	ASHRAE 90.1
Ventilación	Ventilación natural para zonas comunes, no hay ventilación para locales	Entrevistas
Control de ventilación por demanda	No	Entrevistas
Recuperación de energía	No	Entrevistas
Ventilador de suministro		
Programación	Ventilación natural	Entrevistas
Eficiencia total %	Ventilación natural	Entrevistas
Caída de presión	Ventilación natural	Entrevistas
Bombas		
Tipo de bombas	Bombas de agua de condensación	Entrevistas
Cabeza de la bomba	Usar la referencia de ASHRAE 90.1	PNNL
Potencia de bombas	Auto dimensionado	
Torres de		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
enfriamiento		
Tipo	Torre de enfriamiento abierto con dos ventiladores	Entrevistas
Potencia	Auto dimensionado	
Calentamiento de agua		
Tipo	No hay	Entrevistas
Combustible	NA	
Eficiencia %	NA	
Volumen del tanque m3	NA	
Setpoint temperatura del agua	NA	
Consumo de agua m3/agua	NA	De acuerdo a resultado entrevista
Cargas Internas		
Iluminación		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular por building area method 16,52 W/m2; Parqueadero 1,45 W/m2	Entrevistas
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Controles de luz día	no	Entrevistas
Sensores de ocupación	Si, para parqueaderos y zonas comunes que equivalen al 30% de la edificación	Entrevistas
Carga de tomas		
Densidad de potencia promedio (W/ft2)	Simular por building area method 2,69 W/m2	ASHRAE 90,1 de 2010
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Ocupación		
Pico de ocupación	8320	Se ajusta según área comercial en entrevistas y 3m2 por persona
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Elevador	Si	
Potencia pico	2 ascensores	
Horario	Ver horarios	
Iluminación exterior		
Potencia pico	2 W/ m2	Entrevistas
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	Estándares y códigos aplicables
Agua		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Aparatos sanitarios		
Sanitario	4,8 lpd	Según resultado entrevistas
Orinal	1,9 lpd	Según resultado entrevistas
Lavamanos	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Lavaplatos	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Ducha	NA	Según resultado entrevistas
Otras medidas de ahorro		
Reuso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas
Tratamiento y reuso aguas residuales	Solo tratamiento de grasas	Según resultado entrevistas
Riego eficiente	No	Según resultado entrevistas
Riego con agua no potable	No	Según resultado entrevistas
Submedición	No	Según resultado entrevistas

De acuerdo a lo expuesto en la Tabla 6, típicamente los centros comerciales cuentan aproximadamente con 3 pisos y 2 sótanos y utilizan un sistema constructivo basado en una estructura aporticada sin aislamiento. Usualmente tienen una relación ventana pared de 25%/75% y usan un vidrio laminado con algún nivel de protección solar. A nivel de ventilación y confort usualmente tienen ventilación natural para zonas comunes con un apoyo de aire acondicionado especialmente para locales, en este sentido el sistema que tradicionalmente se usa en Bogotá es un sistema de agua de condensación o torres de enfriamiento. De manera similar a lo que ocurre con la tipología de oficinas las prácticas de sostenibilidad que en la actualidad han permeado los centros comerciales son el uso de iluminación LED para interiores y el uso de aparatos sanitarios ahorradores en las baterías de baños de las zonas comunes.

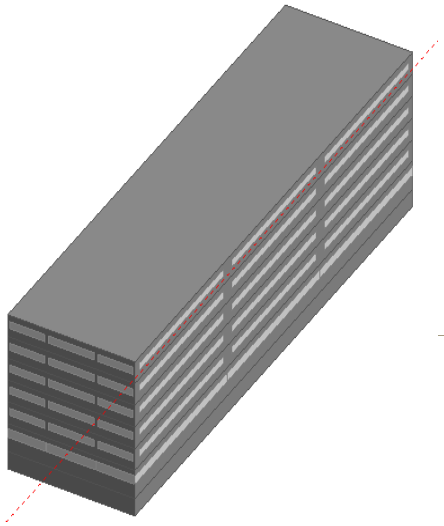
2.7. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Hoteles

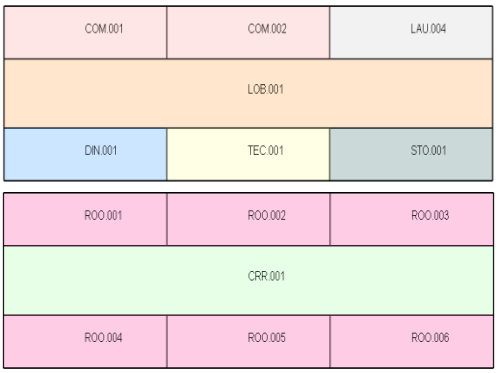
La tipología de hoteles corresponde a edificaciones con uso de alojamiento de personas de manera temporal. Este tipo de edificaciones puede o no tener servicios complementarios según el tipo de hotel o la clasificación que tenga. Debido a la naturaleza de centro de negocios que tiene la ciudad de Bogotá dentro del país, al igual que al aumento turístico que ha tenido

le ciudad en los últimos años, esta es una tipología de edificación que ha venido en aumento a nivel de construcción, por lo tanto, sus consumos son muy relevantes al momento de trazar metas de ahorro de la ciudad.

En la Tabla 7 se puede observar el conjunto de características y parámetros típicos de los hoteles en Bogotá, los cuales constituyen el paquete primario de la practica tradicional para esta tipología. Los resultados de las entrevistas y el análisis llevado a cabo para desarrollar este paquete se encuentran en el Anexo 1 de este documento.

Tabla 7. Paquete primario de la práctica tradicional hotel

Item	**Descripciones**	**Fuente de datos**
Generalidades		
	NUEVA CONSTRUCCION	
Ubicación	Bogota, Clima 3C	Selection of representative climates based on Briggs et al. (2003)
Combustibles disponibles	Gas, electricidad	
Uso principal	**Hotel**	
Prototipo de edificación	**Large Hotel**	
Forma		
Area del edificio (m2)	11346 m2	
Forma del edificio		Se ajusta según resultado de entrevistas. El dibujo se debe actualizar con el modelo.

Item	Descripciones	Fuente de datos
Relacion de aspecto	Primer piso y sotano: 3.79 (86,56 m x 22,86 m) Demas pisos: 5.07 (86.556 m x 17,06 m)	
Numero de pisos	6 pisos y un sotano	
Relacion ventana - muro	30% ventana y 70 % muro	
Ubicación de ventanas	Una por habitacion	
Geometria de elementos de sombreado	Ninguna	
Azimuth	No direccional	
Zonificacion termica		
Altura de piso a piso (m)	Basement: conditioned single zone; Ground Floor: 7 zones including retails, lobby, cafe, laundry, storage and mechanical rooms; 2nd to 5th Floor (guest-floor): 7 zones per floor, including guest rooms and corridor. Each floor has 42 guest rooms; 6th Floor: 7 zones including guest rooms, banquet room, dining, kitchen and corridor. Total 179 habitaciones, equivalentes a 41% del area total.	
Altura de piso a techo (m)	Sótano: 8 ft Piso: 13 ft Pisos 2 y 5: 10 ft	
Altura de la ventana	Igual que arriba	
Altura de antepecho	2 m. para primer piso, 1,2 m para pisos de arriba	

Item	Descripciones	Fuente de datos
(m)		
Arquitectura		
Muros Exteriores		
construcciones	Mamposteria 12 cm+frescasa de 5cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 1.216 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Dimensiones	Basado en el area del piso y la relacion de aspecto	
Inclinacion y orientacion	Vertical	
Techo		
construcciones	Placa aligerada de 50 cm con loza de 15 cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 1.526 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Dimensiones	Basado en el area del piso y la relacion de aspecto	
Inclinacion y orientacion	Horizontal	
Ventanas		
Dimensiones	Basado en la proporcion de ventana, ubicación, altura de antepecho, area del piso y relacion de aspecto	
Tipo de vidrio y marco	vidrio camara: 4mm+camara 1/2" + 4 mm	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)	U: 1,8 SHGC: 0,4	Entrevistas
SHGC		
Transmision de luz visible	0,6	
Area Operable	22%	ASHRAE SSPC 90.1 (Fenestration Market Survey Data)
Lucernarios		
Dimensiones	No modelados	
Tipo de vidrio y marco	NA	
Factor U (W / m2 * °K)		

Item	Descripciones	Fuente de datos
SHGC		
Transmision de luz visible		
Cimentacion		
Tipo de cimentacion	Sotano (no acondicionado)	Entrevistas
construcciones	Placa de supresion con loza de 20 cm	Entrevistas
Aislamiento	Aire	Entrevistas
Dimensiones	Basado en el area del piso y la relacion de aspecto	
Particiones interiores		
Construcciones	drywall de 5/8" + frescasa de 21/2"+ drywall de 5/8" + frescasa de 21/2"	Entrevistas
Dimensiones	Basado en el plano de planta y la altura de piso a techo	
Masa Interna		
Barrera de Aire		
Infiltracion (ACH)	0.183 ach (Calculada según apendice G ASHRAE 90.1 2016)	Referencia: PNNL-18898. *Infiltration Modeling Guidelines for Commercial Building Energy Analysis*. Modeled peak infiltration rate may be different for different codes or standards because of their continuous air barrier requirements.
HVAC		
Tipo de sitema		
Tipo de calefacción	No hay	
Tipo de enfriamiento	VRF solo para habitaciones, par zonas comunes solo ventilacion	Entrevistas
Unidades terminales y distribucion	Evporadoras en habitaciones controladas por tarjetas	Entrevistas
HVAC dimensionamiento		
Aire acondicionado	Autodmensionado	
Calefaccion	Autodmensionado	
HVAC Eficiencia		
Aire acondicionado	De acuerdo con ASHRAE 90.1 2007.	Estándares y códigos aplicables
Calefaccion		

Item	Descripciones	Fuente de datos
HVAC Control		
Termostato Setpoint	Habitaciones de huespedes: 70°F Cooling	
Thermostat Setback	Setback is based on codes and standards	Estándares y códigos aplicables
Temperatura aire suministro	55F	Estándares y códigos aplicables
Temperatura suministro agua helada	N/A	Estándares y códigos aplicables
Temperatura suministro agua caliente	N/A	Estándares y códigos aplicables
Economizadores	No se usan	Estándares y códigos aplicables
Ventilacion	ASHRAE Standard 62.1	Estándares y códigos aplicables
Control de ventilacion por demanda	No se usan	Estándares y códigos aplicables
Recuperacion de energia	No se usan	Estándares y códigos aplicables
Ventilador de suministro		
Programacion	See under **Schedules**	
Eficiencia total %	Unidad Fan coil: 65% VAV y DOAS: dependiendo del tamaño del motor y requerimientos en códigos y estándares.	Estándares y códigos aplicables
Caida de presion	Evaporadoras: 1.33 in. w.c.	
Ventilador de extracción		
Programacion	Para parqueadero, con sensores de CO	Entrevistas
Eficiencia total %	55%	PNNL
Caida de presion	0.5 in. w.c.	PNNL
Bombas		
Tipo de bombas	No modelados	Entrevistas
Rated Pump Head	No modelados	
Potencia de bombas	No modelados	
Torres de enfriamiento		
Tipo	NA	

Item	Descripciones	Fuente de datos
Potencia	NA	
Calentamiento de agua		
Tipo	Caldera central para habitaciones y calderin para zonas comunes	Entrevistas
Combustible	Gas natural	Entrevistas
Eficiencia %	Estándares y códigos aplicables	Estándares y códigos aplicables
Volumen del tanque m3	600 (principal); 300 (zona comun)	Referencia: *PNNL-23269 Enhancements to ASHRAE Standard 90.1 Prototype Building Models*
Setpoint temperatura del agua	60ºC	
Consumo de agua m3/agua	7164,77	Según las entrevistas se obtiene el consumo de agua en duchas y lavamanos. Falta agregar consumos de lavanderìa
Cargas Internas		
Iluminación		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Usar building area method 11 W/ m2	Entrevistas
Horario	Ver en Horarios	
Controles de Luz día	no	Entrevistas
Sensores de ocupación	Sensores de ocupación en areas comunes y puntos fijos y sótanos. En habitaciones control manual con tarjetas	Entrevistas
Carga de tomas		
Densidad de potencia promedio (W/ft2)	Simular por building area method 2,69 W/m2	ASHRAE 90,1 2010
Horario	Horarios	
Ocupación		
Ocupacion promedio	215	Según resultado entrevistas, para 179 habitaciones hay 1,2 huespedes, para un total de 215.
Horario	Horarios	
Ascensores		
Cantidad	5	DOE Commercial Reference Building TSD (unpublished) and models (V1.3_5.0).

Item	Descripciones	Fuente de datos
Tipo de Motor	Tracción	
Potencia pico de motor	20369	
Ganancia de calor	Exterior	
Ventilador pico/ascesores	160,9	90.1 Mechanical Subcommittee, Elevator Working Group
Motores y ventiladores	Ver en horarios	DOE Commercial Reference Building TSD (unpublished) and models (V1.3_5.0) and Appendix DF 2007
Iluminación exterior		
Potencia pico	1,6 W/m2	Entrevistas
Horario		Codigos y Estándares aplicables
Agua		
Aparatos sanitarios		
Sanitario	6/4,8 lpd	Según resultado entrevistas
Orinal	1,9 lpd	Según resultado entrevistas
Lavamanos	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Lavaplatos	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Ducha	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Otras medidas de ahorro		
Reuso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas
Tratamiento y reuso aguas residuales	No	Según resultado entrevistas
Riego eficiente	No	Según resultado entrevistas
Riego con agua no potable	No	Según resultado entrevistas
Submedición	No	Según resultado entrevistas

De acuerdo a lo expuesto en la Tabla 7 los hoteles tienen alrededor de 6 pisos y un sótano. Al igual que la mayoría de las tipologías de este estudio su sistema constructivo usualmente se basa en una estructura aporticada, sin embargo, este es el único caso donde los muros exteriores tienen un nivel de aislamiento. La relación ventana pared es del 30%/70% y usualmente se utiliza vidrio cámara con protección solar. Todo lo anterior hace que los hoteles tengan una envolvente más aislada que las otras tipologías. Dados los posibles requerimientos de calefacción y acondicionamiento, por lo general se utiliza un sistema de volumen de refrigerante variable. Al igual que para la vivienda estrato 5 y 6 el sistema de calentamiento de agua se basa usualmente en una caldera central a gas. A nivel de prácticas de sostenibilidad que hayan sido absorbidas por la industria en la actualidad para hoteles, se

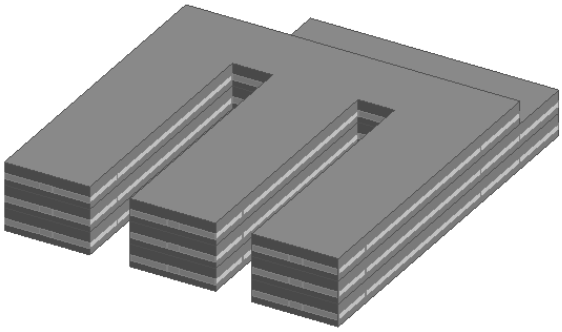
encuentra el uso de iluminación LED y de aparatos sanitarios eficientes, adicionalmente a una envolvente mejorada.

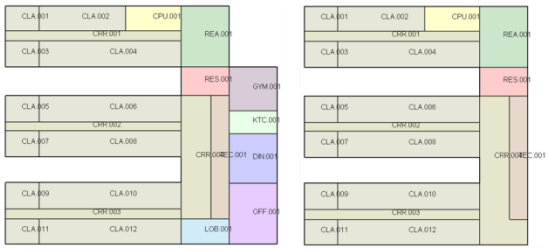
2.8. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Colegios

La tipología de colegios corresponde a edificaciones donde se llevan a cabo actividades de aprendizaje prescolar, primario y secundario. En este tipo de edificaciones se ubican principalmente aulas de clase, áreas administrativas, áreas recreativas, baterías de baños y cafetería y/o cocina.

En la Tabla 8 se encuentran las principales características y parámetros que conforman el paquete primario para colegios. En el Anexo 1 se encuentran tanto los resultados de las entrevistas, como los cálculos y análisis realizados para desarrollar este paquete primario.

Tabla 8 Paquete primario de la práctica tradicional colegios

Ítem	Descripción	Fuente de datos
Generalidades		
	NUEVA CONSTRUCCION	
Ubicación	BOGOTA, CLIMA 3C	ASHRAE 90.1
Tipos de combustibles disponibles	Gas, electricidad	
Tipo de Edificio	**Colegio**	
Prototipo de Edificio	**Colegio**	
Forma		
Área total de piso (m2)	9322 m2 (79x59 m)	Se ajusta según entrevistas
Forma del edificio		
Relación de aspecto	1,3	
Número de pisos	3	
Relación ventana/muro	25% ventana y 75% muro	

Ítem	Descripción	Fuente de datos
Ubicación de ventanas	Banda continua	
Geometría de cortasoles	Ninguna	
Azimuth	No direccional	
Zonificación térmica		
altura de piso a techo (m)	4	
altura de piso a techo (m)	4	
Altura de antepecho (m)	1,1	
Arquitectura		
Muros exteriores		
construcciones	Mampostería de 12 cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 3.036 W/m2K	Estándares y códigos aplicables
Dimensiones	Basados en el área del piso y la relación de aspectos	
Inclinación y orientación	Vertical	
Techo		
construcciones	Placa aligerada de 60 cm con torta de 12 cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 2.488 W/m2K	Entrevistas
Dimensiones	Basados en el área del piso y la relación de aspectos	
Inclinación y orientación	Horizontal	
Ventanas		
Dimensiones	Basado en la proporción de ventana, ubicación, altura de antepecho, área del piso y relación de aspecto	
Tipo de vidrio y marco	Vidrio crudo de 5 mm	
Factor U (W / m2 * °K)	U: 6,1	Entrevistas

Ítem	Descripción	Fuente de datos
	SHGC: 0,8	
SHGC		
Transmisión de luz visible	0,9	
Área Operable	100%	Entrevistas
Lucernarios		
Dimensiones	No modeladas	Entrevistas
Tipo de vidrio y marco	NA	
Factor U (W / m2 * °K)	NA	Entrevistas
SHGC		
Transmisión de luz visible		
Cimentación		
Tipo de cimentación	Sin sótano	Entrevistas
Construcciones	Placa maciza de 10 cm	
Propiedades de la placa de piso U-factor (Btu / h * ft2 * °F) and/or R-value (h * ft2 * °F / Btu)	F-factor = 0.73 (ASHRAE 90.1 2016)	
Propiedades de muros de sótanos	NA	Entrevistas
Dimensiones	Basado en el área de piso y la relación de aspecto	
Particiones interiores		
Construcciones	Mampostería de 12 cm	Entrevistas
Dimensiones	Basado en el área de piso y la altura piso techo	
Barrera de Aire		
Infiltración (ACH)	0.448 ach (Calculada según apéndice G ASHRAE 90.1 2016)	Entrevistas y concepto de diseñadores
HVAC		
Tipo de sistema		
Tipo de calefacción	No hay	Entrevistas
Tipo de enfriamiento	Ventilación natural	Entrevistas
Unidades terminales y distribución	Ventilación natural	
HVAC dimensionamiento		
Aire acondicionado	Ventilación natural	
Calefacción	Ventilación natural	

Ítem	Descripción	Fuente de datos
HVAC Eficiencia		
Aire acondicionado	Ventilación natural	Entrevistas
Calefacción	Ventilación natural	Entrevistas
HVAC Control		
Termostato Setpoint	Ventilación natural	Entrevistas
Señal de termostato	Ventilación natural	Entrevistas
Temperatura aire suministro	Ventilación natural	Entrevistas
Temperatura suministro agua helada	Ventilación natural	Entrevistas
Temperatura suministro agua caliente	Ventilación natural	Entrevistas
Economizadores	Ventilación natural	Entrevistas
Ventilación	Ventilación natural	Entrevistas
Control de ventilación por demanda	Ventilación natural	Entrevistas
Recuperación de energía	Ventilación natural	Entrevistas
Ventilador de suministro		
Programación	Ventilación natural	
Eficiencia total %	Ventilación natural	Entrevistas
Caída de presión	Ventilación natural	
Bombas		
Tipo de bombas	Ventilación natural	Entrevistas
Cabeza de bomba	Ventilación natural	Entrevistas
Potencia de bombas	Ventilación natural	Entrevistas
Torres de enfriamiento		
Tipo	NA	
Potencia	NA	
Calentamiento de agua		
Tipo	No hay	Entrevistas
Combustible	No hay	Entrevistas
Eficiencia %	NA	Entrevistas
Volumen del tanque m3	NA	De acuerdo a entrevistas no hay agua caliente
Setpoint temperatura del agua	NA	
Consumo de agua	NA	

Ítem	Descripción	Fuente de datos
m3/agua		
Cargas Internas y Horarios		
Iluminación		
Densidad de potencia de iluminación (W/m2)	Simular por building area method 11 W/ m2	De acuerdo a entrevistas
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Controles por luz día	no	De acuerdo a entrevistas
Sensores de ocupación	no	De acuerdo a entrevistas
Carga de Tomas		
Densidad de potencia promedio (W/ft2)	Simular por building area method 5,38W/m2	ASHRAE 90,1 2010
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Ocupación		
Ocupación promedio	4661	Se ajusta según NSR10
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Elevador		
Potencia Pico	No modelados	
Horario	No modelados	
Iluminación Exterior		
Potencia Pico (W)	4 W/M2	De acuerdo a entrevistas
Horario	De acuerdo con horario establecido para tipología	
Agua		
Aparatos sanitarios		
Sanitario	4,8 lpd	Según resultado entrevistas
Orinal	1,9 lpd	Según resultado entrevistas
Lavamanos	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Lavaplatos	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Ducha	NA	Según resultado entrevistas
Otras medidas de ahorro		
Reuso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas

Ítem	Descripción	Fuente de datos
Tratamiento y reuso aguas residuales	No	Según resultado entrevistas
Riego eficiente	No	Según resultado entrevistas
Riego con agua no potable	No	Según resultado entrevistas
Submedición	No	Según resultado entrevistas

De acuerdo a lo observado en la Tabla 8 las edificaciones de colegios tienen en promedio Típicamente las edificaciones educativas tienen 3 pisos, no tienen aire acondicionado ni calefacción, tiene ventilación natural y no tienen agua caliente, con una ocupación según la NSR10.

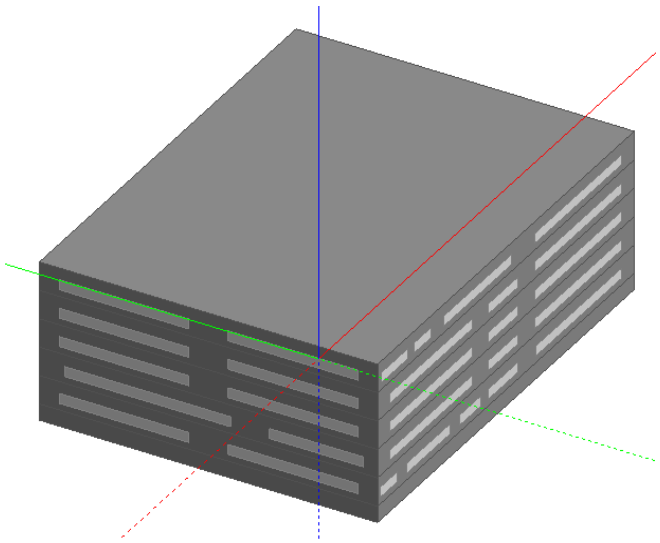
2.9. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Hospitales

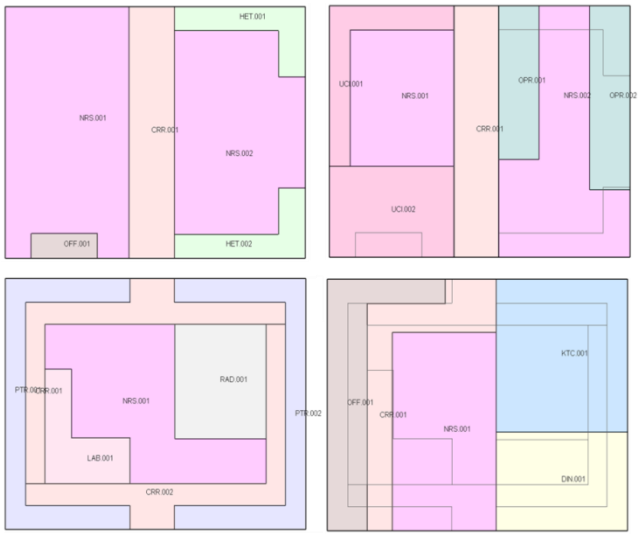
La tipología de hospitales corresponde a establecimientos destinados a proporcionar todo tipo de asistencia médica, operaciones quirúrgicas y estancia durante la recuperación o tratamiento; Adicionalmente en los hospitales actualmente se practican actividades de investigación y enseñanza médica. Aunque el número de hospitales que se construyen en Bogotá en relación con las otras tipologías es bajo, los consumos de esta tipología son bastante intensivos en agua y en energía.

A continuación, en la Tabla 9 se encuentran el conjunto de características y parámetros que representan la práctica actual de construcción del sector hospitalario en Bogotá y que por lo tanto constituyen el paquete primario de la práctica tradicional. Los resultados de las entrevistas de los proyectos hospitalarios y al igual que los cálculos realizados para generar este paquete primario se encuentran en el Anexo 1.

Tabla 9. Paquete primario de la práctica tradicional hospitales

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Generalidades		
	NUEVA CONSTRUCCION	
Ubicación	BOGOTA, CLIMA 3C	Selection of representative climates based on Briggs et al. (2003)
Tipos de combustibles disponibles	Gas, electricidad	
Tipo de Edificio	**Hospital**	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Prototipo de Edificio	**Hospital**	
Forma		
Área del edificio (m2)	22427,7 m2 (70,1 x 53,34 m cada piso)	Se ajusta según datos de entrevistas
Forma del edificio		
Relación de aspecto	1,31	
Numero de pisos	5 pisos y un sótano	
Relación ventana - muro	30% vidrio y 70% muro	
Ubicación de ventanas	Ver imagen	
Geometría de elementos de sombreado	Ninguna	
Azimuth	No direccional	

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Zonificación térmica		
Altura de piso a piso (m)	Ver zonificación térmica	
Altura de piso a techo (m)	4,3 m en piso 2,5 m en sótanos	
Altura de la ventana	1.5 m	
Altura de antepecho (m)	1 m	
Arquitectura		
Muros Exteriores		
construcciones	Mampostería 15 cm+ 1 cm pañete + pintura	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o Factor R (h * ft2 * °F / Btu)	U-factor = 3.527 W/m2K	Entrevistas
Dimensiones	Basados en el área del piso y relación de aspecto	
Inclinación y orientación	Vertical	
Techo		
construcciones	Placa maciza de 15 cm	Entrevistas
Factor U(Btu / h * ft2 * °F) y/o	U-factor = 1.547 W/m2K	Entrevistas

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Factor R (h * ft2 * °F / Btu)		
Dimensiones	Basados en el área del piso y relación de aspecto	
Inclinación y orientación	Horizontal	
Ventanas		
Dimensiones	Basado en la proporción de ventana, ubicación, altura de antepecho, área del piso y relación de aspecto	
Tipo de vidrio y marco	Laminado 6mm+4mm	
Factor U (W / m2 * °K)	U: 5,7 SHGC: 0.6	Entrevistas
SHGC		
Transmisión de luz visible	0,9	Entrevistas
Área Operable	20% Para habitaciones	Entrevistas
Lucernarios		
Dimensiones	No modelados	Entrevistas
Tipo de vidrio y marco	NA	Entrevistas
Factor U (W / m2 * °K)		
SHGC		
Transmisión de luz visible		
Cimentación		
Tipo de cimentación	Sótano (no acondicionado)	Entrevistas
construcciones	Placa flotante de 1,2 m con placa de 30 cm en concreto	Entrevistas
Aislamiento	Aire	Entrevistas
Dimensiones	Basados en el área del piso y relación de aspecto	Entrevistas
Particiones interiores		
Construcciones	Drywalll + frescasa de 2"+ drywall	Entrevistas
Dimensiones	Basado en el plano de planta y la altura de piso a techo	Entrevistas
Barrera de Aire		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Infiltración (ACH)	0.131 ach (Calculada según apéndice G ASHRAE 90.1 2016)	Reference: PNNL-18898. *Infiltration Modeling Guidelines for Commercial Building Energy Analysis*. Modeled peak infiltration rate may be different for different codes or standards because of their continuous air barrier requirements.
HVAC		
Tipo de sistema		
Tipo de calefacción	No hay	Entrevistas
Tipo de enfriamiento	Chillers enfriados por aire	
Unidades terminales y distribución	Zonas medicas críticas: Inyección y extracción, filtros HEPA. Aire acondicionado para salas de cirugía, laboratorios, almacenamiento de medicamentos, salas de recuperación y UCI	Entrevistas
HVAC dimensionamiento		
Aire acondicionado	Auto dimensionado	
Calefacción	Auto dimensionado	
HVAC Eficiencia		
Aire acondicionado	De acuerdo con ASHRAE 90.1 2007	
Calefacción	N/A	
HVAC Control		
Termostato	75°F Enfriamiento	
Temperatura aire suministro	Máximo 104F, Mínimo 52F	Temperature reset may be used if required by applicable codes or standards

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Temperatura suministro agua helada	44 F	La temperatura sera reseteada si se requiere
Temperatura suministro agua caliente	NA	Entrevistas
Economizadores	No hay	Entrevistas
Ventilación	De acuerdo con ASHRAE 170 para zonas criticas	
Control de ventilación por demanda	No hay	Entrevistas
Recuperación de energía	No hay	Entrevistas
Ventilador de suministro		
Programación	Ver horarios	
Eficiencia total %	Dependiendo del tamaño del ventilador	Requirements in applicable codes or standards for motor efficiency and fan power limitation
Caída de presión	Dependiendo del caudal de ingreso del ventilador	
Bombas		
Tipo de bombas	Una bomba de agua fría por enfriados y una bomba de respaldo.	
Cabeza de la bomba	De acuerdo con ASHRAE 90.1	ASHRAE 90.1
Potencia de bombas	Auto dimensionado	
Tipo	No modelada	
Potencia	No modelada	
Calentamiento de agua		
Tipo	Caldera central para habitaciones y salas de cirugía	Entrevistas
Combustible	Gas natural	Entrevistas
Eficiencia %	De acuerdo con requerimientos de norma ASHRAE 90.1 2007	
Volumen del tanque m3	600	Reference: PNNL-23269 *Enhancements to ASHRAE Standard 90.1 Prototype Building Models*

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Setpoint temperatura del agua	60ºC	
Consumo de agua m3/agua	4204,8	Se calcula según uso de duchas. No se incluye uso medico por ejemplo en salas de cirugía
Cargas internas		
Iluminación		
Densidad de potencia promedio (W/m2)	Simular por building area method 8 W/m2	Entrevistas
Horario	Ver horario definido para el proyecto	
Controles de luz día	no	
Sensores de ocupación	En puntos fijos y circulaciones	Entrevistas
Cargas de tomas		
Densidad de potencia	Simular por building area method 10,76 W/m2	ASHRAE 90,1 2010
Horario	Ver horario definido	
Ocupación		
Ocupación promedio	3204	Se ajusta según NSR10. 7m2 por persona
Horario	Ver horario definido	
Elevador		
Cantidad	3	Entrevistas
Tipo de motor	Tracción	DOE Commercial Reference Building Models of the National Building Stock
Potencia pico del motor	20.369	
Calor ganado	Exterior	
Potencia pico de iluminación	160,9	90.1 Mechanical Subcommittee, Elevator Working Group
Horario	Ver horario definido	
Iluminación exterior		
Potencia pico		
Horario	Ver horario definido	
Agua		
Aparatos sanitarios		

Ítem	Descripciones	Fuente de datos
Sanitario	4,8 lpd	Según resultado entrevistas
Orinal	1,9 lpd	Según resultado entrevistas
Lavamanos	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Lavaplatos	8,3 lpm	Según resultado entrevistas
Ducha	9,6 lpm	Según resultado entrevistas
Otras medidas de ahorro		
Reuso y recolección aguas lluvias	No	Según resultado entrevistas
Tratamiento y reuso aguas residuales	Solo tratamiento de patógenos por norma	Según resultado entrevistas
Riego eficiente	No	Según resultado entrevistas
Riego con agua no potable	No	Según resultado entrevistas
Submedición	No	Según resultado entrevistas

De acuerdo a lo observado en la Tabla 9 en promedio los hospitales tienen 5 pisos y un sótano, su sistema estructural se basa en un sistema aporticado, y los muros exteriores no tienen ningún aislamiento. La relación ventana pared es de 30%/70% y la ventanería se compone principalmente de vidrio laminado. A nivel de ventilación y confort el sistema más usual es el de enfriadores condensados por aire especialmente para las zonas críticas. El calentamiento de agua tanto para agua doméstica o de uso de los pacientes, como para el agua caliente de procesos se hace regularmente por medio de calderas. Al igual que en las otras tipologías del estudio, los proyectos hospitalarios han incluido ya como parte de las prácticas tradicionales, buenas prácticas a nivel de sostenibilidad como son el uso de iluminación LED y aparatos sanitarios ahorradores.

2.10. Paquetes Primarios Práctica Tradicional Educación Superior

Los edificios de educación superior corresponden a universidades o institutos universitarios o superiores. Después de analizar los resultados de las entrevistas de esta tipología y de la tipología de Oficinas se encuentra que, en términos generales y teniendo como base los principales parámetros requeridos para desarrollar los paquetes primarios, las dos tipologías tienen los mismos parámetros en la práctica tradicional en Bogotá. Entre las características y

parámetros iguales o similares para estas dos tipologías se resalta el tipo y caudales de aparatos sanitarios donde se encontró que se usan aparatos con los mismos consumos, y no tienen un consumo de agua caliente asociado. En cuanto a materiales de envolvente, el resultado de la entrevista es que para ambos casos la tendencia es que se hagan en bloque y sin aislamientos; el sistema de ventilación y acondicionamiento para ambos casos son sistemas centrales con torres de enfriamiento; y por último a nivel de iluminación se encontró que para las dos tipologías la tecnología usada es LED con eficiencias superiores a 80 lm/W, por lo que el parámetro de densidad de potencia fue tomado como el mismo para ambas tipologías. Por lo tanto, teniendo en cuenta que en educación superior los parámetros recopilados son iguales, no se presenta en este capítulo los resultados de este paquete primario y se usa para los cálculos de los capítulos 3, 4, y 5 el mismo paquete primario de práctica tradicional de oficina.

Los resultados de las entrevistas de la tipología educación superior, y los cálculos desarrollados para llegar a la conclusión de utilizar el mismo paquete primario de la práctica tradicional de oficinas para educación superior se encuentran en el Anexo 1.

2.11. Conclusiones y Recomendaciones Paquetes Primarios Práctica Tradicional

Como resultado del proceso de entrevistas y de determinación de paquetes primarios de las prácticas tradicionales para las diferentes tipologías del estudio se puede concluir:

- Se ha generado un avance importante a nivel de la industria de la construcción en Bogotá en los últimos años, ya que se encuentra que, para todas las tipologías, con excepción de las viviendas de interés prioritario, existen buenas prácticas a nivel de sostenibilidad que han sido absorbidas por los constructores como parte de su práctica tradicional.
- Se resalta que la mayor parte de los proyectos comerciales o institucionales, entrevistados como parte de este estudio, utilizan como parte de su práctica tradicional iluminación LED y aparatos sanitarios ahorradores. Esto puede deberse principalmente a la disminución de costos de inversión en estas tecnologías y a los grandes ahorros que generan, mostrando usuarios cada vez más comprometidos con los ahorros.
- A nivel residencial se encuentra que los constructores de vivienda de interés social han comenzado a incluir buenas prácticas como el uso de sanitarios de doble descarga, mientras que los constructores de estratos 3, 4, 5 y 6 han involucrado el uso de sanitarios de doble descarga y lavamanos ahorradores, de igual forma que la práctica de entregar las unidades residenciales con toda la iluminación instalada, inclinándose por que esta sea LED. Adicionalmente, en el caso exclusivo de los proyectos de estratos 5 y 6, prima actualmente el uso de calderas centrales de calentamiento de agua a gas, las cuales son por lo general más eficientes que otro tipo de calentadores.

- A nivel de envolvente la principal práctica que se a involucrado en los proyectos de oficinas, educación superior y centros comerciales ha sido el uso de vidrios de protección solar, esto puede deberse a que la inversión en estos materiales no es tan alta y los ahorros energéticos son buenos debido a las condiciones de radiación de la ciudad.
- Probablemente debido a los requerimientos del mercado, el sector hotelero es el que más se ha preocupado por los temas de confort. Por esto manejan una envolvente bastante aislada en comparación con lo que se encuentra en otros sectores.
- A nivel de envolvente los proyectos residenciales, especialmente en los casos de VIP, VIS y estratos 3 y 4, tienen muy poco aislamiento y usan vidrio crudo, por lo que se prevén posibles problemas a nivel de confort. Esto difiere un poco para los proyectos de estratos 5 y 6 principalmente por la incorporación de doble muro en muros exteriores y el uso de vidrio laminado. Este cambio en especificaciones se da principalmente por requerimientos acústicos, sin embargo, tiene una repercusión en el comportamiento térmico de la vivienda.

3. Brecha Entre el Desempeño de los Paquetes Primarios de la Práctica Tradicional y el Desempeño de la Línea Base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 y la NTC 1500

El Apéndice G del estándar ASHRAE 90.1 2016 proporciona la metodología y los parámetros para desarrollar una línea base estable y estandarizada de consumos de energía, de la misma forma este apéndice propone una metodología para simular un caso específico de diseño de un edificio dado. Por su parte la NTC 1500 (tercera actualización) permite extraer parámetros de consumo de agua por medio de los cuales se puede generar una línea base estable para este consumo. El cálculo de la brecha o del porcentaje de diferencia entre estas líneas base estables y estandarizadas, y los consumos de agua y energía estimados a partir de las características y parámetros de los paquetes primarios de la práctica tradicional, permite establecer una comparación entre las prácticas tradicionales o comunes de la ciudad de Bogotá y estos estándares.

Esta comparación permite calcular un factor de ajuste tanto de la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, como de la línea base generada a partir de los parámetros de la NTC 1500 (tercera actualización). Se recomienda usar este factor de ajuste en el método de desempeño del protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015 que desarrollará la Secreitaría de Planeación Distrital, para generar una línea base específica de cada proyecto ajustada con las prácticas tradicionales de construcción, frente a las cuales se puedan buscar unos porcentajes de ahorro objetivo utilizando un método estandarizado de simulación y cálculo.

En las siguientes secciones de este capítulo se encuentran los resultados de las modelaciones y los cálculos hechos para cada una de las tipologías del estudio tanto para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) para el caso de agua, como para el apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para el caso de energía, y los resultados de los estimados de consumos de agua y energía para cada uno de los paquetes primarios de las prácticas tradicionales presentados en el primer capítulo de este reporte. Adicionalmente se presentan los cálculos de la brecha o comparación del estimado de consumo de agua y energía de los paquetes primarios y de la línea base generada a partir de la NTC 1500 (tercera actualización) para agua, y del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para energía. Finalmente, se presenta el factor de ajuste resultante de este proceso que será utilizado en los capítulos siguientes. Para efectos de los análisis es importante resaltar que la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 corresponde a los valores de línea base del ASHRAE 90.1 2004, esta línea base se ha establecido como una línea base estable. Los cálculos detallados de agua y resultados detallados de los modelos energéticos pueden ser encontrados en el Anexo 2 al final de este documento.

3.1. Brecha para VIP

3.1.1. Resultados modelación energética VIP

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de vivienda VIP utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 10. Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda VIP de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 2016

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0	0	0	$ -
Enfriamiento	4220,31	0	4220,31	$ 912.895,26
Iluminación	112138,94	0	112138,94	$ 24.256.774,11
Equipos Internos	40332,32	0	40332,32	$ 8.724.284,14
Ventilación	586,7	0	586,7	$ 126.909,08
Bombas	21,09	0	21,09	$ 4.561,98
Agua caliente	0	206922	206922	$ 19.734.151,14
Total	157299,36	206922	364221,36	$ 53.759.575,70

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 10, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIP para la línea base del apéndice G del ASHARE 90.1 2016 se encuentra en la Figura 1.

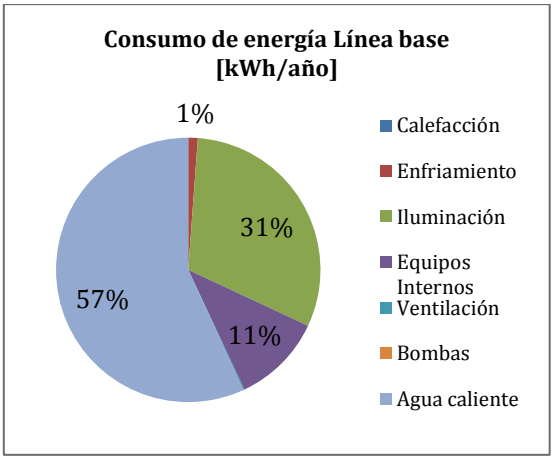


Figura 1.Torta de consumos energéticos para VIP de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario de la practica tradicional para vivienda VIP presentado en la sección 2.1 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda VIP de acuerdo a paquete primario práctica común

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	3,99	27288,74	27292,73	$ 2.603.390,21
Enfriamiento	5082,59	0	5082,59	$ 1.099.415,04
Iluminación	95608,5	0	95608,5	$ 20.681.074,64
Equipos Internos	40332,32	0	40332,32	$ 8.724.284,14
Ventilación	4105,24	0	4105,24	$ 888.004,46
Bombas	180,14	0	180,14	$ 38.966,08
Agua caliente	0	293074,27	293074,27	$ 27.950.493,13
Total	145312,78	320363,01	465675,79	$ 61.985.627,71

Con base en los resultados del modelo energético de la línea base tradicional para vivienda VIP se genera la torta de consumos presentada en la Figura 2, la cual presenta la distribución porcentual de los consumos en un año.

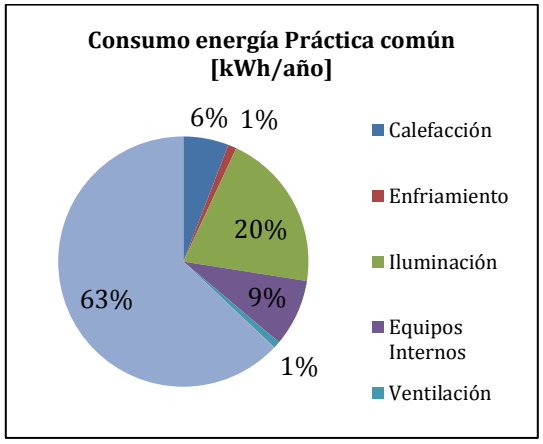


Figura 2 Torta de consumos energéticos para VIP de acuerdo a paquete primario práctica común.

3.1.2. Cálculo de brecha de energía VIP

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica común de vivienda VIP y se divide entre el consumo total de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste, el cual se recomienda usar en el protocolo de implementación que formule la Secretaria de Planeación Distrital. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para vivienda VIP son presentados en la Tabla 12.

Tabla 12. Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común vivienda VIP

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
364221,36	465675,79	127,9%	1,28

Como se observa en la Tabla 10 y en la Tabla 11, al comparar el desempeño energético del paquete primario de la practica tradicional para la tipología VIP con respecto a el apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 resulta ser mas alto el consumo en el paquete primario que en la línea base, lo cual hace que la brecha este por encima de 100%. Revisando la distribución de consumos de la línea base Figura 1 y del paquete primario Figura 2 se observa que este cambio se debe principalmente al comportamiento térmico del edificio, la iluminación y a la forma en la cual se consume el agua caliente.

En cuanto al desempeño térmico, como se puede ver en la Figura 2 el paquete primario de la práctica común presenta un consumo de calefacción que aunque no existe en la realidad de las viviendas tipo VIP, si hace parte de la energía virtual que debe consumirse para que el edificio alcance temperaturas de confort aceptables, este consumo de energía virtual se presenta en gran medida debido a las condiciones de envolvente de este tipo de vivienda pues no existen prácticas de aislamiento en muros o ventanas que mejoren la estabilidad térmica de los edificios, adicionalmente por el hecho de que gran parte del horario de ocupación de esta tipología se presenta en la noche. Por lo anterior se infiere un problema de confort para este tipo de viviendas, debido a temperaturas bajas en la operación real de la tipología.

Se observa también que el edificio del paquete primario de la practica tradicional presenta un consumo de iluminación mas bajo que el de la línea base a pesar de que en los dos casos se usa el mismo tipo de tecnología, lo anterior sugiere que los diseños de la practica común usan menor cantidad de luminarias en comparación con un diseño estándar y esto hace que por lo tanto el consumo sea menor, lo anterior sugiere que posiblemente existan algunos problemas de confort visual y niveles mínimos de iluminación que vale la pena revisar a través de un futuro estudio de iluminación y confort en general, lo cual se sale del alcance del presente estudio.

La carga de equipos internos en los dos edificios (línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 y del paquete primario de la práctica tradicional) es igual pues esta es una carga que normalmente no tiene variaciones dado los equipos conectados a las tomas deben ser siempre los mismos por lo tanto se dejó fija para ambos casos.

En cuanto al consumo de agua caliente, se evidenció durante el desarrollo de los paquetes primarios de la práctica común que en este tipo de edificio los equipos de calentamiento de agua se instalan de forma independiente en cada una de las unidades de vivienda, lo cual hace

que el sistema en conjunto sea menos eficiente con respecto a la línea base en donde se usa un sistema de agua caliente central.

Finalmente, en la Figura 2 se observa que los dos sistemas reales que generan los mayores consumos de los edificios de vivienda VIP hoy en día en Bogotá son la iluminación y el agua caliente, por lo tanto si se quiere buscar ahorros en esta tipología es importante plantear estrategias encaminadas a reducir los consumos de estos sistemas.

3.1.3. Resultados cálculos consumo de agua VIP

En la Tabla 13 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIP, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 13. Consumo de agua para vivienda VIP de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1664.4	$3.175.675,20
Lavamanos	1151,21	$2.196.508,68
Duchas	5270,60	$10.056.304,80
Lavaplatos	2302,42	$4.393.017,36
Total	10388,63	$19.821.506,04

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 10, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIP para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 3.

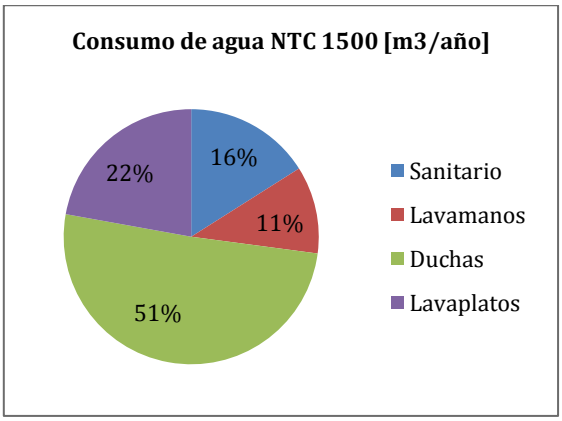


Figura 3. Torta de consumos para VIP por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500.

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para vivienda VIP presentado en la sección 2.1, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Consumo de agua para vivienda VIP de acuerdo a paquete primario práctica común.

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1664,4	$ 3.175.675,20
Lavamanos	1331,52	$ 2.540.540,16
Duchas	5326,08	$ 10.162.160,64
Lavaplatos	2302,42	$ 4.393.017,36
Total	10624,42	$ 20.271.393,36

Con base en los consumos presentados en la Tabla 14, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIP para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 4.

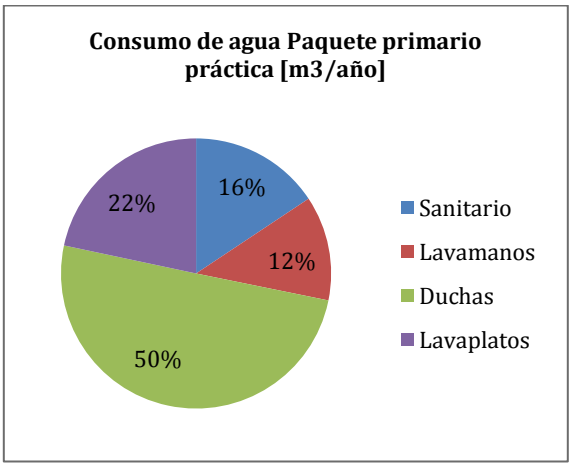


Figura 4 Torta de consumos para VIP por aparato sanitario de acuerdo a práctica común.

3.1.4. Cálculo de brecha de agua VIP

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dada por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda sea utilizado en el protocolo de implementación, ver las recomendaciones en el Capítulo 6. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para vivienda VIP son presentados en la Tabla 15.

Tabla 15. Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en vivienda VIP.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
10388,63	10624,42	102,3%	1,02

Para la tipología VIP, en el paquete primario de práctica común no se observa ninguna mejora tecnológica en aparatos con respecto a la NTC 1500 (tercera actualización). Los caudales de los lavamanos y las duchas superan aquellos de la línea base, provocando un consumo total de agua en la práctica común del 2.3% por encima de la NTC y obteniendo una brecha de 102.3%.

La Figura 3 y la Figura 4 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, la mitad del consumo de agua en esta tipología corresponde a la ducha. Esto significa que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. El lavaplatos corresponde a más del 20% de la torta de consumo, por lo cual constituye también una oportunidad de ahorro importante.

3.2. Brecha para VIS

3.2.1. Resultados modelación energética VIS

La Tabla 16 contiene los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de vivienda VIS utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del Apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 16. Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda VIS de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía linea base [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0	0	0	$ -
Enfriamiento	4518,82	0	4518,82	$ 1.172.769,35
Iluminación	186461,6	0	186461,6	$ 48.392.379,05
Equipos Internos	66953,05	0	66953,05	$ 17.376.325,07
Ventilación	629,35	0	629,35	$ 163.335,21
Bombas	30,86	0	30,86	$ 8.009,10
Agua caliente	0	302719,93	302719,93	$ 34.479.800,03
Total	258593,68	302719,93	561313,61	$ 101.592.617,80

Con base en los consumos presentados en la Tabla 16, se genera una torta en la cual se puede observar como se distribuyen los consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIS para la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se encuentra en la Figura 5.

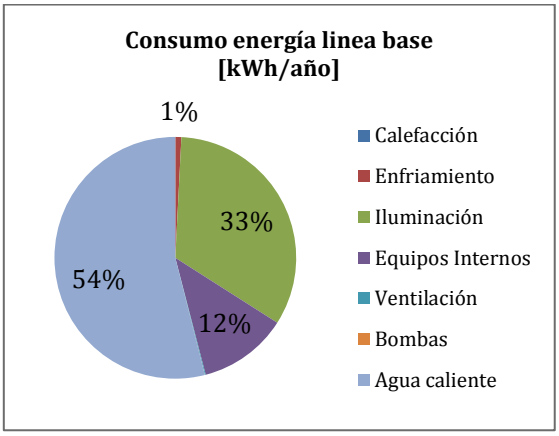


Figura 5 Torta de consumos energéticos para VIS de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016

Usando la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero aplicando todos los parámetros del paquete primario de la practica tradicional para vivienda VIS presentado en la sección 2.2 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda VIS de acuerdo a paquete primario práctica común.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,01	14263,55	14264,56	$ 1.624.880,47
Enfriamiento	719,25	0	719,25	$ 186.666,95
Iluminación	162435,48	0	162435,48	$ 42.156.880,12
Equipos Internos	66953,05	0	66953,05	$ 17.376.325,07
Ventilación	2149,08	0	2149,08	$ 557.750,73
Bombas	124,24	0	124,24	$ 32.244,01
Agua caliente	0	393580,86	393580,86	$ 44.828.859,95
Total	232382,11	407844,41	640226,52	$ 106.763.607,31

Tomando como base los resultados de la Tabla 17 se genera una grafica de distribución de consumos en forma de torta para el paquete primario de la practica común de vivienda VIS la cual se presenta en la Figura 6.

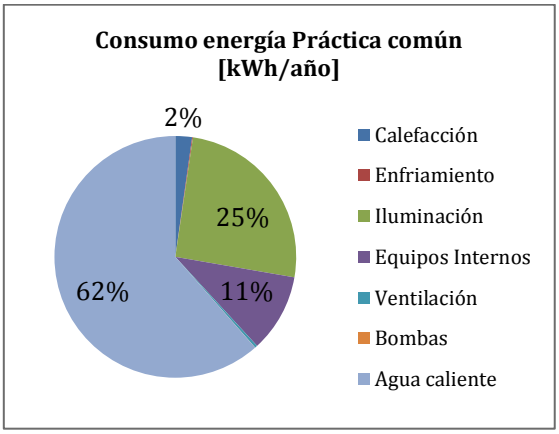


Figura 6 Torta de consumos energéticos para VIS de acuerdo a paquete primario práctica común.

3.2.2. Cálculo de brecha de energía VIS

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica común de vivienda VIS y se divide entre el consumo total de la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar en el protocolo de implementación que sea desarrollado por la Secretaría de Planeación Distrital. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para vivienda VIS son presentados en la Tabla 18.

Tabla 18 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común vivienda VIS

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
561313,61	640226,52	114,1%	1,14

Al comparar el desempeño energético del paquete primario de la practica tradicional para la tipología VIS con respecto al apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 resulta ser mas alto el consumo en el paquete primario que en la línea base tal y como se muestra en la Tabla 16 y en la Tabla 17, lo cual hace que la brecha este por encima de 100%. Revisando la distribución de consumos de la línea base Figura 5 y del paquete primario Figura 6 se observa que este cambio se debe al comportamiento térmico del edificio y a la forma en la cual se consume el agua caliente, lo cual es un comportamiento similar a lo que ocurre con VIP.

En cuanto al desempeño térmico, como se puede ver en la Figura 6 el paquete primario de la práctica común presenta un consumo de calefacción que aunque no existe en la realidad de las viviendas tipo VIS si hace parte de la energía virtual que debe consumirse para que el edificio alcance temperaturas de confort aceptables, este consumo de energía virtual se presenta en gran medida debido a las condiciones de envolvente de este tipo de vivienda pues aunque se usan ventanas con una especificación un poco mejor en comparación con las viviendas tipo VIP, la estabilidad térmica del edificio no se logra el 100% del tiempo debido a que la envolvente aun no presenta condiciones de aislamiento optimas, adicionalmente por el hecho de que gran parte del horario de ocupación de esta tipología se presenta en la noche, lo anterior al igual que en el caso de las viviendas VIP infiere un problema de confort al interior de los espacios.

De igual forma se observa que el edificio del paquete primario de la practica común presenta un consumo de iluminación mas bajo que el de la línea base a pesar de que en los dos casos se usa el mismo tipo de tecnología, por lo cual se infiere que diseños de la practica común usan menor cantidad de luminarias en comparación con un diseño estándar haciendo que el consumo del paquete primario de la practica tradicional sea menor, lo anterior también representa algunos problemas de confort visual y niveles mínimos de iluminación que vale la pena revisar en un estudio futuro.

En cuanto al consumo de agua caliente, se evidenció durante el desarrollo de los paquetes primarios de la práctica común que en este tipo de edificio cada unidad de vivienda cuenta con un equipo independiente de calentamiento de agua haciendo que el sistema en conjunto sea menos eficiente con respecto a la línea base la cual usa un sistema de agua caliente central.

La carga de equipos internos en los dos edificios (línea base y paquete primario de la practica tradicional) es igual por tratarse de una carga fija que no presenta variaciones debido a que los equipos conectados deben ser los mismos.

Finalmente, como se muestra en la Figura 6 los dos sistemas reales que generan los mayores consumos de los edificios de vivienda VIS hoy en día en Bogotá son la iluminación y el agua caliente, lo cual sugiere buscar estrategias de eficiencia energética en estos dos sistemas para así lograr ahorros en esta tipología.

3.2.3. Resultados cálculos consumo de agua VIS

En la Tabla 19 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIP, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 19. Consumo de agua para vivienda VIS de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2435,28	$8.114.352,96
Lavamanos	1684,40	$5.612.427,46
Duchas	7711,72	$25.695.451,04
Lavaplatos	3368,80	$11.224.854,93
Total	15200,21	$50.647.086,39

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 19, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIS para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 7.

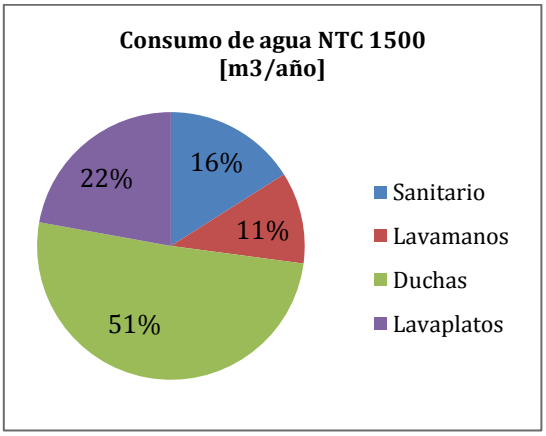


Figura 7 Torta de consumos para VIS por aparato sanitario de acuerdo a NTC 1500

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para vivienda VIS presentado en la sección 2.2, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20 Consumo de agua para vivienda VIS de acuerdo a práctica común

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2110,58	$ 7.032.439,23
Lavamanos	1948,22	$ 6.491.482,37
Duchas	7792,90	$ 25.965.929,47
Lavaplatos	3368,80	$ 11.224.854,93
Total	15220,50	$ 50.714.706,00

Basados en los consumos presentados en la Tabla 20, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIS para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 8.

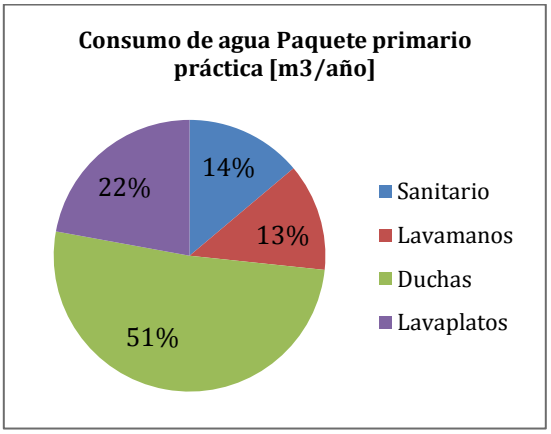


Figura 8 Torta de consumos para VIS por aparato sanitario de acuerdo a práctica común.

3.2.4. Cálculo de brecha de agua VIS

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dada por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que desarrollará la Secretaría de Planeación Distrital. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para vivienda VIS son presentados en la Tabla 21.

Tabla 21 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en vivienda VIS.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
15200,21	15220,50	100,1%	1.00

Para la tipología VIS, en el paquete primario de práctica común se observa una mejora tecnológica en sanitario. Con respecto a los aparatos de flujo, no se observa ninguna mejora tecnológica con respecto a la NTC 1500 (tercera actualización). Los caudales de los lavamanos y las duchas superan aquellos de la línea base, provocando un consumo total de agua en la práctica común del 0.1% por encima de la NTC y obteniendo una brecha de 100.1%.

Similar a lo que ocurre en VIP, la Figura 7 y la Figura 8 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, la mitad del consumo de agua en esta tipología corresponde a la ducha. Esto significa que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. El lavaplatos corresponde a más del 20% de la torta de consumo, por lo cual constituye también una oportunidad de ahorro importante.

3.3. Brecha para Vivienda Estrato 3 y 4

3.3.1. Resultados modelación energética viviendas estrato 3-4

En la Tabla 22 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de vivienda de estrato 3 y 4 utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 22 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda Estrato 3-4 de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía linea base [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0	6,93	6,93	$ 1.070,20
Enfriamiento	396,54	0	396,54	$ 160.689,90
Iluminación	242203,6	0	242203,6	$ 98.148.164,83
Equipos Internos	110408,27	0	110408,27	$ 44.740.743,25
Ventiladores	346,71	0	346,71	$ 140.497,29
Bombas	40,17	0	40,17	$ 16.278,09
Agua caliente	0	393147,31	393147,31	$ 60.713.739,08
Total	353395,29	393154,24	746549,53	$ 203.921.182,65

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 22, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda de estrato 3 y 4 para la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se encuentra en la Figura 9.

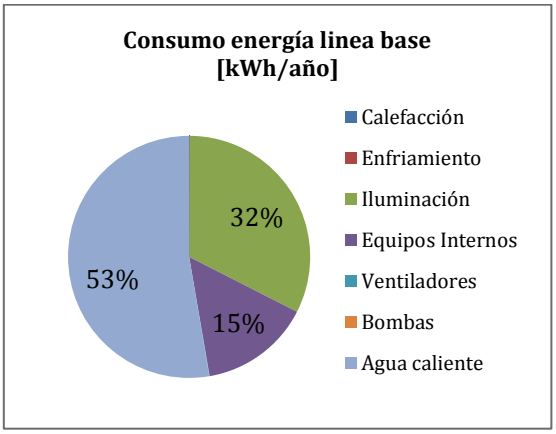


Figura 9 Torta de consumos energéticos para Estrato 3-4 de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario de la practica tradicional para vivienda estrato 3 y 4 presentado en la sección 2.3 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda Estrato 3-4 de acuerdo a paquete primario práctica común.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,37	5804,28	5804,65	$ 896.504,90
Enfriamiento	4060,71	0	4060,71	$ 1.645.521,51
Iluminación	129553,83	0	129553,83	$ 52.499.098,53
Equipos Internos	100018,68	0	100018,68	$ 40.530.569,70
Ventiladores	0	0	0	$ -
Bombas	76,65	0	76,65	$ 31.060,88
Agua caliente	0	511137,79	511137,79	$ 78.935.008,91
Total	233710,24	516942,07	750652,31	$ 174.537.764,43

Con base en los resultados del modelo energético de la línea base tradicional para vivienda VIP se genera la torta de consumos presentada en la Figura 10, la cual presenta la distribución porcentual de los consumos en un año.

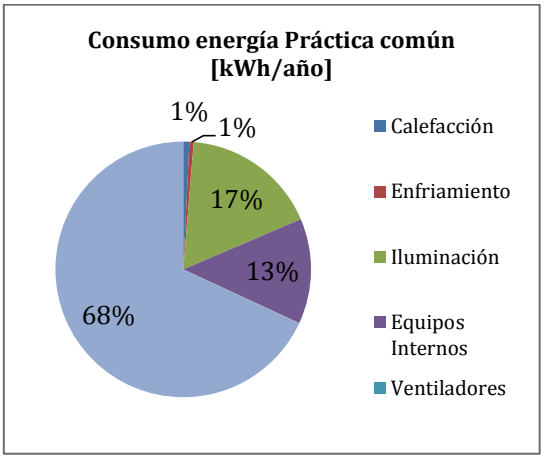


Figura 10 Torta de consumos energéticos para Estrato 3-4 de acuerdo a práctica común

3.3.2. Cálculo de brecha de energía viviendas estrato 3-4

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica común de vivienda de estrato 3 y 4 y se divide entre el consumo total de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda usar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría de Planeación Distrital. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para vivienda de estrato 3 y 4 son presentados en la Tabla 24.

Tabla 24 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común vivienda Estrato 3-4

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
746549,53	750652,31	100,5%	1,005

Como se muestra en la Tabla 22 y en la Tabla 23, al comparar el desempeño energético de la práctica común para vivienda de estrato 3 y 4 con respecto a el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 los consumos resultan muy similares lo cual hace que la brecha sea muy cercana de 100%. Revisando la distribución de consumos de la línea base Figura 9 y del paquete primario de la practica común Figura 10 se observa que existen comportamientos diferentes en los subsistemas de la tipología en la línea base y en la practica común pero que al final resultan en una compensación que hace que el consumo total sea muy cercano entre los dos.

En cuanto al consumo de agua caliente, el desempeño en el paquete primario de la práctica común es peor al de la línea base debido a la configuración del sistema pues en la línea base se usa un sistema central y en la práctica común se usan sistemas independientes para cada unidad de vivienda. En cuanto a la iluminación, se observa que el consumo de la práctica común es más bajo que el de la línea base pues se encontró que la vivienda de estrato 3 y 4 en su gran mayoría se entrega terminada incluyendo iluminación tipo LED lo cual representa una mejora tecnológica.

Por otra parte, el desempeño térmico del proyecto se ve castigado mínimamente por un consumo de energía virtual en calefacción pero que no es tan grande comparado con el de otras tipologías (como VIS y VIP) pues según lo encontrado en el desarrollo de los paquetes primarios los materiales usados en la envolvente de estos proyectos incorporan mas aspectos de aislamiento y sello que favorecen la estabilidad térmica de la vivienda, adicionalmente el consumo de calefacción también se debe a que la carga térmica aportada por la iluminación en este caso es mas baja por tratarse de luminarias LED y al hecho de que gran parte del horario de ocupación de esta tipología se presenta en la noche.

La carga de equipos internos para ambos casos (línea base y paquete primario) es igual pues esta es una carga que normalmente no tiene variaciones dado los equipos conectados a las tomas deben ser siempre los mismos por lo cual se dejó fija para ambos casos.

Lo anterior describe la compensación que se da entre el exceso de consumo en algunos sistemas (por ejemplo el agua caliente) y el ahorro en consumo en otros subsistemas (por ejemplo la iluminación) que al final resultan en un balance con un consumo muy cercano al de la línea base.

Finalmente, en la Figura 10 se observa que existen varios sistemas que tienen porcentajes altos en la distribución de consumos para la realidad de la tipología de estrato 3 y 4 en Bogotá, por lo que lograr ahorros en dichos sistemas representará un impacto considerable en el ahorro global del edificio y por tanto se deben buscar estrategias orientadas hacia dichos sistemas con tal fin, dichos sistemas son el sistema de iluminación y de agua caliente.

3.3.3. Resultados cálculos consumo de agua viviendas estrato 3-4

En la Tabla 25 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda Estrato 3-4, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 25 Consumo de agua para vivienda estratos 3-4 de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2371,77	$11.562.378,75

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Lavamanos	3280,95	$15.994.623,94
Duchas	10014,14	$48.818.932,50
Lavaplatos	3280,95	$15.994.623,94
Total	18947,81	$92.370.559,13

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 25, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda estrato 3-4 para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 11.

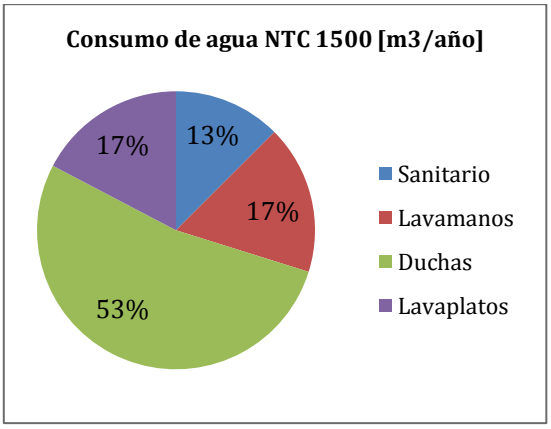


Figura 11 Torta de consumos para estrato 3-4 por aparato sanitario de acuerdo a NTC 1500

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para vivienda estrato 3-4 presentado en la sección 2.3, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26 Consumo de agua para vivienda Estrato 3-4 de acuerdo a práctica común

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2055,53	$ 10.020.728,25
Lavamanos	3280,95	$ 15.994.623,94
Duchas	10119,55	$ 49.332.816,00
Lavaplatos	3280,95	$ 15.994.623,94
Total	18736,98	$ 91.342.792,13

Basándose los consumos presentados en la Tabla 26, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda estrato 3-4 para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 12.

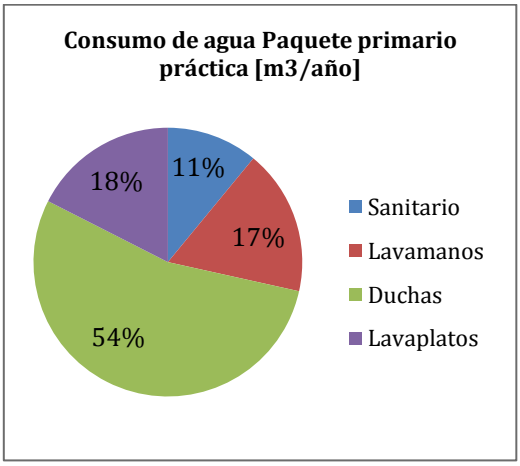


Figura 12 Torta de consumos para estrato 3-4 por aparato sanitario de acuerdo a práctica común.

3.3.4. Cálculo de brecha de agua viviendas estrato 3-4

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dada por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda usar en el protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría de Planeación Distrital. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para vivienda estrato 3-4 son presentados en la Tabla 27.

Tabla 27 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en vivienda Estrato 3-4.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
18947,81	18736,98	98,9%	0,99

Para la tipología Estrato 3-4, en el paquete primario de práctica común se observa una mejora tecnológica en aparatos de descarga ya que se tiene un sanitario de doble descarga. Con respecto a los aparatos de flujo, no se observa ninguna mejora tecnológica con respecto a la NTC 1500 (tercera actualización). El caudal de la ducha supera aquel de la línea base. En total se obtiene un consumo total de agua en la práctica común del 1.1% por debajo de la NTC, obteniendo una brecha de 98.9%.

De manera similar a lo que ocurre con las otras tipologías residenciales, la Figura 11 y la Figura 12 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, más de la mitad

del consumo de agua en esta tipología corresponde a la ducha. Esto significa que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. La reducción de los consumos de lavamanos, lavaplatos y sanitarios son medidas con menor impacto en el ahorro. La brecha obtenida en esta tipología es la misma que la obtenida en Estrato 5-6 debido a que tanto los aparatos establecidos en la NTC 1500 (tercera actualización), como los instalados en la práctica común son los mismos en ambas tipologías de vivienda.

3.4. Brecha para Vivienda Estrato 5 y 6

3.4.1. Resultados modelación energética viviendas estrato 5-6

La Tabla 28 contiene los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de vivienda estrato 5 y 6 utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 28 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda estrato 5-6 de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía linea base [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0	1,69	1,69	$ 304,72
Enfriamiento	1102,95	0	1102,95	$ 575.166,37
Iluminación	240704,5	0	240704,5	$ 125.522.582,66
Equipos Internos	233452,1	0	233452,1	$ 121.740.601,11
Ventiladores	733,13	0	733,13	$ 382.312,63
Bombas	25,66	0	25,66	$ 13.381,18
Agua caliente	0	251609,52	251609,52	$ 45.367.712,55
Total	476018,34	251611,21	727629,55	$ 293.602.061,22

Con base en los consumos presentados en la Tabla 28, se genera una torta en la cual se puede observar como se distribuyen los consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda estrato 5 y 6 para la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se encuentra en la

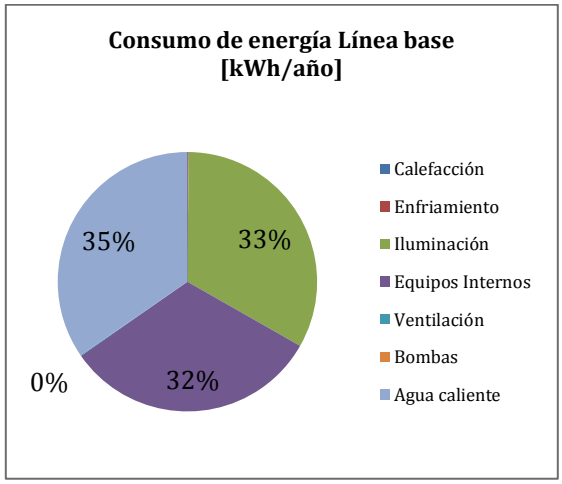


Figura 13 Torta de consumos energéticos para estrato 5-6 de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 2016

Usando la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero aplicando todos los parámetros del paquete primario de la practica tradicional para vivienda estrato 5 y 6 presentado en la sección 2.4 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 29.

Tabla 29 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para vivienda estrato 5-6 de acuerdo a paquete primario práctica común.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,03	436,95	436,98	$ 78.802,10
Enfriamiento	15519,78	0	15519,78	$ 8.093.254,87
Iluminación	161363,38	0	161363,38	$ 84.147.775,40
Equipos Internos	210805,62	0	210805,62	$ 109.930.914,72
Ventiladores	2755,15	0	2755,15	$ 1.436.755,62
Bombas	29,11	0	29,11	$ 15.180,28
Agua caliente	0	251609,5	251609,5	$ 45.367.708,95
Total	390473,07	252046,45	642519,52	$ 249.070.391,94

Tomando como base los resultados de la Tabla 29 se genera una grafica de distribución de consumos en forma de torta para el paquete primario de la práctica común de vivienda estrato 5 y 6 la cual se presenta en la Figura 14.

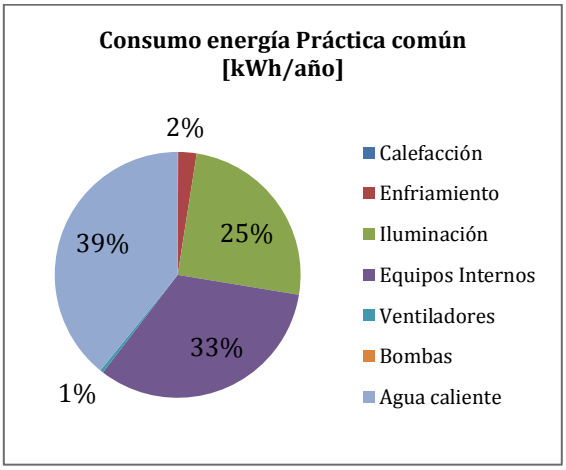


Figura 14 Torta de consumos energéticos para estrato 5-6 de acuerdo paquete primario práctica común

3.4.2. Cálculo de brecha de energía viviendas Estrato 5-6

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica común de vivienda estrato 5 y 6 y se divide entre el consumo total de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda sea utilizado como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para vivienda de estrato 5 y 6 son presentados en la Tabla 30.

Tabla 30 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común vivienda estrato 5-6

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
727629,55	642519,52	88,3%	0,883

Al comparar el desempeño energético de la practica común en vivienda estrato 5 y 6 con respecto a el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, el consumo de la tipología resulta inferior tal como se puede ver en la Tabla 28 y en la Tabla 29 lo cual hace que la brecha sea inferior a 100% y por tanto el desempeño de esta tipología sea mejor que la de la línea base. Lo anterior se debe principalmente a las mejoras tecnológicas que se observaron tanto para el sistema de agua caliente como para el sistema de iluminación en este tipo de edificios.

En cuanto al consumo de agua caliente, el desempeño en el paquete primario de la práctica común es igual al de la línea base debido a la configuración del sistema pues este tipo de viviendas usan sistemas de calentamiento de agua centrales que además son instalados por el constructor.

En cuanto a la iluminación, se observa que el consumo de la práctica común es más bajo que el de la línea base pues se encontró que la vivienda de estrato 5 y 6 incorpora dentro de su diseño el uso de tecnología LED que además es instalada por el constructor.

Por otra parte, el desempeño térmico del proyecto se ve castigado mínimamente por un consumo de energía virtual en calefacción pero que es muy bajo comparado con el de tipologías como VIP y VIS pues según lo encontrado en el desarrollo de los paquetes primarios los materiales usados en la envolvente de estos proyectos incorporan mas aspectos de aislamiento y sello que favorecen la estabilidad térmica de la vivienda, adicionalmente el consumo de calefacción también se debe a que la carga térmica aportada por la iluminación en este caso es mas baja por tratarse de luminarias LED y al hecho de que gran parte del horario de ocupación de esta tipología se presenta en la noche.

En esta al igual que las demás tipologías, la carga de equipos internos en los dos edificios (línea base y paquete primario) es igual y queda fija para ambos casos ya que los equipos conectados alas tomas siempre consumen la misma energía en ambos casos.

Finalmente, como se muestra en la Figura 14 los dos sistemas reales que generan los mayores consumos de los edificios de vivienda estrato 5 y 6 al igual que en todas las demás tipologías residenciales hoy en día en Bogotá son la iluminación y el agua caliente, lo cual sugiere buscar estrategias de eficiencia energética en estos dos sistemas para así lograr ahorros en esta tipología.

3.4.3. Resultados cálculos consumo de agua viviendas estrato 5-6

A continuación se muestran los resultados de consumos para la tipología Vivienda Estrato 5-6 con los aparatos de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) y con los aparatos del paquete primario de prácticas comunes.

En la Tabla 31 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda estrato 5-6, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 31 Consumo de agua para vivienda Estrato 5-6 de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1517,67	$13.159.716,57

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Lavamanos	2099,44	$18.204.274,59
Duchas	6407,94	$55.563.247,74
Lavaplatos	2099,44	$18.204.274,59
Total	12124,50	$105.131.513,49

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 31, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda Estrato 5-6 para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 15.

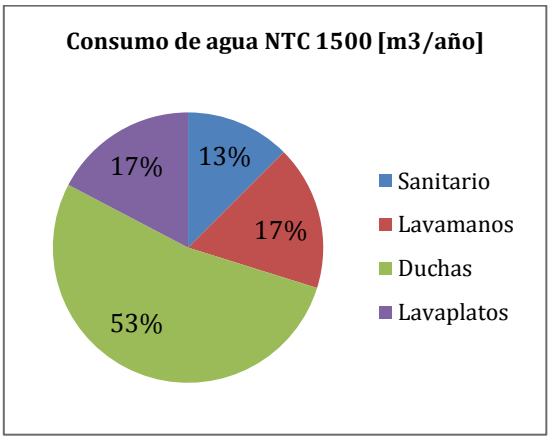


Figura 15 Torta de consumos para Estrato 5-6 por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para vivienda estrato 5-6 presentado en la sección 2.4, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32 Consumo de agua para vivienda estrato 5-6 de acuerdo a práctica común

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1315,31	$ 11.405.087,69
Lavamanos	2099,44	$ 18.204.274,59
Duchas	6475,39	$ 56.148.124,03
Lavaplatos	2099,44	$ 18.204.274,59
Total	11989,59	$ 103.961.760,90

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 32, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda estrato 5-6 para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 16.

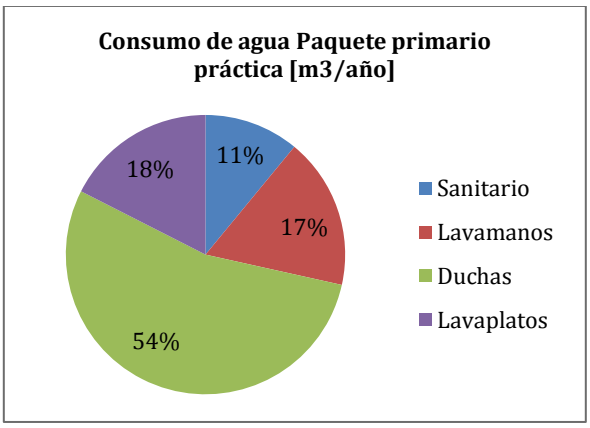


Figura 16 Torta de consumos para estrato 5-6 por aparato sanitario de acuerdo a práctica común.

3.4.4. Cálculo de brecha de agua viviendas estrato 5-6

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dada por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para vivienda estrato 5-6 son presentados en la Tabla 33.

Tabla 33 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en vivienda estrato 5-6.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
12124,50	11989,59	98,9%	0,99

De igual forma a lo que ocurre con vivienda estrato 3 y 4, para la tipología Estrato 5-6, se observa una mejora tecnológica en aparatos de descaga ya que se tiene un sanitario de doble descarga. Con respecto a los aparatos de flujo, no se observa ninguna mejora tecnológica con respecto a la NTC 1500 (tercera actualización). El caudal de la ducha supera aquel de la línea

base. En total se obtiene un consumo total de agua en la práctica común del 1.1% por debajo de la NTC, obteniendo una brecha de 98.9%.

La Figura 15 y la Figura 16 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, más de la mitad del consumo de agua en esta tipología corresponde a la ducha. Esto significa que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. La reducción de los consumos de lavamanos, lavaplatos y sanitarios son medidas con menor impacto en el ahorro. La brecha obtenida en esta tipología es la misma que la obtenida en Estrato 3-4 debido a que tanto los aparatos establecidos en la NTC 1500 (tercera actualización), como los instalados en la práctica común son los mismos en ambas tipologías de vivienda. Esto evidencia que los constructores están especificando aparatos sanitarios para estratos altos (5 y 6) basados en criterios estéticos y no en eficiencia en consumo del recurso.

3.5. Brecha para Oficinas

3.5.1. Resultados modelación energética oficinas

La Tabla 34 contiene los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de oficinas utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del Apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 34 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para oficinas de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,72	19067,68	19069,4	$ 3.165.036,20
Enfriamiento	23031,87	0	23031,87	$ 10.105.923,92
Iluminación	223317,53	0	223317,53	$ 97.987.265,81
Equipos Internos	170021,99	0	170021,99	$ 74.602.248,77
Ventiladores	100665,33	0	100665,33	$ 44.169.933,50
Bombas	15048,03	0	15048,03	$ 6.602.774,60
Rechazo de calor	313,79	0	313,79	$ 137.684,78
Total	532400,26	19067,68	551467,94	$ 236.770.867,58

Con base en los consumos presentados en la Tabla 34, se genera una torta en la cual se puede observar como se distribuyen los consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos de oficinas para la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se encuentra en la Figura 17.

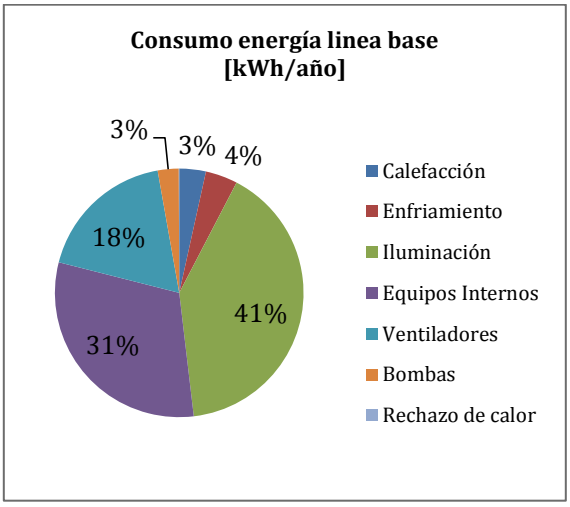


Figura 17 Torta de consumos energéticos para oficinas de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 2016

Usando la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero aplicando todos los parámetros del paquete primario de la práctica tradicional para oficinas presentado en la sección 2.5 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para oficinas de acuerdo a paquete primario práctica común.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,77	19253,49	19255,26	$ 3.195.893,31
Enfriamiento	55269,21	0	55269,21	$ 24.251.023,96
Iluminación	209948,4	0	209948,4	$ 92.121.158,95
Equipos Internos	170021,99	0	170021,99	$ 74.602.248,77
Ventiladores	117140,44	0	117140,44	$ 51.398.882,26
Bombas	40,06	0	40,06	$ 17.577,53
Rechazo de calor	0	0	0	$ -
Total	552421,87	19253,49	571675,36	$ 245.586.784,78

Tomando como base los resultados de la Tabla 35 se genera una grafica de distribución de consumos en forma de torta para el paquete primario de la práctica común de oficinas la cual se presenta en la Figura 18.

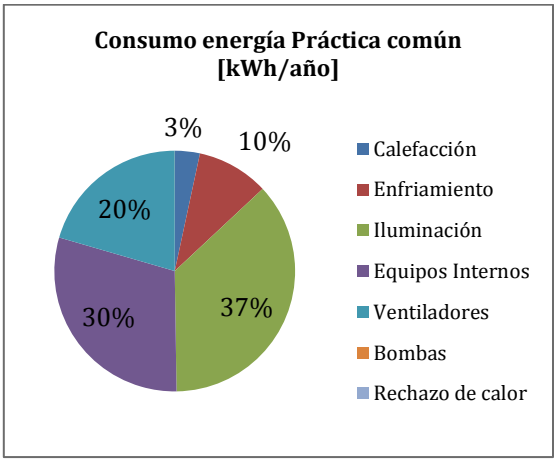


Figura 18 Torta de consumos energéticos para oficinas de acuerdo a paquete primario práctica común

3.5.2. Cálculo de brecha de energía oficinas

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica común de oficinas y se divide entre el consumo total de la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para oficinas son presentados en la Tabla 36.

Tabla 36 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en oficinas.

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
551467,94	571675,36	103,7%	1,037

Como se muestra en Tabla 34 y la Tabla 35, al comparar el desempeño energético del paquete primario de la practica tradicional de oficinas con respecto a el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 el consumo en los dos casos resulta muy similar lo cual hace que la brecha sea muy cercana de 100%. Revisando la distribución de consumos de la línea base (ver Figura 17) y del paquete primario (ver Figura 18) se observa que existen comportamientos diferentes en los subsistemas tanto en la línea base como en la practica común pero que al final resultan en una compensación que hace que el consumo total sea muy cercano entre los dos.

En cuanto al consumo de la iluminación, se observa un mejor desempeño en el paquete primario de la práctica común debido a la mejora tecnológica que se encontró durante el desarrollo de los paquetes primarios, pues en esta tipología ya se implementa el uso de LED.

El desempeño térmico del proyecto muestra un incremento en el consumo de aire acondicionado y ventilación mecánica en el paquete primario, lo anterior debido al tipo de sistema de HVAC que se encontró en la práctica común el cual al ser comparado con el sistema de la línea base resulta ser menos eficiente.

La carga de equipos internos en los dos edificios (línea base y paquete primario) es igual pues esta es una carga que normalmente no tiene variaciones dado los equipos conectados a las tomas deben ser siempre los mismos por lo cual se dejó fija para ambos casos.

Lo anterior describe la compensación que se da entre el exceso de consumo en algunos sistemas (por ejemplo el HVAC) y el ahorro en consumo en otros subsistemas (por ejemplo la iluminación) que al final resultan en un balance con un consumo muy cercano al de la línea base.

Por otra parte, en la Figura 18 se observa que existen varios sistemas que tienen porcentajes altos en la distribución de consumos en la realidad de las oficinas en Bogotá, por lo que buscar estrategias de ahorro en dichos sistemas representará un impacto considerable en el ahorro global del edificio, tal es el caso del sistema de iluminación y de HVAC.

3.5.3. Resultados cálculos consumo de agua oficinas

En la Tabla 37 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología Oficinas, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 37 Consumo de agua para oficinas de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2610	$20.478.060,00
Orinal	826,5	$6.484.719,00
Lavamanos	2707,875	$21.245.987,25
Lavaplatos	451,3125	$3.540.997,88
Total	6595,6875	$51.749.764,13

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 37, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para oficinas para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 19.

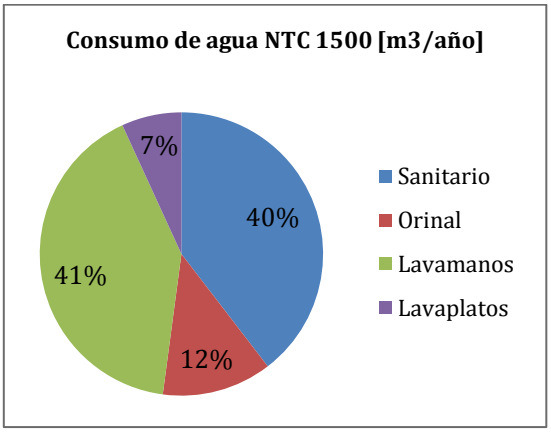


Figura 19 Torta de consumos para oficinas por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para oficinas presentado en la sección 2.5, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38 Consumo de agua para oficinas de acuerdo a práctica común

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2088	$ 16.382.448,00
Orinal	413,25	$ 3.242.359,50
Lavamanos	3132	$ 24.573.672,00
Lavaplatos	451.31	$ 3.540.997,88
Total	6084.56	$ 47.739.477,38

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 38, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para oficinas para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 20.

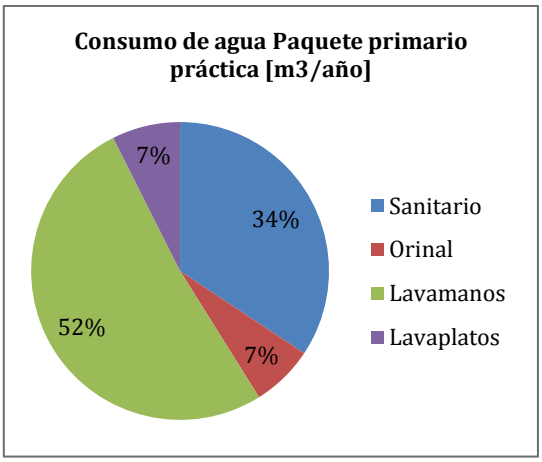


Figura 20 Torta de consumos para oficinas por aparato sanitario de acuerdo a práctica común.

3.5.4. Cálculo de brecha de agua oficinas

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dada por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda sea utilizado como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para oficinas son presentados en la Tabla 39.

Tabla 39 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en oficinas.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
6595,68	6084.56	92,3%	0,92

Para la tipología de oficina, en el paquete primario de práctica común se observa una mejora tecnológica en aparatos y se tiene un sanitario de fluxómetro y un orinal de fluxómetro de menor consumo que en la NTC 1500 (tercera actualización), lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 7.7%, obteniendo una brecha de 92.3%. Esta tipología no contempla como practica común la instalación de duchas.

La Figura 19 y la Figura 20 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, casi la mitad del consumo de agua en esta tipología corresponde al lavamanos. Esto significa

que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. El sanitario corresponde a más del 30% de la torta de consumo, por lo cual constituye también una oportunidad de ahorro importante.

3.6. Brecha para Centros Comerciales

3.6.1. Resultados modelación energética centros comerciales

En la Tabla 40 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de centro comercial utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del Apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 40 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para centros comerciales de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,68	21875,87	21876,55	$ 3.630.536,95
Enfriamiento	180635,08	0	180635,08	$ 62.776.109,35
Iluminación	1864501,12	0	1864501,12	$ 647.970.074,23
Equipos Internos	261657,29	0	261657,29	$ 90.933.757,99
Ventiladores	195777,83	0	195777,83	$ 68.038.669,26
Bombas	286939,71	0	286939,71	$ 99.720.157,42
Rechazo de calor	1792,63	0	1792,63	$ 622.992,70
Total	2791304,34	21875,87	2813180,21	$ 973.692.297,91

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 40, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para centro comercial para la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se encuentra en la Figura 21.

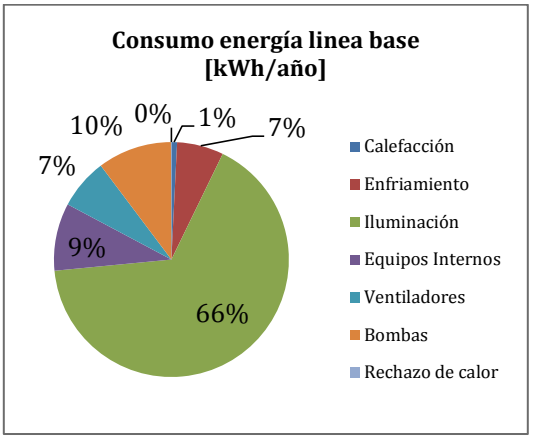


Figura 21 Torta de consumos energéticos para centros comerciales de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario de la práctica tradicional para centro comercial presentado en la sección 2.6 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 41.

Tabla 41 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para centros comerciales de acuerdo a paquete primario práctica común.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,59	24900,22	24900,81	$ 4.132.397
Enfriamiento	182731,5	0	182731,5	$ 63.504.678
Iluminación	1433266,71	0	1433266,71	$ 498.103.180
Equipos Internos	261657,29	0	261657,29	$ 90.933.758
Ventiladores	34524,34	0	34524,34	$ 11.998.244
Bombas	121,96	0	121,96	$ 42.385
Total	1912302,39	24900,22	1937202,61	$ 668.714.641

Con base en los resultados del modelo energético del paquete primario tradicional para centro comercial se genera la torta de consumos presentada en la Figura 22, la cual presenta la distribución porcentual de los consumos en un año.

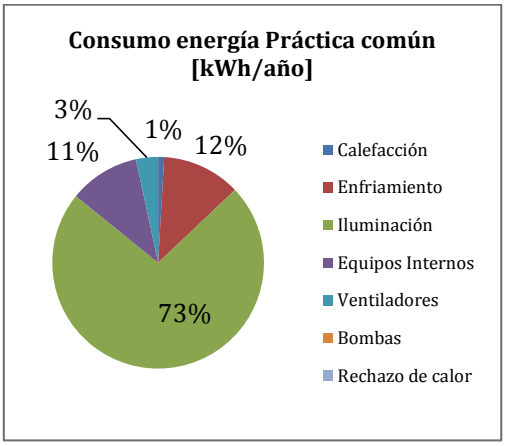


Figura 22 Torta de consumos energéticos para centros comerciales de acuerdo a paquete primario práctica común.

3.6.2. Cálculo de brecha de energía centros comerciales

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica tradicional de centro comercial y se divide entre el consumo total de la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para centros comerciales son presentados en la Tabla 42.

Tabla 42 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en centros comerciales.

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
2813180,21	2423168,11	86,1%	0,86

De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 40 y en la Tabla 41, al comparar el desempeño energético de la practica común de centros comerciales con respecto a el apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, el consumo de la practica común para la tipología resulta inferior lo cual hace que la brecha sea inferior a 100% y por tanto el desempeño de esta tipología sea mejor que la de la línea base. Lo anterior se debe principalmente a las mejoras tecnológicas que se encontraron en el sistema de iluminación del paquete primario de la práctica tradicional.

En cuanto a la iluminación, se observa que el consumo de la práctica común es mas bajo que el de la línea base debido a la mejora tecnológica encontrada en el desarrollo de los paquetes

primarios, pues los edificios de esta tipología actualmente incluyen el uso de LED y controles de iluminación para zonas de servicio y parqueaderos.

El desempeño térmico del proyecto muestra un incremento en el consumo de aire acondicionado y ventilación mecánica en el paquete primario, lo anterior debido al tipo de sistema de HVAC que se encontró en la práctica común el cual al ser comparado con el sistema de la línea base resulta ser menos eficiente.

La carga de equipos internos en los dos edificios (línea base y paquete primario) es igual pues esta es una carga que normalmente no tiene variaciones dado los equipos conectados a las tomas deben ser siempre los mismos por lo cual se dejó fija para ambos casos.

Al realizar el balance entre los cambios mencionados anteriormente para los sistemas de iluminación y HVAC, el desempeño del edificio resulta mejor que el de la línea base debido a la gran porción que tiene la iluminación en la distribución de consumos (ver Figura 22) lo que hace que los ahorros alcanzados en este sistema impacten considerablemente en el ahorro global del edificio.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el sistema con más potencial de ahorro en un centro comercial en Bogotá actualmente es el de iluminación debido al porcentaje que tiene en la torta de consumos, otro sistema con alto potencial de ahorro es el de HVAC.

3.6.3. Resultados cálculos consumo de agua centros comerciales

En la Tabla 43 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de centros comerciales, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 43 Consumo de agua para centros comerciales de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	4835,85	$37.942.067,33
Orinal	1260,85	$9.892.647,54
Lavamanos	4721,78	$37.047.075,68
Lavaplatos	393,08	$3.084.087,05
Total	11211,56	$87.965.877,60

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 43, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para centros comerciales para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 23.

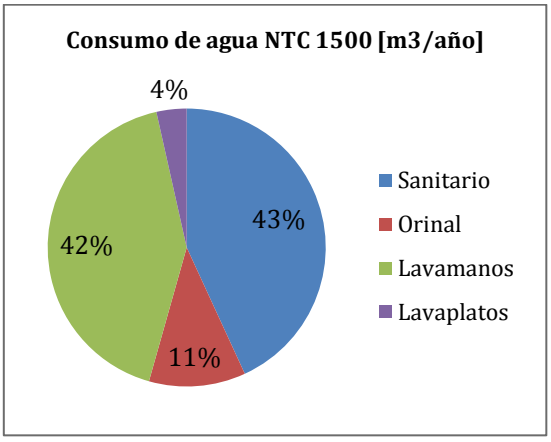


Figura 23 Torta de consumos para centros comerciales por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para centros comerciales presentado en la sección 2.6, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 44.

Tabla 44 Consumo de agua para centros comerciales de acuerdo a práctica común

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	3868,68	$ 30.353.653,86
Orinal	630,43	$ 4.946.323,77
Lavamanos	4721,78	$ 37.047.075,68
Lavaplatos	393,08	$ 3.084.087,05
Total	9613,96	$ 75.431.140,36

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 44, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para centros comerciales para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 24.

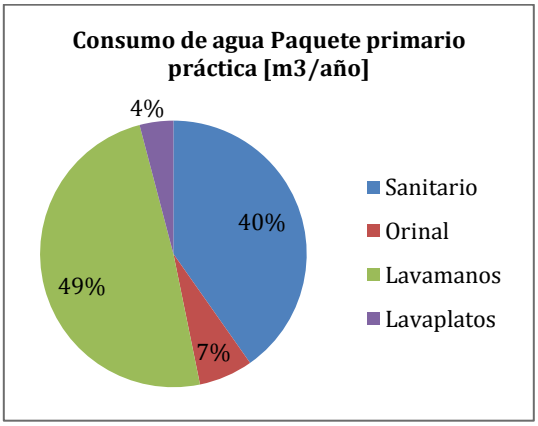


Figura 24 Torta de consumos para centros comerciales por aparato sanitario de acuerdo a práctica común.

3.6.4. Cálculo de brecha de agua centros comerciales

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dada por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para centros comerciales son presentados en la Tabla 45.

Tabla 45 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en centros comerciales.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
11211,56	9613,96	85,8%	0,86

Para la tipología centro comercial, en el paquete primario de práctica común se observa una mejora tecnológica en aparatos y se tiene un sanitario con fluxómetro y un orinal con fluxómetro con menor consumo que en la NTC 1500 (tercera actualización), lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 10.17%, obteniendo una brecha de 86%. Esta tipología no contempla como practica común la instalación de duchas.

La Figura 23 y la Figura 24 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, casi la mitad del consumo de agua en esta tipología corresponde al lavamanos. Esto significa que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. El sanitario corresponde

al 40% de la torta de consumo, por lo cual constituye también una oportunidad de ahorro importante. En cuanto al orinal, se observa que su participación en la torta de consumos no es tan grande como se esperaba. Esto se debe a que la cantidad de usos diarios es baja comparada con los sanitarios, ya que se espera que solo uno de cada 10 clientes use el orinal.

3.7. Brecha para Hoteles

3.7.1. Resultados modelación energética hoteles

La Tabla 46 contiene los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología hoteles utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del Apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 46 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para hoteles de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,28	9768,09	9769,37	$ 1.621.576
Enfriamiento	3793,87	0	3793,87	$ 1.664.371
Iluminación	367640,07	0	367640,07	$ 161.283.699
Equipos Internos	90451,54	0	90451,54	$ 39.681.091
Ventiladores	105228,98	0	105228,98	$ 46.163.954
Bombas	26,86	0	26,86	$ 11.783
Agua Caliente	0	166349,95	166349,95	$ 27.605.774
Total	567142,6	176118,04	743260,64	$ 278.032.247

Con base en los consumos presentados en la Tabla 46, se genera una torta en la cual se puede observar como se distribuyen los consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos de hoteles para la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se encuentra en la Figura 25.

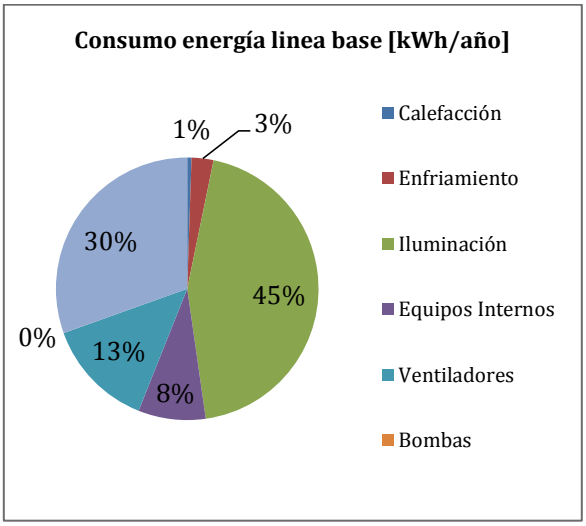


Figura 25 Torta de consumos energéticos para hoteles de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016

Usando la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero aplicando todos los parámetros del paquete primario de la practica tradicional para hoteles presentado en la sección 2.7 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 47.

Tabla 47 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para hoteles de acuerdo a paquete primario práctica común.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	4352,3	958,36	5310,66	$ 2.068.394
Enfriamiento	6464,33	0	6464,33	$ 2.835.902
Iluminación	358758,78	0	358758,78	$ 157.387.477
Equipos Internos	90451,54	0	90451,54	$ 39.681.091
Ventiladores	59725,43	0	59725,43	$ 26.201.546
Bombas	17,9	0	17,9	$ 7.853
Agua Caliente	0	166349,95	166349,95	$ 27.605.774
Total	519770,28	167308,31	687078,59	$ 255.788.036

Tomando como base los resultados de la Tabla 47 se genera una grafica de distribución de consumos en forma de torta para el paquete primario de la práctica común de hoteles la cual se presenta en la Figura 26.

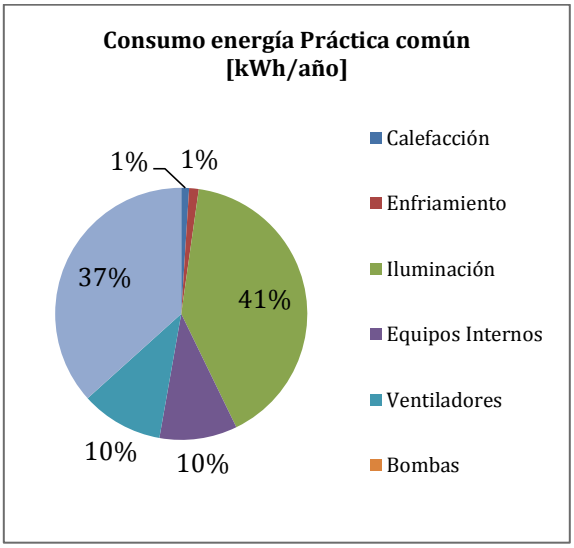


Figura 26 Torta de consumos energéticos para hoteles de acuerdo a paquete primario práctica común.

3.7.2. Cálculo de brecha de energía hoteles

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica común de hoteles y se divide entre el consumo total de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda usar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para hoteles son presentados en la Tabla 48.

Tabla 48 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en hoteles.

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
1090744,36	906283,3	83,1%	0,83

Al comparar el desempeño energético de la practica común del hotel con respecto a el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, el consumo del paquete primario de la práctica tradicional de la tipología resulta inferior como se aprecia en la Tabla 46 y en la Tabla 47 lo cual hace que la brecha este por debajo de 100% y por tanto el desempeño de esta tipología sea mejor que la de la línea base. Lo anterior se debe principalmente a las mejoras tecnológicas que se encontraron en el sistema de HVAC y de iluminación del paquete primario de la práctica tradicional.

En cuanto a la iluminación, según la Figura 26 se observa que el consumo de la práctica común es mas bajo que el de la línea base debido al uso de mejor tecnología, pues los edificios de esta tipología actualmente incluyen el uso de LED y controles de iluminación por ocupación.

Debido a que el sistema de HVAC que usa el paquete primario cuenta con una eficiencia mejor al de la línea base, el consumo de aire acondicionado y ventilación mecánica disminuye en el paquete primario. Sin embargo, se presenta un aumento en el consumo de calefacción debido a que a pesar de que la envolvente usada en los edificios de la práctica tradicional ya incorpora elementos de aislamiento, esta resulta un poco menos robusta al compararse con la línea base y el edificio presenta zonas de operación 24 horas.

En cuanto al consumo de agua caliente, el desempeño en el paquete primario de la práctica común es igual al de la línea base debido a la configuración del sistema pues según lo encontrado durante el desarrollo de los paquetes primarios, los hoteles usan sistemas de calentamiento de agua centrales lo cual es equivalente a lo usado en la línea base.

La carga de equipos internos en los dos edificios (línea base y paquete primario) es igual pues esta es una carga que normalmente no tiene variaciones dado los equipos conectados a las tomas deben ser siempre los mismos por lo cual se dejó fija para ambos casos.

Con todo lo anterior, se observa que a pesar que existen algunos excesos de consumo (por ejemplo en calefacción) el balance es positivo pues en los demás sistemas se tienen comportamientos iguales (agua caliente) o mejores (Aire acondicionado, ventilación mecánica e iluminación) en comparación con la línea base.

En línea con lo explicado anteriormente, los sistemas con mayor potencial de ahorro en la tipología de hoteles en Bogotá son el sistema de agua caliente, el sistema de calefacción aire acondicionado y ventilación mecánica y el sistema de iluminación.

3.7.3. Resultados cálculos consumo de agua hoteles

En la Tabla 49 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de hoteles, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 49 Consumo de agua para hoteles de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1513,29	$ 11.873.273,34
Orinal	31,90	$ 250.295,25
Lavamanos	2058,55	$ 16.151.346,03
Ducha	5964,10	$ 46.794.328,60
Lavaplatos	668,76	$ 5.247.107,63

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Total	10236,60	$ 80.316.350,85

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 49, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para hotel para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 27.

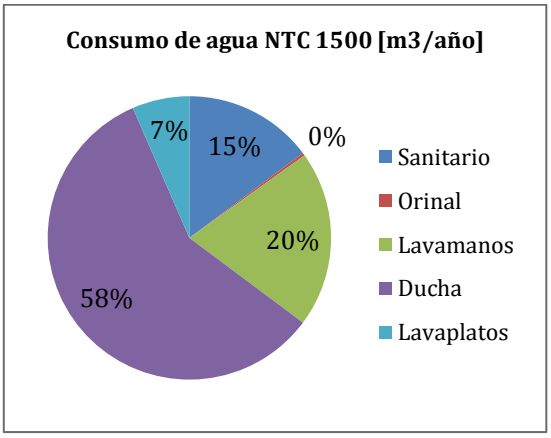


Figura 27 Torta de consumos para hoteles por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para hoteles presentado en la sección 2.7, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 50.

Tabla 50 Consumo de agua para hoteles de acuerdo a práctica común

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1311,52	$ 10.290.170,23
Orinal	15,95	$ 125.147,62
Lavamanos	2058,55	$ 16.151.346,03
Ducha	5210,74	$ 40.883.466,04
Lavaplatos	668,76	$ 5.247.107,63
Total	9265,52	$ 72.697.237,56

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 50, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje

durante un año de operación. La torta de consumos para hoteles para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 28.

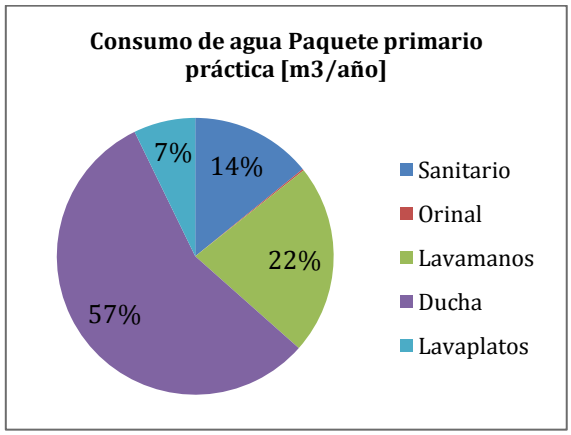


Figura 28 Torta de consumos para hoteles por aparato sanitario de acuerdo a práctica común.

3.7.4. Cálculo de brecha de agua hoteles

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dado por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para hoteles son presentados en la Tabla 51.

Tabla 51 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en hoteles.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
10236,60	9265,52	90,5%	0,91

Para la tipología hotel, en el paquete primario de práctica común se observa una mejora tecnológica en aparatos y se tiene un sanitario de doble descarga y un orinal ahorrador de menor consumo que en la NTC 1500 (tercera actualización), lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 9.5%, obteniendo una brecha de 90.5%.

La Figura 27 y la Figura 28 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, más de la mitad del consumo de agua en esta tipología corresponde a la ducha. Esto significa

que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. El lavamanos corresponde al 20% de la torta de consumo, por lo cual constituye también una oportunidad de ahorro importante. El consumo del orinal es despreciable en esta tipología debido a que únicamente es utilizado por los funcionarios del hotel, cuya población es muy baja respecto a la ocupación total.

3.8. Brecha para colegios

3.8.1. Resultados modelación energética colegios

En la Tabla 52 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de colegios utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del Apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 52 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para colegios de acuerdo a línea base del Apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	2,01	29379,76	29381,77	$ 4.876.152
Enfriamiento	25333,21	0	25333,21	$ 7.318.258
Iluminación	343258,06	0	343258,06	$ 99.160.388
Equipos Internos	136701,35	0	136701,35	$ 39.490.286
Ventiladores	40005,65	0	40005,65	$ 11.556.832
Bombas	156,46	0	156,46	$ 45.198
Total	545456,74	29379,76	574836,5	$ 162.447.114

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 52, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para centro comercial para la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se encuentra en la Figura 29.

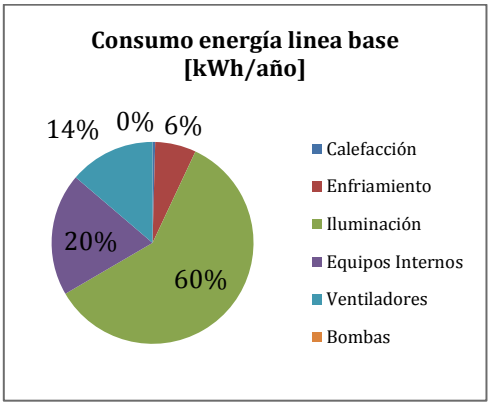


Figura 29 Torta de consumos energéticos para colegios de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario de la practica tradicional de colegios presentado en la sección 2.8 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 53.

Tabla 53 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para colegios de acuerdo a paquete primario práctica común.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,1	16371,86	16372,96	$ 2.717.228
Enfriamiento	14212,08	0	14212,08	$ 4.105.586
Iluminación	343258,06	0	343258,06	$ 99.160.388
Equipos Internos	136701,35	0	136701,35	$ 39.490.286
Ventiladores	25400,92	0	25400,92	$ 7.337.818
Bombas	86,68	0	86,68	$ 25.040
Total	519660,19	16371,86	536032,05	$ 152.836.346

Con base en los resultados del modelo energético del paquete primario tradicional para centro comercial se genera la torta de consumos presentada en la Figura 22, la cual presenta la distribución porcentual de los consumos en un año.

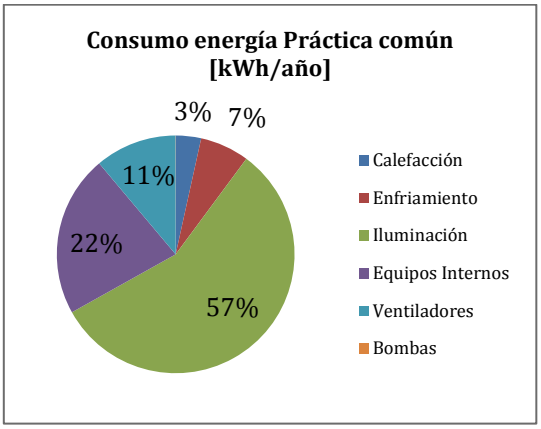


Figura 30 Torta de consumos energéticos para colegios de acuerdo a paquete primario práctica común.

3.8.2. Cálculo de brecha de energía colegios

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica tradicional de colegios y se divide entre el consumo total de la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda sea utilizado como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para colegios son presentados en la Tabla 54.

Tabla 54 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en colegios.

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
695762,51	622050,55	89,4%	0,894

Al comparar el desempeño energético del paquete primario de la practica tradicional del colegio con respecto a el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, el consumo del paquete primario resulta inferior (como se puede ver en la Tabla 52 y en la Tabla 53) lo cual hace que la brecha este por debajo de 100% y por tanto el desempeño de esta tipología sea mejor que la de la línea base. Lo anterior se debe principalmente a las mejoras tecnológicas en iluminación del paquete primario de la práctica tradicional.

En cuanto a la iluminación, de acuerdo con la Figura 30 se observa que el consumo de la práctica común es mas bajo que el de la línea base debido al uso de mejor tecnología, pues los edificios de esta tipología actualmente incluyen el uso de LED.

Por otra parte, el desempeño térmico del proyecto se ve castigado mínimamente por un consumo de energía virtual en calefacción debido a que la envolvente de este tipo de edificios no cuenta con practicas de aislamiento necesarias para mantener estabilidad térmica al interior de los espacios, adicionalmente el consumo de calefacción también se debe a que la carga térmica aportada por la iluminación en este caso es mas baja por tratarse de luminarias LED. Asimismo, esta envolvente también ayuda a que el consumo de energía virtual por aire acondicionado disminuya pero con la consecuencia de bajar mucho las temperaturas en algunos casos hasta necesitar calefacción como fue explicado anteriormente.

La carga de equipos internos en los dos edificios (línea base y paquete primario) es igual pues esta es una carga que normalmente no tiene variaciones dado los equipos conectados a las tomas deben ser siempre los mismos por lo cual se dejó fija para ambos casos.

Al realizar el balance entre los excesos de consumo en algunos sistemas y los ahorros en otros, el balance resulta positivo teniendo en cuenta que al igual que ha pasado en otras tipologías (por ejemplo el centro comercial), el peso que tiene la iluminación en la torta energética es mas alto que el de los sistemas, haciendo que las mejoras que se presenten el mismo, tengan un impacto considerable en el ahorro global del edificio.

Finalmente, como se muestra en la Figura 30 el sistema reales que genera los mayores consumos de los edificios de colegios actualmente en Bogotá es la iluminación, lo cual sugiere buscar estrategias de eficiencia energética en este sistema para así lograr ahorros en esta tipología.

3.8.3. Resultados cálculos consumo de agua colegios

En la Tabla 55 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de colegios, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 55 Consumo de agua para colegios de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	15101,64	$ 78.996.678,84
Orinal	4782,19	$ 25.015.614,97
Lavamanos	15667,95	$ 81.959.054,30
Lavaplatos	2611,33	$ 13.659.842,38
Total	38163,10	$ 199.631.190,49

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 55, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para colegios para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 31.

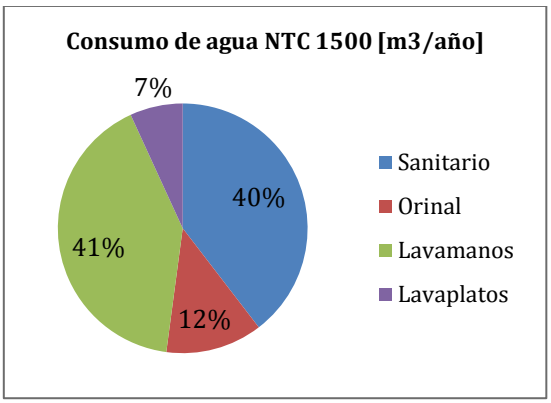


Figura 31 Torta de consumos para colegios por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para colegios presentado en la sección 2.8, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 56.

Tabla 56 Consumo de agua para colegios de acuerdo a práctica común

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	12081,31	$ 63.197.343,07
Orinal	2391,09	$ 12.507.807,48
Lavamanos	15667,95	$ 81.959.054,30
Lavaplatos	2611,33	$ 13.659.842,38
Total	32751,68	$ 171.324.047,23

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 56, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para colegios para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 32.

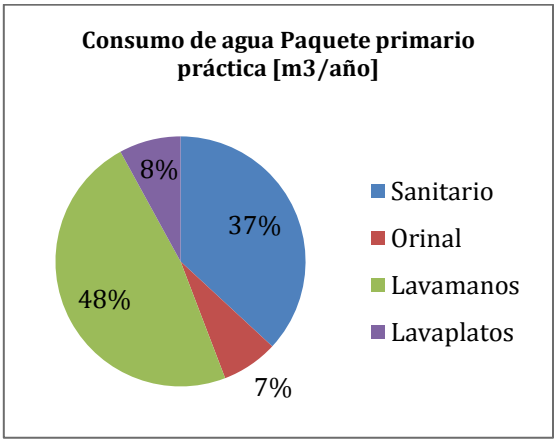


Figura 32 Torta de consumos para colegios por aparato sanitario de acuerdo a práctica común

3.8.4. Cálculo de brecha de agua colegios

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dada por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para colegios son presentados en la Tabla 57.

Tabla 57 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en colegios.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
38163,10	32751,68	85,8%	0,86

Para la tipología colegios, en el paquete primario de práctica común se observa una mejora tecnológica en aparatos y se tiene un sanitario de fluxómetro y un orinal de fluxómetro de menor consumo que en la NTC 1500 (tercera actualización), lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 14.18%, obteniendo una brecha de 85.8%. Esta tipología no contempla la instalación de duchas como practica común.

La Figura 31 y la Figura 32 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, más del 40% del consumo de agua en esta tipología corresponde al lavamanos. Esto significa que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. El sanitario corresponde

a más del 35% de la torta de consumo, por lo cual constituye también una oportunidad de ahorro importante.

3.9. Brecha para hospitales

3.9.1. Resultados modelación energética hospitales

En la Tabla 58 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología hospitales utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros de la línea base del apéndice G de ASHRAE 90.1 2016.

Tabla 58 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para hospitales de acuerdo a línea base del apéndice G ASHRAE 90.1 de 2016.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	57,82	297010,69	297068,51	$ 49.314.294
Enfriamiento	114277,07	0	114277,07	$ 50.142.493
Iluminación	891284,12	0	891284,12	$ 391.077.646
Equipos Internos	899318,01	0	899318,01	$ 394.602.756
Ventiladores	228044,97	0	228044,97	$ 100.061.572
Bombas	692,32	0	692,32	$ 303.776
Agua caliente	0	141665,61	141665,61	$ 23.509.408
Total	2133674,31	438676,3	2572350,61	$ 985.502.538

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 58, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos de hospital para la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se encuentra en la Figura 33.

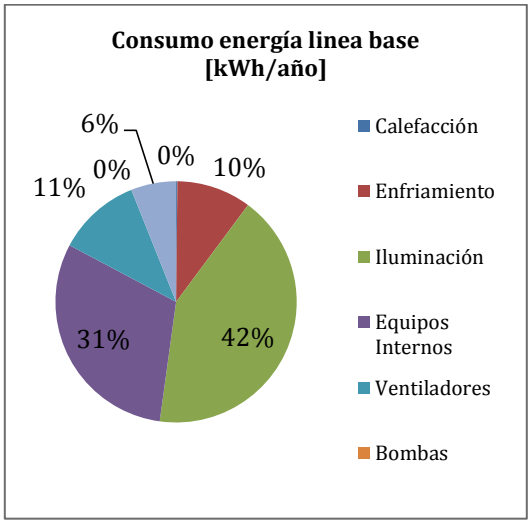


Figura 33 Torta de consumos energéticos para hospitales de acuerdo a línea base ASHRAE 90.1 2016

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario de la practica tradicional para hospitales presentados en la sección 2.9 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 59.

Tabla 59 Consumos de electricidad y gas natural por usos finales de energía para hospitales de acuerdo a paquete primario práctica común.

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	25,22	226194,7	226219,92	$ 37.548.076
Enfriamiento	182139,75	0	182139,75	$ 79.919.280
Iluminación	785862,12	0	785862,12	$ 344.820.581
Equipos Internos	839318,01	0	839318,01	$ 368.275.956
Ventiladores	245532,04	0	245532,04	$ 107.734.549
Bombas	9001,74	0	9001,74	$ 3.949.783
Agua caliente	0	103685,15	103685,15	$ 17.206.551
Total	2061878,88	329879,85	2391758,73	$ 959.454.776

Con base en los resultados del modelo energético del paquete primario tradicional para hospitales se genera la torta de consumos presentada en la Figura 34, la cual presenta la distribución porcentual de los consumos en un año.

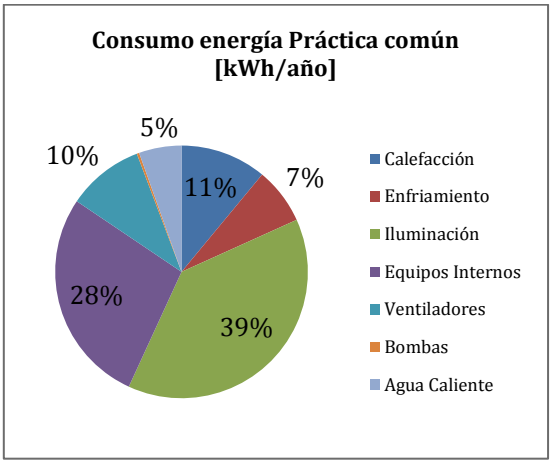


Figura 34 Torta de consumos energéticos para hospitales de acuerdo a paquete primario práctica común.

3.9.2. Cálculo de brecha de energía hospitales

Para el cálculo de la brecha de energía se toma el resultado de consumo total del paquete primario de la práctica tradicional de hospitales y se divide entre el consumo total de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 para la misma tipología. El porcentaje resultante de la de la brecha se transforma en un factor de ajuste el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para hospitales son presentados en la Tabla 60.

Tabla 60 Brecha y factor de ajuste entre desempeño energético de línea base y paquete primario práctica común en hospitales.

Consumo energía línea base [kWh/año]	Consumo energía Práctica común [kWh/año]	Brecha	Factor de ajuste
2743655,51	3042340,19	110,9%	1,11

De acuerdo con lo presentado en la Tabla 58 y la Tabla 59, al comparar el desempeño energético del paquete primario de la practica común de hospitales con respecto al Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 el consumo del paquete primario es un poco mas alto lo cual hace que la brecha sea mayor a 100%. Revisando la distribución de consumos de la línea base Figura 33 y del paquete primario Figura 34, se observa que aunque en general existen cambios entre los diferentes sistemas entre la línea base y el paquete primario, el sistema que penaliza el desempeño del paquete primario es la calefacción.

En cuanto al consumo de la iluminación, se observa un mejor desempeño en el paquete primario de la práctica común debido a la mejora tecnológica que se encontró durante el desarrollo de los paquetes primarios, pues en esta tipología actualmente se implementa el uso de LED.

El desempeño térmico del edificio se ve castigado por un consumo adicional de calefacción debido a que las practicas actuales no incluyen aislamientos en envolvente necesarios para mantener las temperaturas de confort, adicionalmente teniendo en cuenta que existen zonas del edificio que tienen operación 24 horas y que por tanto durante operación están expuestas a las condiciones climáticas nocturnas.

En cuanto al consumo de agua caliente, el desempeño en el paquete primario de la práctica común es igual al de la línea base debido a la configuración del sistema pues según lo encontrado durante el desarrollo de los paquetes primarios, los hospitales usan sistemas de calentamiento de agua centrales lo cual es equivalente a lo usado en la línea base.

La carga de equipos internos en los dos edificios (línea base y paquete primario) es igual pues esta es una carga que normalmente no tiene variaciones dado los equipos conectados a las tomas deben ser siempre los mismos por lo cual se dejó fija para ambos casos.

El resultado del balance de lo anterior en donde el agua caliente del paquete primario consume igual a la línea base, la iluminación un poco menos, el aire acondicionado y la ventilación consumen un poco menos y la calefacción consume un 30% mas, es que el edificio consuma mas que la línea base en un 8% pues lo que se gana por ahorro en todos los sistemas se pierde por el exceso de consumo de la calefacción.

Por otra parte, en la Figura 34 se observa que existen varios sistemas que tienen porcentajes altos en la distribución de consumos en la actualidad de Bogotá para hospitales, por lo que lograr ahorros en dichos sistemas representa un impacto considerable en el ahorro global del edificio, tal es el caso del sistema de iluminación y de HVAC, razón por la cual es recomendable implementar estrategias encaminadas a ahorrar energía en dichos sistemas.

3.9.3. Resultados cálculos consumo de agua hospitales

En la Tabla 61 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología hospitales, utilizando los parámetros de uso de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los caudales de los aparatos sanitarios de la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización).

Tabla 61 Consumo de agua para hospitales de acuerdo a NTC1500

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	6067,84	$ 31.740.894,98
Orinal	1763,90	$ 9.226.986,87

Aparato sanitario	Consumo NTC 1500 [m3/año]	Consumo [COP]
Lavamanos	6804,93	$35.596.605,71
Ducha	4161,00	$21.766.191,00
Lavaplatos	1080,16	$5.650.309,05
Total	19877,84	$103.980.987,61

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 61, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para Hospitales para la línea base de la NTC 1500 (tercera actualización) se encuentra en la Figura 35.

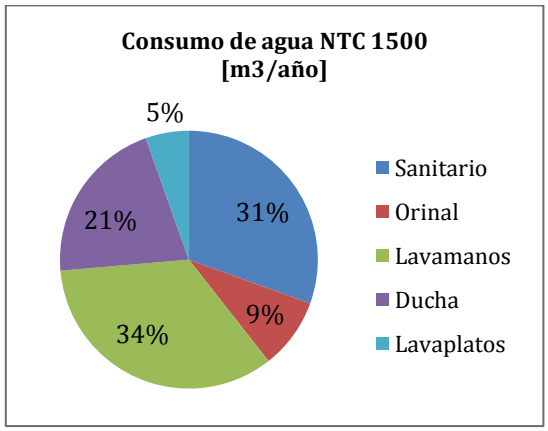


Figura 35 Torta de consumos para hospitales por aparato sanitario de acuerdo a NTC1500

Siguiendo la misma metodología, pero utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete primario de la práctica tradicional para hospitales presentado en la sección 2.9, se generan los resultados que se presentan en la Tabla 62.

Tabla 62 Consumo de agua para hospitales de acuerdo a práctica común

Aparato sanitario	Consumo Práctica común [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	4854,28	$ 25.392.715,98
Orinal	881,95	$ 4.613.493,44
Lavamanos	6804,93	$ 35.596.605,71
Ducha	4204,80	$ 21.995.308,80
Lavaplatos	1080,16	$ 5.650.309,05
Total	17826,12	$ 93.248.432,98

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 62, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para hospitales para el caso de los aparatos sanitarios de la práctica común se encuentra en la Figura 36.

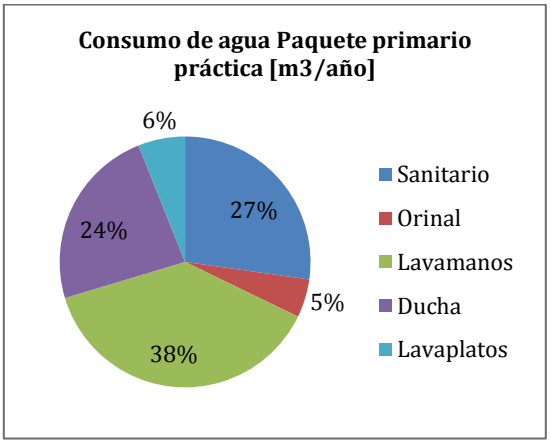


Figura 36 Torta de consumos para hospitales por aparato sanitario de acuerdo práctica común

3.9.4. Cálculo de brecha de agua Hospitales

Para el cálculo de la brecha de agua se toman los consumos del paquete primario de la práctica común y se divide entre el consumo de la línea base dada por la NTC 1500 (tercera actualización). El porcentaje resultante de la brecha se transforma en un factor el cual se recomienda utilizar como parte del protocolo de implementación que será desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación. Los resultados de la brecha y el factor de ajuste para hospitales son presentados en la Tabla 63.

Tabla 63 Brecha y factor de ajuste para consumo de agua en hospitales.

Consumos NTC 1500 [m3/año]	Consumos Práctica Común [m3/año]	Brecha	Factor de Ajuste
21156,66	17826,12	89,7%	0,90

Para la tipología Hospital, en el paquete primario de práctica común se observa una mejora tecnológica en aparatos y se tiene un sanitario de fluxómetro y un orinal de fluxómetro con menor consumo que en la NTC 1500 (tercera actualización), lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 10.3%, obteniendo una brecha de 89.7%. El consumo de la ducha en la práctica común tiene un caudal ligeramente más alto que en la línea base.

La Figura 35 y la Figura 36 muestran que tanto para los consumos obtenidos con los aparatos de la NTC 1500 (tercera actualización), como para los obtenidos con los de la práctica común, más del 30% del consumo de agua en esta tipología corresponde al lavamanos. Esto significa que el cambio de especificación de este aparato a uno de menor consumo es la mejor estrategia para lograr reducciones en los consumos globales de agua. La ducha y el sanitario tienen más del 20% de la torta de consumo, por lo cual constituyen también una oportunidad de ahorro importante.

3.10. Conclusiones y Recomendaciones Cálculo de Brecha

La comparación de la práctica tradicional actual de la industria de la construcción en Bogotá con respecto a una línea base estandarizada tanto para el caso de agua como de energía, llevan a reafirmar y a comprobar varias de las inferencias que se tuvieron al analizar los paquetes primarios desarrollados a partir de las entrevistas de la industria. Las principales conclusiones de esta comparación son:

- A nivel de energía se encontraron brechas positivas o neutras, es decir una mejora o igualdad en los consumos de los paquetes primarios de la práctica tradicional con respecto al Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, para la mayoría de las tipologías. Sin embargo, se encuentra una diferencia muy importante a nivel de los proyectos VIP y VIS, donde se evidencia un problema grande a nivel de confort, ya que el principal consumo que genera dicha brecha es la calefacción virtual que hace parte del estudio. Esto se debe principalmente a las bajas especificaciones que tienen los proyectos de este tipo a nivel de envolvente.
- De igual forma los proyectos estrato 3 y 4, también evidencian un problema de confort un poco menor, sin embargo, su brecha es neutra, debido a las mejoras que tiene la tipología en iluminación que compensa el ahorro. Hoy en día gran parte de los constructores entregan iluminación LED en este tipo de viviendas.
- Con excepción de los proyectos VIS Y VIP, se encuentra que los paquetes primarios de todas las tipologías involucran iluminación LED, en general esta es la principal medida de eficiencia energética que se está utilizando en la actualidad, esto es muy positivo teniendo en cuenta que para todas las tipologías el sistema de iluminación es uno de los que mayores consumos genera. Esto muestra que, por el clima de la ciudad de Bogotá, independiente de la tipología, uno de los principales potenciales de ahorro sigue estando en el sistema de iluminación.
- A nivel de ventilación y climatización, cuatro de las tipologías en estudio utilizan sistemas mecánicos para una porción importante de la edificación; estas son oficinas, centros comerciales, hoteles y hospitales. Sin embargo, se encuentran diferencias importantes en los porcentajes de ahorro para los consumos de este sistema para cada tipología, ya que el tipo de sistema usado es muy diferente. En el caso de las oficinas y los centros comerciales, aun priman los sistemas exclusivos de torres de enfriamiento, los cuales tienen un desempeño inferior al de la línea base, mientras que, en los casos de hotel y hospitales, se utilizan primordialmente sistemas de volumen de refrigerante variable (VRF por sus siglas en ingles) y enfriadores condensados por aire

respectivamente, que son sistemas que en las condiciones de operación de Bogotá son más eficientes.

- Para desarrollar las modelaciones energéticas, para todas las edificaciones en las que en los paquetes primarios de las prácticas tradicionales se tenía ventilación natural, se incluyó un sistema virtual de ventilación, refrigeración y calefacción, igual al de la línea base. Esto se hizo dado que no se podría verificar como parte del alcance de este estudio, hasta que punto los sistemas naturales eran idóneos para generar las renovaciones necesarias, ni para abatir las cargas térmicas de los proyectos. Se recomienda que siempre que se vaya a incluir un sistema de ventilación natural en un proyecto se haga un diseño bioclimático completo que logre garantizar la buena calidad del ambiente interior.
- En el caso específico de los proyectos residenciales y hoteleros, el consumo de agua caliente es uno de los consumos más altos que existen tanto a nivel de agua como de energía, por lo que todas las medidas de eficiencia encaminadas a reducir la cantidad de agua caliente requerida o a mejorar la eficiencia de este sistema, tiene una repercusión importante en los consumos globales de la edificación. En todos los casos se encuentra que las duchas tienen caudales similares a los de la NTC 1500 (tercera actualización), por lo tanto, no se generan ahorros en cuanto a la cantidad de agua caliente requerida, sin embargo, para las tipologías de vivienda de estratos 5 y 6 y de hotel los sistemas de calentamiento de agua son centrales, por lo que tienen una mejor eficiencia, llevando a lograr ahorros en este sistema.
- Con respecto al consumo de agua por sanitarios, se encuentra con satisfacción, que con excepción de la tipología VIP, todas las otras tipologías incluyen algún tipo de tecnología ahorradora. Las viviendas VIS, estrato 3 y 4, estrato 5 y 6, y hoteles utilizan sanitarios de doble descarga, los cuales tienen unos consumos ligeramente menores que los de la línea base. Por su parte los edificios de oficinas, centros comerciales, hospitales (zonas comunes), y todos los proyectos educativos utilizan sanitarios con fluxómetro ahorrador generando un mayor ahorro con respecto a la línea base.
- Con excepción de los proyectos residenciales y hoteleros, donde los principales consumos se dan por duchas y por sanitarios, para todas las otras tipologías los mayores potenciales de ahorros se dan tanto en lavamanos como en sanitarios.
- A excepción de VIP y VIS, todas las tipologías tienen una brecha positiva con respecto a la NTC 1500, lo que muestra la evolución que ha tenido la industria en los últimos años. Se puede concluir que en las tipologías VIS y VIP no se han tenido mejoras tecnológicas significativas que puedan contribuir a un ahorro en el consumo del recurso. Tanto en VIP como en VIS se está instalando un lavamanos con un consumo más alto que la tercera actualización de la Norma Técnica Colombiana, vigente a partir del año 2017.
- Teniendo como base los resultados tanto para agua, como para energía, se infiere que la incorporación de las medidas de eficiencia se ha dado por un lado por el jalonamiento del mercado, es por esto por lo que la tipología con mejor desempeño es la hotelera, y por otro lado por la implementación de buenas prácticas en el sector, como es el caso de los colegios. Por otra parte, las tipologías con más bajos

desempeños globales son VIP, VIS y en términos energéticos los hospitales. En el caso de VIP y VIS puede ser por la baja posibilidad que tiene el usuario final de exigir una mejora y por los fuertes topes económicos que tiene que asumir el constructor. En el caso hospitalario, aunque hay una gran oportunidad de mejora en temas de confort, las cargas de procesos son grandes, lo que baja el potencial de ahorro de los otros sistemas.

- Se recomienda hacer un estudio térmico profundo, el cual no está dentro del alcance del presente estudio, pero que podría a dar lineamientos de política pública hacia las mejoras en las condiciones térmicas de las viviendas VIS, VIP y estratos 3 y 4 generando espacios más habitables. Lo cual seguramente tendrá repercusiones en temas de salud y bienestar.
- De igual forma se recomienda hacer un estudio de iluminación que evalúe los diseños que actualmente se realizan para VIS y VIP, ya que en los modelos se evidencia un ahorro en iluminación para estas tipologías, sin embargo la tecnología asociada a los paquetes primarios es fluorescente compacto, lo que con un diseño estándar no debería dar consumos menores a la línea base, por lo tanto el ahorro puede darse por sub-iluminación de los espacios, lo cual afecta la calidad visual y la salud de los ocupantes.

4. Recomendación Porcentaje Obligatorio de Ahorro

Uno de los principales objetivos de este estudio es el de poder determinar un porcentaje de ahorro diferente para cada una de las tipologías. Este porcentaje tiene dos propósitos principales, el primero es utilizarse como parte del protocolo que desarrollará la Secretaría Distrital de Planeación, en el método de desempeño, para establecer un ahorro mínimo el cual deben demostrar los proyectos por medio de una simulación energética o un cálculo de agua. El segundo propósito es demostrar la equivalencia que existe entre el método propuesto en este estudio y la resolución 549 de 2015 para el segundo año de vigencia. De esta forma el proyecto que implemente el protocolo que desarrollará la Secretaría Distrital de Planeación bien sea por el método prescriptivo o por el método de desempeño estaría cumpliendo con lo dispuesto en la resolución 549 de 2015.

Con el fin de demostrar la equivalencia entre el método propuesto y la resolución 549 de 2015, el equipo del proyecto establece dos paquetes diferentes de medidas de eficiencia para cada una de las tipologías del estudio. Un primer paquete de cumplimiento de la resolución y un segundo paquete propuesto de estrategias costo efectivas. Las medidas de los dos paquetes se usan para hacer tanto dos simulaciones energéticas, como para hacer dos cálculos de agua. Los resultados de cada una de estas simulaciones y cálculos de agua son comparados con la línea base ajustada con las prácticas locales actuales, de forma que se calcula un ahorro energético y un ahorro de agua asociados al paquete de cumplimiento de la resolución y un ahorro energético y un ahorro de agua asociados al paquete propuesto de medidas costo efectivas. En todos los casos, para todas las tipologías, el ahorro de agua y el ahorro de energía del paquete propuesto de medidas costo efectivas son superiores al porcentaje de ahorro del paquete de medidas de cumplimiento de la resolución, demostrado la equivalencia de los métodos.

Para desarrollar el paquete de cumplimiento de la resolución, para cada tipología, se toma como base los ahorros requeridos para el segundo año de acuerdo con las tablas 14 y 15 del Anexo 1 de la resolución, Guía de Construcción Sostenible para el Ahorro de agua y Energía y la Matriz de Implementación para Clima Frío tabla 4 del mismo documento. El principal criterio para la selección de medidas es el potencial de ahorro presentado en la tabla y se prefieren las medidas con un impacto en costos inferior al 1% y un periodo de retorno inferior a 3 años. Para desarrollar el paquete obligatorio 2 que corresponde al paquete obligatorio propuesto el principal criterio fue el de seleccionar medidas costo efectivas que resultaran en un ahorro equivalente al obtenido por el paquete de cumplimiento de la Res 0549/15.

A continuación se presentan para cada una de las tipologías el paquete de medidas de eficiencia que da cumplimiento de la resolución, el paquete de medidas de eficiencia propuestas, la justificación de la selección de medidas para el paquete propuesto, los principales resultados de la modelación energética del paquete de medidas de eficiencia para

cumplimiento de la resolución, los principales resultados de la modelación energética del paquete de medidas propuestas, los principales resultados de los cálculos de agua para el paquete de medidas de cumplimiento de la resolución y para el paquete de medidas propuesto, los cálculos de ahorro de cada uno de estos paquetes con respecto a la línea base ajustada a las condiciones locales, los porcentajes de inversión adicional de cada uno de los paquetes objeto de este capítulo y los periodos de retorno de cada paquete. El ejercicio detallado de costeo de cada una de las medidas del estudio para cada una de las tipologías, los resultados del grupo focal, el análisis financiero para determinar los paquetes obligatorios propuestos, los resultados detallados de cada una de las modelaciones energéticas y de los cálculos de agua para los dos paquetes obligatorios expuestos y para los paquetes adicionales que se evaluaron en el proceso iterativo se encuentra en el Anexo 3 de este documento.

4.1. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para VIP

4.1.1. Paquetes primarios obligatorios para viviendas de interés prioritario

La Tabla 64 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la Res 549 de 2015 para la tipología vivienda de interés prioritario. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 64 Conjunto de medidas de eficiencia paquete cumplimiento con la Res 549 para vivienda de interés prioritario

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,45 W/m2
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	25% ventana 75% muro
Tratamiento aguas grises y reciclaje de agua	Planta tratamiento aguas grises	Tratamiento y reuso de aguas grises de ducha del 43% de los apartamentos en uso de descarga de sanitarios

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que el conjunto de las medidas superara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso de VIP es de 15% en energía y 10% en agua con respecto a la línea base planteada en la resolución.

Para el caso de esta tipología se tienen dos tipos diferentes de paquetes obligatorios propuestos:

- *Paquete obligatorio propuesto 1:* Un paquete que cumple con el ahorro resultante de del paquete de equivalencia y por tanto con el ahorro sugerido por la Res 549 2015.
- *Paquete obligatorio propuesto 2:* Un paquete que cumple con los topes de inversion establecidos por la Secretaria Distrital de Planeación para VIP.

Fue necesario realizar estos dos paquetes diferentes pues no fue posible encontrar un paquete que cumpliera con los topes establecidos por la Secretaria Distrital de Planeación y que a su vez cumpliera con los ahorros establecidos por la Res 549 2015.

La Tabla 65 muestra el conjunto de medidas que componen el paquete obligatorio propuesto 1. Esta tabla incluye el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico de la medida y finalmente el parámetro propuesto que luego será utilizado en la modelación energética. Este paquete completo de medidas será uno de los sugeridos como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6).

Tabla 65 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto 1 para VIP

Medida	Ítem	Parámetro
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2010
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados con iluminación natural
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 80 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio 1 de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, por una parte, las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto pues el mercado ya ha absorbido dichas prácticas y por otra parte aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético que además equiparan en desempeño de agua y energía del paquete de la Res 549.

Las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la practica tradicional que constituyen las buenas prácticas que ya están siendo llevadas a cabo en la práctica común y que deben seguirse teniendo en cuenta en la construcción de este tipo de vivienda son las siguientes:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son medidas que teniendo en cuenta el criterio técnico del equipo consultor tienen un impacto alto en la eficiencia global del edificio y que además son suficientes para lograr el mismo ahorro del paquete de equivalencia de la Res 0549 son las siguientes:

- Ventilación natural: la cual no tiene sobrecosto asociado y si trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que habitan las viviendas garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 65 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta medida contribuye al ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente.
- Sanitario, lavamanos y grifería de lavaplatos ahorradora: El uso de estos aparatos es necesario para equiparar el ahorro requerido por la resolución 549.

La Tabla 66 muestra el conjunto de medidas que componen el paquete obligatorio propuesto 2. Esta tabla incluye el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico de la medida y finalmente el parámetro propuesto que luego será utilizado en la modelación energética y los cálculos de agua. Este paquete completo de medidas será uno de los sugeridos como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6).

Tabla 66 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto 2 para VIP

Medida	Ítem	Parámetro
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2010
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados con iluminación natural
Accesorios eficientes: Ducha	Ducha	6 lpm a 80 PSI
Accesorios eficientes: Sanitario ahorrador	Sanitario	6 lpd
Accesorios eficientes: Grifo de lavaplatos	Lavaplatos	8.3 lpm a 60 PSI
Accesorios eficientes: Grifo de lavamanos	Lavamanos	8.3 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio 2 de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, por una parte, las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto pues el mercado ya ha absorbido dichas prácticas y por otra parte aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético y que a su vez estan enmarcadas dentro de los topes de inversion establecidos por la Secretaria de Planeación Distrital.

Las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la practica tradicional que constituyen las buenas prácticas que ya están siendo llevadas a cabo en la práctica común y que deben seguirse teniendo en cuenta en la construcción de este tipo de vivienda son las siguientes:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son medidas que teniendo en cuenta el criterio técnico del equipo consultor tienen un impacto alto en la eficiencia global del edificio y que además son suficientes para lograr el mismo ahorro del paquete de equivalencia de la Res 0549 son las siguientes:

- Ventilación natural: la cual no tiene sobrecosto asociado y si trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que habitan las viviendas garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 65 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta medida contribuye al ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente.

4.1.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio viviendas estrato 3-4

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la Res 549 mostrados en la Tabla 64 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 67.

Tabla 67 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIP

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	5,22	35491,32	35496,54	$ 3.385.936

Enfriamiento	3036,73	0	3036,73	$ 656.875
Iluminación	81162,98	0	81162,98	$ 17.556.364
Equipos Internos	40332,32	0	40332,32	$ 8.724.284
Ventiladores	4467,55	0	4467,55	$ 966.376
Bombas	209,51	0	209,51	$ 45.319
Agua caliente	0	249851,27	249851,27	$ 23.828.316
Total	129214,31	285342,59	414556,9	$ 55.163.470

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 67, se genera una torta de consumos energéticos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete de cumplimiento de la Res 549 para vivienda VIP se presentan en la Figura 37 y Figura 38 respectivamente.

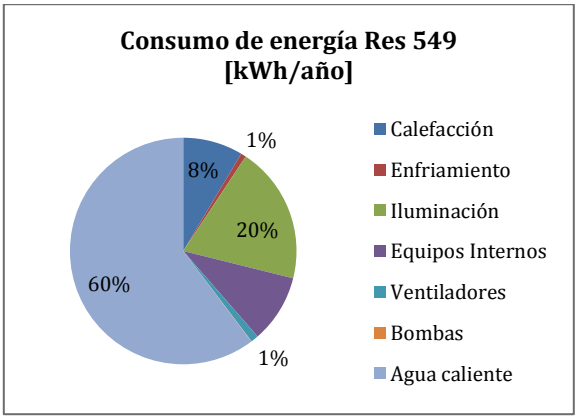


Figura 37 Torta de consumo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIP

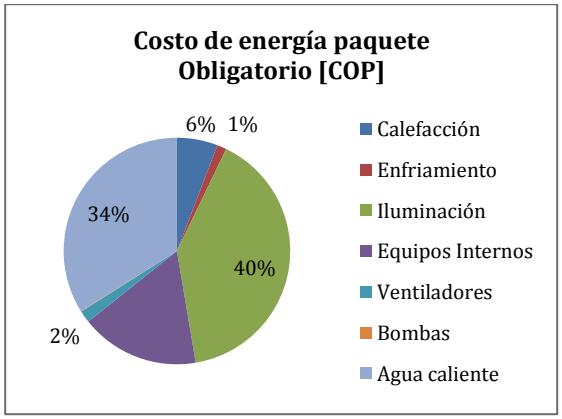


Figura 38 Torta de costo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIP

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto 1 de vivienda VIP mostrados en la Tabla 65 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 68.

Tabla 68 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	4,6	31389,75	31394,35	$ 2.994.635
Enfriamiento	3212,14	0	3212,14	$ 694.818
Iluminación	95608,5	0	95608,5	$ 20.681.075

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Equipos Internos	40332,32	0	40332,32	$ 8.724.284
Ventiladores	4080,24	0	4080,24	$ 882.597
Bombas	184,57	0	184,57	$ 39.924
Agua caliente	0	182966,97	182966,97	$ 17.449.560
Total	143422,37	214356,72	357779,09	$ 51.466.893

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 68, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para vivienda VIP se presentan en la Figura 39 y Figura 40 respectivamente.

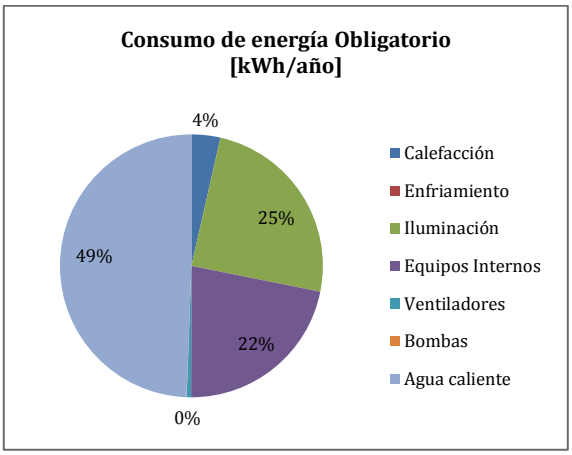


Figura 39 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP

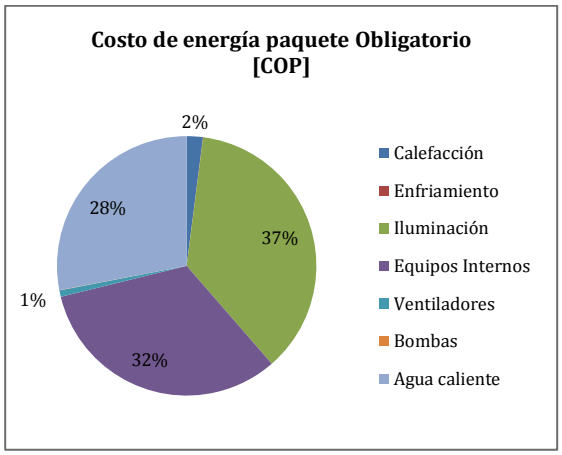


Figura 40 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto 2 de vivienda VIP mostrados en la Tabla 66 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 69.

Tabla 69 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIP

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	4,6	31389,75	31394,35	$ 2.994.635
Enfriamiento	3212,14	0	3212,14	$ 694.818
Iluminación	95608,5	0	95608,5	$ 20.681.075
Equipos Internos	40332,32	0	40332,32	$ 8.724.284
Ventiladores	4080,24	0	4080,24	$ 882.597
Bombas	184,57	0	184,57	$ 39.924

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Agua caliente	0	182966,97	182966,97	$ 17.449.560
Total	143422,37	214356,72	357779,09	$ 51.466.893

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 69, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para vivienda VIP se presentan en la Figura 41 y Figura 42 respectivamente.

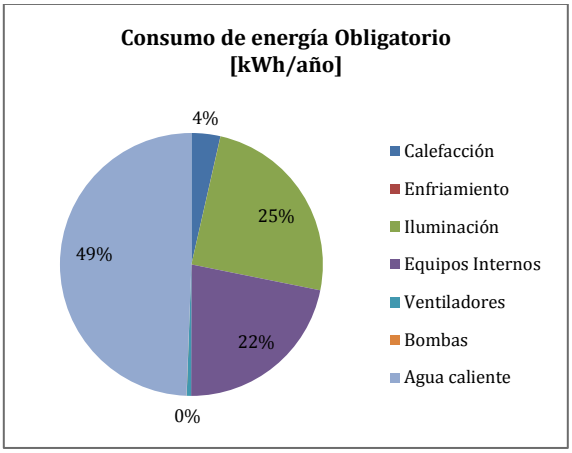


Figura 41 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP

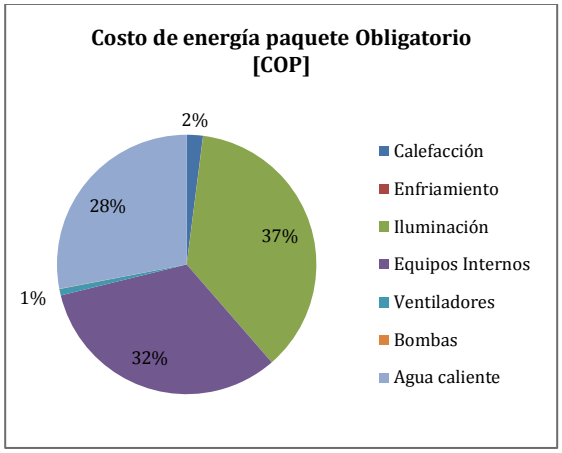


Figura 42 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP

4.1.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio vivienda VIP

En la Tabla 70 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIP, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio de la resolución 549.

Tabla 70 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento de la Res 549 vivienda VIP

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Resolución 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1664,4	$ 3.175.675,20
Lavamanos	1151,21	$

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Resolución 549 [m3/año]	Consumo [COP]
		2.196.508,68
Duchas	5270,6	$ 10.056.304,80
Lavaplatos	2302,42	$ 4.393.017,36
Total	10388,63	$ 19.821.506,04

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 70, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIP para el paquete obligatorio que da cumplimiento a la resolución 549 se encuentra en la Figura 43. La Figura 44 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

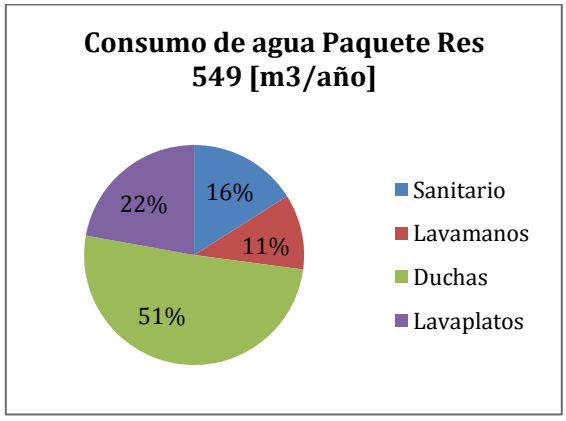


Figura 43 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas VIP

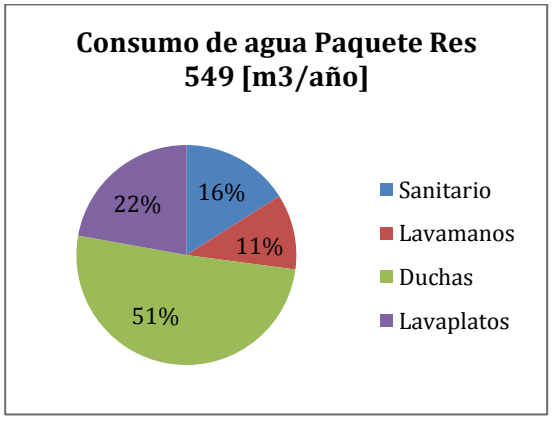


Figura 44 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas VIP

En la Tabla 71 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIP, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto 1.

Tabla 71 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1553,44	$ 2.963.963,52
Lavamanos	1.061	$ 2.024.483,40

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Duchas	4299,7	$ 8.203.827,60
Lavaplatos	1803,1	$ 3.440.314,80
Total	8717,29	$ 16.632.589,32

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 71, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIP para el paquete obligatorio propuesto 1 se encuentra en la Figura 45. La Figura 46 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

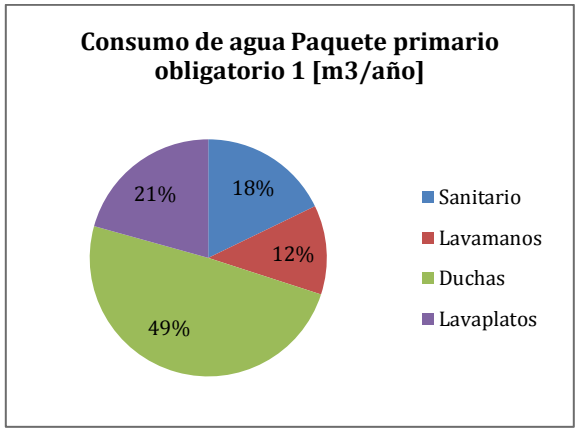


Figura 45 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP

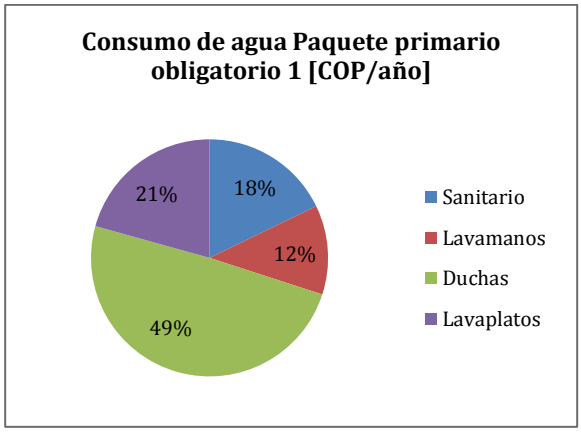


Figura 46 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP

En la Tabla 72 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIP, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto 2.

Tabla 72 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIP

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1664,4	$ 3.175.675,20
Lavamanos	1151,21	$ 2.196.508,68
Duchas	4299,7	$ 8.203.827,60
Lavaplatos	2302,42	$ 4.393.017,36

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Total	9417,73	$ 17.969.028,84

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 72, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIP para el paquete obligatorio propuesto se encuentra en la Figura 47. La Figura 48 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

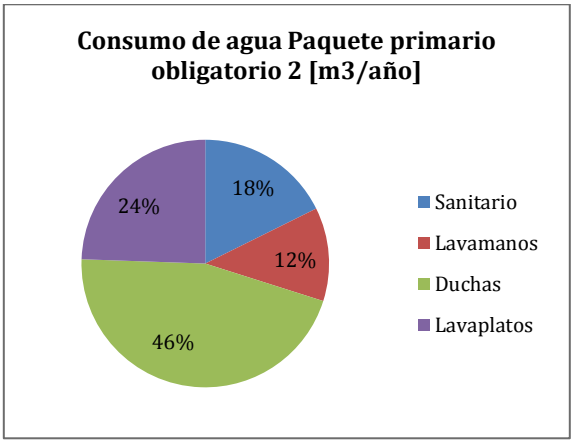


Figura 47 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIP

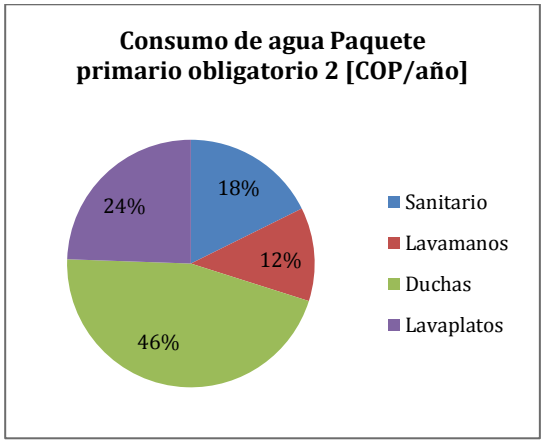


Figura 48 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIP

4.1.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para VIP

La Tabla 73 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua sugeridos de los paquetes obligatorios con respecto a la línea base ajustada, además de los porcentajes de inversión estimado, así como el periodo de retorno.

Tabla 73 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para VIP

	Paq. Obligatorio Res 549		Paq. Obligatorio Propuesto 1			Paq. Obligatorio Propuesto 2		
	Ahorro Paq Res 549	Inversión [%]*	Ahorro Paq Oblig 1	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Oblig 2	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	11%	0,9	11%	0,74	1,7	11%	0,2	0,5
Agua	18%		18%			11%		

Al comparar los resultados de consumos de la práctica tradicional con los resultados de cada uno de los paquetes obligatorios se evidencia que el ahorro energético alcanzado se debe a la reducción en el consumo de agua caliente en el paquete primario obligatorio, lo cual está en línea con lo expuesto anteriormente pues se seleccionó una medida que ahorra tanto en agua como en energía como es el caso de la grifería de duchas.

Como se puede ver en la Tabla 73, los ahorros energéticos obtenidos tanto en el paquete obligatorio 1 como en el paquete obligatorio 2, no son inferiores al ahorro del paquete de la Res 549. Sin embargo, para el caso de agua, el ahorro del paquete obligatorio 2 no logra superar el 18% del ahorro de la equivalencia pues la inversion en este paquete llega al máximo establecido por la Secretaria Distrital de Planeación (0.3%), el paquete obligatorio 1 si bien llega al mismo ahorro del paquete de equivalencia, el porcentaje de inversion supera el tope establecido.

4.2. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para VIS

4.2.1. Paquetes primarios obligatorios para viviendas de interés social

La Tabla 74 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la Res 549 de 2015 para la tipología vivienda de interés social. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 74 Conjunto de medidas de eficiencia paquete cumplimiento con la Res 549 para vivienda de interés social

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,45 W/m2
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	25% ventana 75% muro
Corrección factor de potencia	factor de potencia	Mayor a 0.9
Tratamiento aguas grises y reciclaje de agua	Planta tratamiento aguas grises	Tratamiento y reuso de aguas grises de ducha del 87% de los apartamentos en uso de descarga de sanitarios

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que el conjunto de las medidas superara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso

de VIS es de 20% en energía y 10% en agua con respecto a la línea base planteada en la resolución.

Para el caso de esta tipología se tienen dos tipos diferentes de paquetes obligatorios propuestos:

- *Paquete obligatorio propuesto 1:* Un paquete que cumple con el ahorro resultante de del paquete de equivalencia y por tanto con el ahorro sugerido por la Res 549 2015.
- *Paquete obligatorio propuesto 2:* Un paquete que cumple con los topes de inversion establecidos por la Secretaria Distrital de Planeación para VIS.

Fue necesario realizar estos dos paquetes diferentes pues no fue posible encontrar un paquete que cumpliera con los topes establecidos por la Secretaria Distrital de Planeación y que a su vez cumpliera con los ahorros establecidos por la Res 549 2015.

La Tabla 75 muestra el conjunto de medidas que componen el paquete obligatorio propuesto 1. Esta tabla incluye el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico de la medida y finalmente el parámetro propuesto que luego será utilizado en la modelación energética. Este paquete completo de medidas será uno de los sugeridos como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6).

Tabla 75 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto 1 para VIS

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,45 W/m2
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2010
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados con iluminación natural
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Accesorios eficientes: Ducha	Ducha	6 lpm a 80 PSI
Accesorios eficientes: Sanitario ahorrador	Sanitario	5,2 lpd
Accesorios eficientes: Grifería de lavaplatos	Lavaplatos	6,5 lpm a 60 PSI
Accesorios eficientes: Grifo de lavamanos	Lavamanos	7 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio 1 de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, por una parte, las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto pues el mercado ya ha absorbido dichas prácticas y por otra parte aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el

desempeño energético que además equiparan en desempeño de agua y energía del paquete de la Res 549.

Las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la practica tradicional que constituyen las buenas prácticas que ya están siendo llevadas a cabo en la práctica común y que deben seguirse teniendo en cuenta en la construcción de este tipo de vivienda son las siguientes:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.
- Controles de ocupación en corredores y exteriores lo cual disminuye a carga de iluminación del edificio.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son medidas que teniendo en cuenta el criterio técnico del equipo consultor tienen un impacto alto en la eficiencia global del edificio y que además son suficientes para lograr el mismo ahorro del paquete de equivalencia de la Res 0549 son las siguientes:

- Ventilación natural: la cual no tiene sobrecosto asociado y si trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que habitan las viviendas garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 65 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar.
- LED para interiores: lo cual disminuye el consumo debido a la iluminación, la cual es una de las porciones de consumo mas grandes en este tipo de viviendas.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta medida contribuye al ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente.
- Sanitario, lavamanos y grifería de lavaplatos ahorradora: estos aparatos sanitarios son requeridos con el fin de equipara los ahorros sugeridos por la Res 549.

La Tabla 76 muestra el conjunto de medidas que componen el paquete obligatorio propuesto 2. Esta tabla incluye el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico de la medida y finalmente el parámetro propuesto que luego será utilizado en la modelación energética y los cálculos de agua. Este paquete completo de medidas será uno de los sugeridos como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6).

Tabla 76 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto 2 para VIS

Medida	Ítem	Parámetro

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,45 W/m2
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2010
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados con iluminación natural
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Accesorios eficientes: Ducha	Ducha	6 lpm a 80 PSI
Accesorios eficientes: Sanitario ahorrador	Sanitario	6 lpd
Accesorios eficientes: Grifería de lavaplatos	Lavaplatos	8.3 lpm a 60 PSI
Accesorios eficientes: Grifo de lavamanos	Lavamanos	8.3 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio 2 de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, por una parte, las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto pues el mercado ya ha absorbido dichas prácticas y por otra parte aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético y que a su vez estan enmarcadas dentro de los topes de inversion establecidos por la Secretaria de Planeación Distrital.

Las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la practica tradicional que constituyen las buenas prácticas que ya están siendo llevadas a cabo en la práctica común y que deben seguirse teniendo en cuenta en la construcción de este tipo de vivienda son las siguientes:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural y disminuye el uso de iluminación artificial.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son medidas que teniendo en cuenta el criterio técnico del equipo consultor tienen un impacto alto en la eficiencia global del edificio y que además son suficientes para lograr el mismo ahorro del paquete de equivalencia de la Res 0549 son las siguientes:

- Ventilación natural: la cual no tiene sobrecosto asociado y si trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que habitan las viviendas garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 65 esta medida debe

ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar.

- LED para interiores: lo cual disminuye el consumo debido a la iluminación, la cual es una de las porciones de consumo más grandes en este tipo de viviendas.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta medida contribuye al ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente.

4.2.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio vivienda de interés social

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la Res 549 mostrados en la Tabla 74 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 77.

Tabla 77 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIS

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,18	16596,74	16597,92	$ 1.890.675
Enfriamiento	564,25	0	564,25	$ 146.440
Iluminación	134955,62	0	134955,62	$ 35.025.032
Equipos Internos	66953,05	0	66953,05	$ 17.376.325
Ventiladores	2450,27	0	2450,27	$ 635.919
Bombas	126,53	0	126,53	$ 32.838
Agua caliente	0	242153,08	242153,08	$ 27.581.236
Total	205050,9	258749,82	463800,72	$ 82.688.465

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 77, se genera una torta de consumos energéticos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete de cumplimiento de la Res 549 para vivienda VIS se presentan en la Figura 49 y Figura 50 respectivamente.

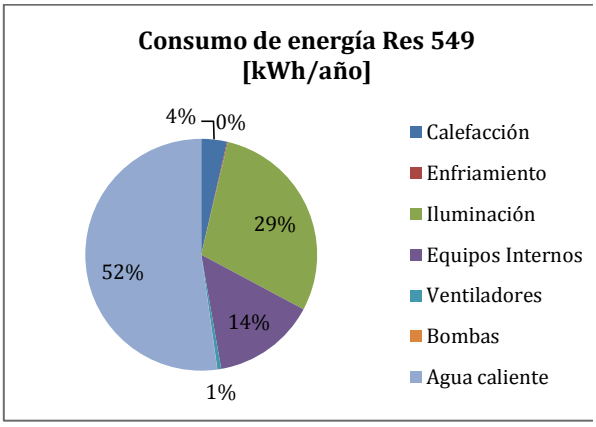


Figura 49 Torta de consumo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIS

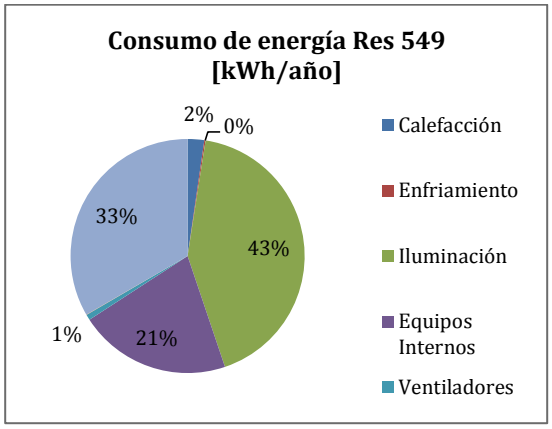


Figura 50 Torta de costo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda VIS

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto 1 de vivienda VIS mostrados en la Tabla 75 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 78.

Tabla 78 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIP

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,18	16596,74	16597,92	$ 1.890.675
Enfriamiento	116,57	0	116,57	$ 30.253
Iluminación	134955,62	0	134955,62	$ 35.025.032
Equipos Internos	66953,05	0	66953,05	$ 17.376.325
Ventiladores	2636,15	0	2636,15	$ 684.160
Bombas	137,81	0	137,81	$ 35.766
Agua caliente	0	242153,09	242153,09	$ 27.581.237
Total	204800,38	258749,83	463550,21	$ 82.623.448

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 78, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para vivienda VIS se presentan en la Figura 51 y Figura 52 respectivamente.

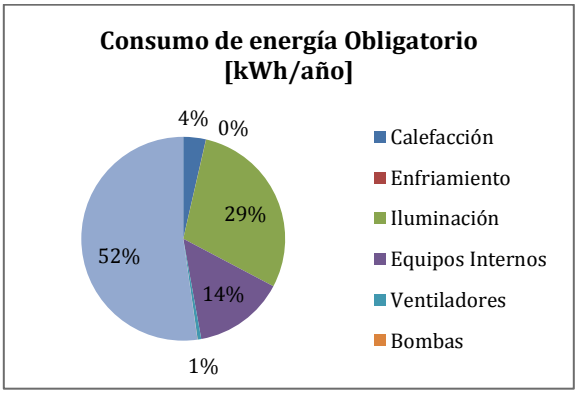


Figura 51 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP

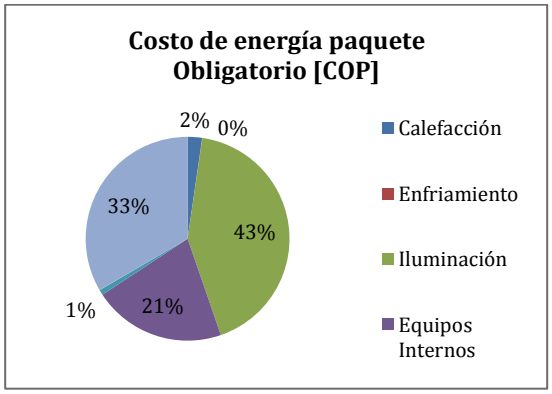


Figura 52 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIP

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto 2 de vivienda VIP mostrados en la Tabla 76 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 79.

Tabla 79 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIS

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,18	16596,74	16597,92	$ 1.890.675
Enfriamiento	116,57	0	116,57	$ 30.253
Iluminación	134955,62	0	134955,62	$ 35.025.032
Equipos Internos	66953,05	0	66953,05	$ 17.376.325
Ventiladores	2636,15	0	2636,15	$ 684.160
Bombas	137,81	0	137,81	$ 35.766
Agua caliente	0	242153,09	242153,09	$ 27.581.237
Total	204800,38	258749,83	463550,21	$ 82.623.448

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 79, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio 2 propuesto para vivienda VIS se presentan en la Figura 53 y Figura 54 respectivamente.

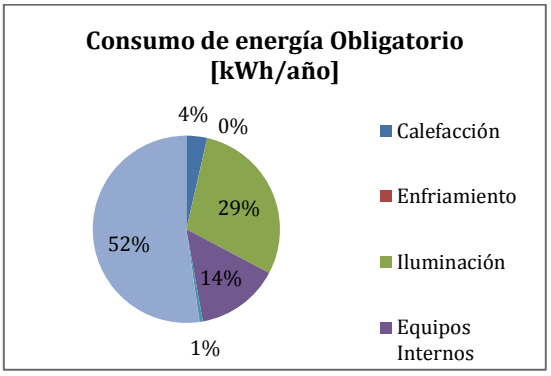


Figura 53 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIS

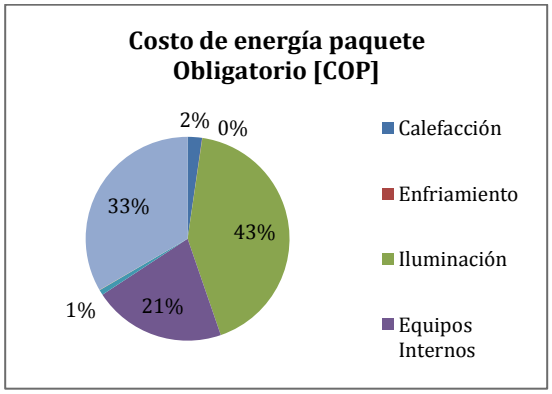


Figura 54 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda VIS

4.2.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio vivienda VIS

En la Tabla 80 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIS, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio de la resolución 549.

Tabla 80 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento de la Res 549 vivienda VIS

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Resolución 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2435,28	$8.114.352,96
Lavamanos	1.684,40	$5.612.427,46
Duchas	7711,72	$25.695.451,04
Lavaplatos	3368,8	$11.224.841,60
Total	15200,202	$ 50.647.073

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 80, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIS para el paquete obligatorio que da cumplimiento a la resolución 549 se encuentra en la Figura 55. La Figura 56 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

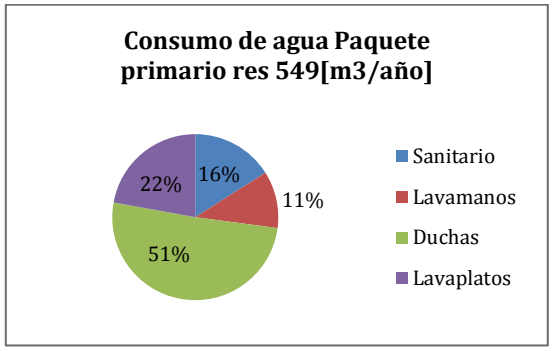


Figura 55 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas VIS

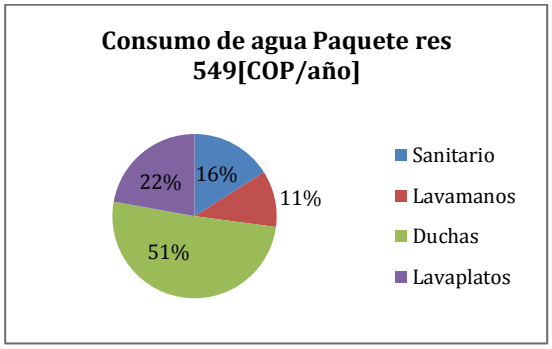


Figura 56 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas VIS

En la Tabla 81 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIS, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto 1.

Tabla 81 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIS

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1.988,81	$6.626.721,58
Lavamanos	1451,02	$4.834.798,64
Duchas	6291,14	$20.962.078,48
Lavaplatos	2902,04	$9.669.597,28
Total	12633,01	$42.093.195,98

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 81, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIS para el paquete obligatorio propuesto 1 se encuentra en la Figura 57. La Figura 58 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

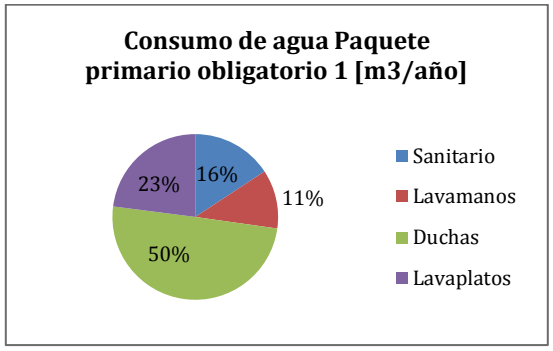


Figura 57 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIS

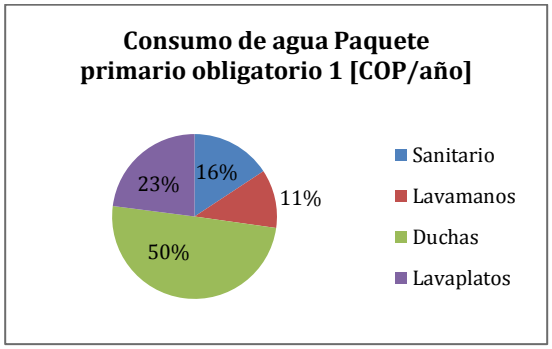


Figura 58 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 1 vivienda VIS

En la Tabla 82 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIS, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto 2.

Tabla 82 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIS

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2435,28	$8.114.352,96
Lavamanos	1.684	$5.612.427,46
Duchas	6291,14	$20.962.078,48
Lavaplatos	3368,8	$11.224.841,60
Total	13779,62	$45.913.700,50

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 82, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIS para el paquete obligatorio propuesto se encuentra en la Figura 59. La Figura 60 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

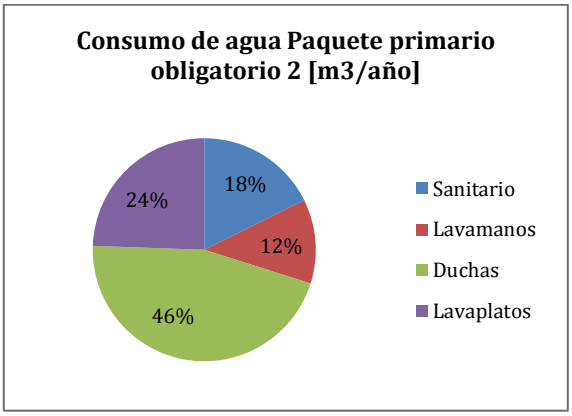


Figura 59 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIS

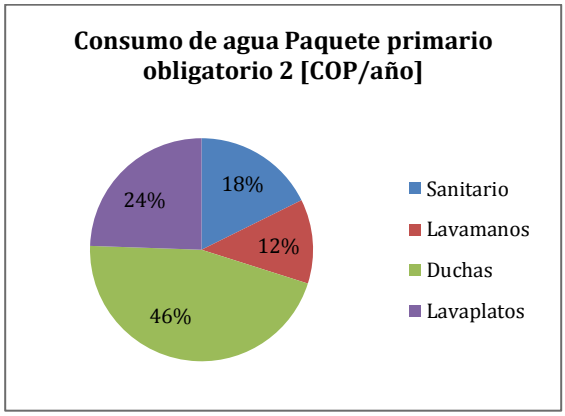


Figura 60 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto 2 vivienda VIS

4.2.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para VIS

La Tabla 83 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua de los paquetes obligatorios sugeridos con respecto a la línea base ajustada, además de los porcentajes de inversión estimado, así como el periodo de retorno.

Tabla 83 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para VIS

	Paq. Obligatorio Res 549		Paq. Obligatorio Propuesto 1			Paq. Obligatorio Propuesto 2		
	Ahorro Paq Res 549	Inversión [%]*	Ahorro Paq Oblig 1	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Oblig 2	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	28%	1.01	28%	0.78	1.3	28%	0.36	0.6
Agua	17%		17%			10%		

Al comparar los resultados de consumos de la práctica tradicional con los resultados de cada uno de los paquetes obligatorios se evidencia que el ahorro energético alcanzado se debe a la reducción en el consumo de agua caliente y el consumo de iluminación en el paquete primario obligatorio, pues se seleccionó una medida que ahorra tanto en agua como en energía como es el caso de la grifería de duchas y adicionalmente se planteo el uso de tecnología LED en la iluminación.

Como se puede ver en la Tabla 73, los ahorros energéticos obtenidos tanto en el paquete obligatorio 1 como en el paquete obligatorio 2, no son inferiores al ahorro del paquete de la Res 549. Sin embargo, para el caso de agua, el ahorro del paquete obligatorio 2 no logra superar el 17% pues para lograr llegar a dicho ahorro se superaría el tope de inversión máximo establecido por la Secretaria Distrital de Planeación, el paquete obligatorio 1 si bien

llega al mismo ahorro del paquete de equivalencia, el porcentaje de inversion supera el tope establecido.

4.3. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Vivienda Estrato 3 y 4

4.3.1. Paquetes primarios obligatorios para viviendas estrato 3-4

La Tabla 84 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la Res 549 de 2015 para la tipología vivienda estrato 3 y 4. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 84 Conjunto de medidas de eficiencia paquete cumplimiento con la Res 549 para vivienda estrato 3-4

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	4,2 W/m2
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
Valor SHGC del vidrio	Coeficientes de desempeño del vidrio	0,6
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Colectores solares para calentamiento de agua	Colector solar	Atender el 40% de la demanda de agua caliente
Ducha ahorradora	Ducha	8,2 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2,7 lpm a 60 PSI
Lavamanos ahorrador	Lavamanos	2,7 lpm a 60 PSI

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que el conjunto de las medidas superara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso de vivienda 3 y 4 es de 25% con respecto a la línea base planteada en la resolución.

La Tabla 85 muestra el paquete de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro obligatorio de vivienda estrato 3 y 4. Esta tabla incluye el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico de la medida y finalmente el parámetro propuesto que luego será utilizado en la modelación energética. Este paquete completo de medidas será el sugerido como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6.3).

Tabla 85 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para vivienda estrato 3-4

Medida	Ítem	Parámetro
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	4,2 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz natural	si
Control horario para corredores y exteriores	Temporizadores o control por horario	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.l
Colectores solares para calentamiento de agua	Colector solar	Atender el 32% de la demanda de agua caliente
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI

Al igual que para las otras tipologías, el paquete obligatorio de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, por una parte las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto pues el mercado ya ha absorbido dichas prácticas y por otra parte aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético que además equiparen en desempeño de agua y energía del paquete de la Res 549.

Las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la practica tradicional que constituyen las buenas prácticas que ya están siendo llevadas a cabo en la práctica común y que deben seguirse teniendo en cuenta en la construcción de este tipo de vivienda son las siguientes:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.
- Iluminación LED, la cual disminuye el consumo de iluminación artificial

- Sensores de ocupación para zonas comunes, los cuales contribuyen a la disminución del consumo energético por iluminación artificial.
- Relación ventana/pared la cual favorece la estabilidad térmica de la vivienda

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la costo-efectividad de las mismas, por lo tanto son medidas que teniendo en cuenta el criterio técnico del equipo consultor tienen un impacto alto en la eficiencia global del edificio y un costo enmarcado dentro del límite de inversión planteado para la tipología vivienda estrato 3 y4. Estas medidas de eficiencia se muestran a continuación:

- Ventilación natural, la cual no tiene sobrecosto asociado y si trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que habitan las viviendas garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 85 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar.
- Control de luz día y control horario para zonas comunes, lo cual contribuye al ahorro energético en el sistema de iluminación el cual tiene una gran porción de la torta de consumos.
- Colectores solares para agua caliente: esta medida fue escogida por su alta oportunidad de ahorro en el sistema de agua caliente, sin embargo, también fue necesario incluirla debido a la necesidad de tener ahorros iguales o superiores a los que se obtengan con el paquete de la Res 549 el cual incluye la aplicación de esta medida como se puede ver en la Tabla 84.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta medida contribuye al ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente.
- Sanitario, lavamanos y grifería de lavaplatos ahorradora: Los topes de inversión acordados para esta tipología a diferencia de VIS y VIP permiten que se especifiquen todos demás aparatos ahorradores mencionados, incrementando el porcentaje de ahorro global en agua.

4.3.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio viviendas estrato 3-4

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la Res 549 mostrados en la Tabla 84 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 86.

Tabla 86 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento Res 549 vivienda estrato 3-4

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,15	17903,95	17905,1	$ 2.765.373
Enfriamiento	92,22	0	92,22	$ 37.370
Iluminación	135093,64	0	135093,64	$ 54.743.996
Equipos Internos	110408,27	0	110408,27	$ 44.740.743
Ventiladores	5186,7	0	5186,7	$ 2.101.806
Bombas	118,49	0	118,49	$ 48.016
Agua caliente	0	241920	241920	$ 37.359.706
Total	250900,47	259823,95	510724,42	$ 141.797.010

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 86, se genera una torta de consumos energéticos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete de cumplimiento de la Res 549 para vivienda estrato 3 y4 se presentan en la Figura 61 y Figura 62 respectivamente.

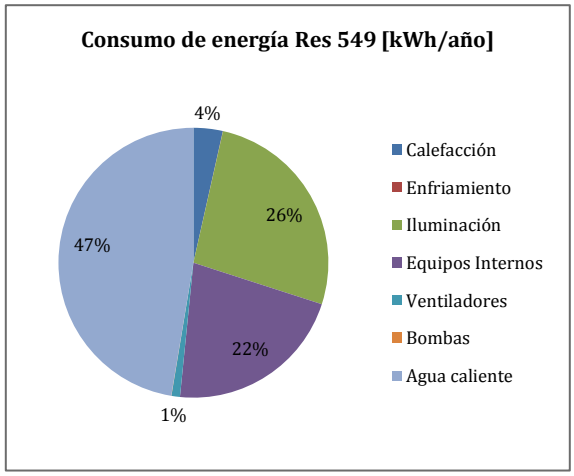


Figura 61 Torta de consumo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda estrato 3-4

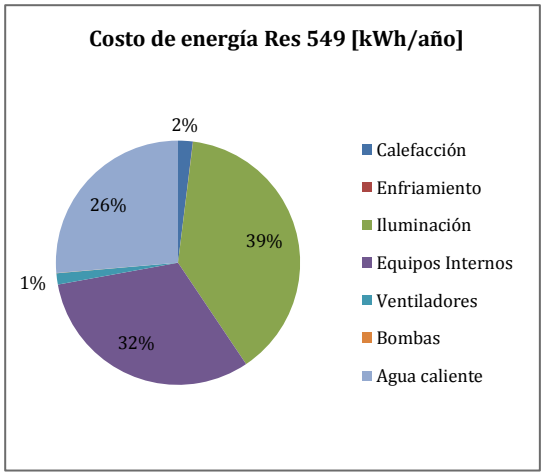


Figura 62 Torta de costo de energía paquete de cumplimiento Res 549 vivienda estrato 3-4

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto de vivienda estrato 3 y 4 mostrados en la Tabla 85 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 87.

Tabla 87 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,15	17903,95	17905,1	$ 2.765.373
Enfriamiento	84,63	0	84,63	$ 34.295
Iluminación	124059,96	0	124059,96	$ 50.272.818
Equipos Internos	110408,27	0	110408,27	$ 44.740.743
Ventiladores	2702,92	0	2702,92	$ 1.095.304
Bombas	124,14	0	124,14	$ 50.305
Agua caliente	0	249252,41	249252,41	$ 38.492.050
Total	237381,07	267156,36	504537,43	$ 137.450.888

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 87, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para vivienda estrato 3 y4 se presentan en la Figura 63 y Figura 64 respectivamente.

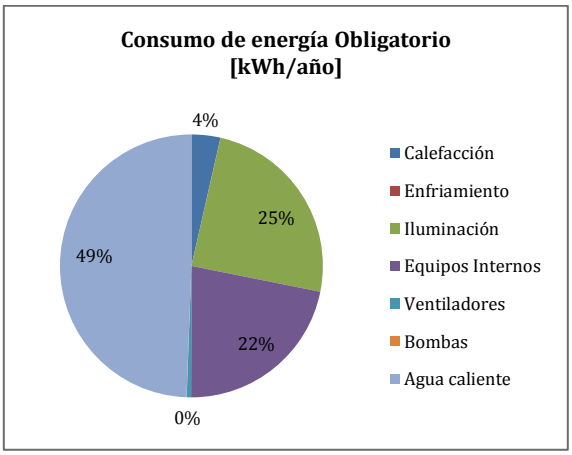


Figura 63 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4

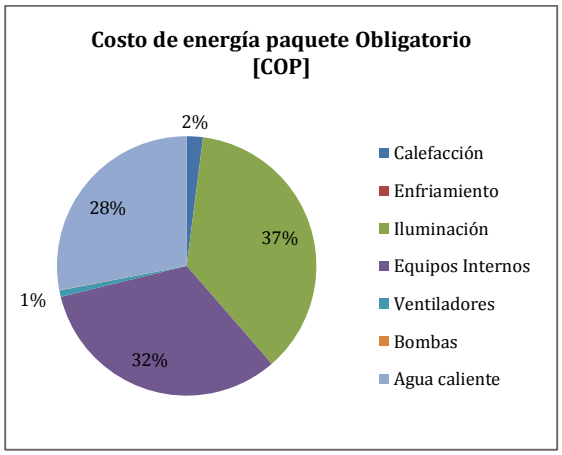


Figura 64 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrto 3-4

4.3.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorios viviendas estrato 3-4

En la Tabla 88 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda Estrato 3-4, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio de la resolución 549.

Tabla 88 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento de la Res 549 vivienda estrato 3-4

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Resolución 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2055,53	$ 10.020.728,25
Lavamanos	1067,30	$ 5.203.070,44
Duchas	8643,78	$ 42.138.447,00
Lavaplatos	1067,30	$ 5.203.070,44
Total	12833,91	$ 62.565.316,13

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 88, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda estrato 3 y 4 para el paquete obligatorio que da cumplimiento a la resolución 549 se encuentra en la Figura 65. La Figura 66 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

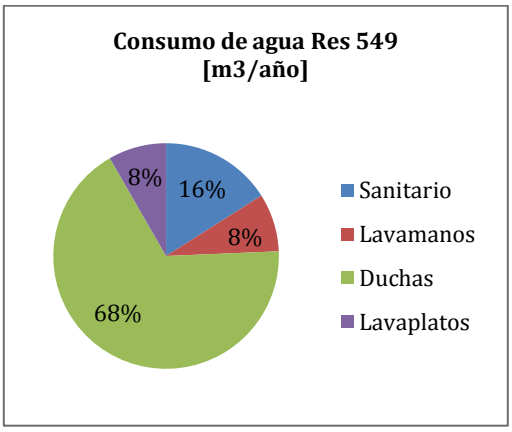


Figura 65 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas estrato 3-4

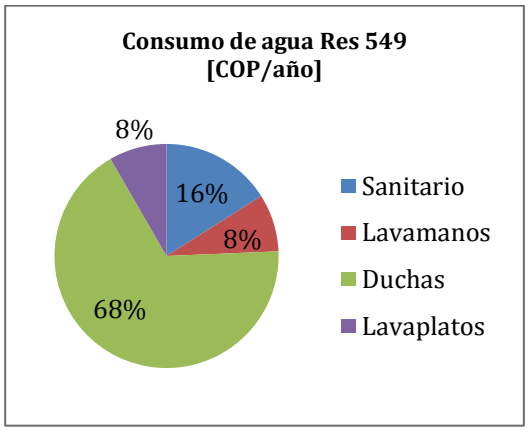


Figura 66 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 viviendas estrato 3-4

En la Tabla 89 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda estrato 3-4, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto como parte de esta consultoría.

Tabla 89 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1502,12	$ 7.322.839,88
Lavamanos	2371,77	$ 11.562.378,75
Duchas	6324,72	$ 30.833.010,00
Lavaplatos	2371,77	$ 11.562.378,75
Total	12570,38	$ 61.280.607,38

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 89, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda Estrato 3-4 para el paquete obligatorio propuesto se encuentra en la Figura 67. La Figura 68 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

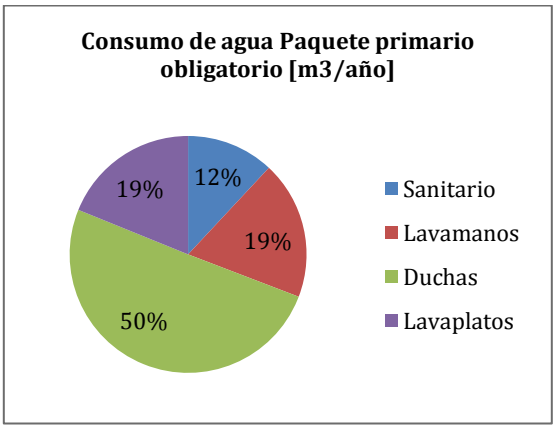


Figura 67 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4

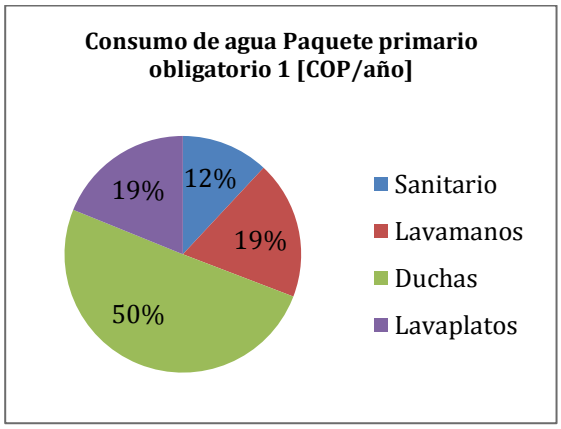


Figura 68 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 3-4

4.3.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para viviendas estrato 3-4

La Tabla 90 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua de los paquetes obligatorios con respecto a la línea base ajustada, además de los porcentajes de inversión estimado, así como el periodo de retorno.

Tabla 90 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para estrato 3-4

	Paq. Obligatorio Res 549		Paq. Obligatorio Propuesto		
	Ahorro Paq Res 549	Inversión [%]*	Ahorro Paq Oblig 1	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	33%	1.5	34%	1.04	1.9
Agua	31.5%		33%		

Al comparar los resultados de la Tabla 23 de consumos de la práctica tradicional con la Tabla 87 se evidencia que el ahorro energético alcanzado se debe a la reducción en el consumo de agua caliente y de iluminación en el paquete primario obligatorio, lo cual está en línea con lo expuesto anteriormente pues por una parte se seleccionó una medida que ahorra tanto en agua como en energía como es el caso de la grifería de duchas y así mismo se seleccionó una medidas de mejora tecnológica en la iluminación y agua caliente.

Como se puede ver en la Tabla 90, los ahorros obtenidos con respecto a la línea base ajustada para el paquete obligatorio propuesto tanto en agua como en energía son más altos en comparación con los obtenidos con el paquete de cumplimiento de la Res 549, lo cual demuestra la equivalencia del presente método con lo requerido por la norma.

4.4. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Vivienda Estrato 5 y 6

4.4.1. Paquetes primarios obligatorios para viviendas estrato 5-6

La Tabla 91 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la Res 549 de la tipología vivienda estrato 5 y 6. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 91 Conjunto de medidas de eficiencia del paquete de cumplimiento con la Res 549 para vivienda estrato 5 y 6

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,3 W/m2
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
Valor SHGC del vidrio	Coeficientes de desempeño del vidrio	0,6
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Colectores solares para calentamiento de Agua	Colector solar	Atender el 40% de la demanda de agua caliente

Medida	Ítem	Parámetro
Ducha ahorradora	Ducha	8,2 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2,7 lpm a 60 PSI
Lavamanos ahorrador	Lavamanos	2,7 lpm a 60 PSI

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que en conjunto de las medidas sumara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso de vivienda 5 y 6 es de 25%. Es importante tener en cuenta que estas medidas coinciden con las seleccionadas para estrato 3 y 4, ya que la resolución no hace una distinción entre vivienda estrato 3, 4 ,5 o 6. Sin embargo más adelante se observa que los ahorros generados difieren dado que la línea base ajustada es diferente.

La Tabla 92 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro obligatorio de vivienda estrato 5 y 6. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética. Adicionalmente este paquete completo de medidas será el sugerido como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6.3).

Tabla 92 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para vivienda estrato 5-6

Medida	Ítem	Parámetro
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,3 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	Sistema central para el 100% de usos de agua caliente
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016

Medida	Ítem	Parámetro
Sensores CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
Colectores solares para calentamiento de agua	Colector solar	Atender el 20% de la demanda de agua caliente
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	Eficiencia de minimo 75%
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 92 está compuesto por dos tipos de medidas por un lado las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la práctica tradicional las cuales no implican un sobrecosto dado que el mercado ha absorbido el costo adicional. Por otra parte, aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético y que además sirven para equiparar el desempeño de agua y energía del paquete de cumplimiento de la Res 549.

A continuación, se listan las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la práctica tradicional que deberían seguirse realizando en la construcción de este tipo de vivienda:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.
- Iluminación LED, la cual disminuye el consumo de iluminación artificial
- Sensores de ocupación para zonas comunes, los cuales contribuyen a la disminución del consumo energético por iluminación artificial
- Sistemas centrales de calentamiento de agua los cuales contribuyen a la eficiencia energética en el consumo de agua caliente.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la costo-efectividad de las mismas buscando igualmente la equivalencia con la Res 549. A continuación, se listan dichas medidas:

- Ventilación natural, la cual no tiene sobrecosto asociado y si trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que habitan las viviendas garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 85 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar.
- Sensores de CO los cuales contribuyen al ahorro energético por el consumo de equipos de extracción de sótanos al usar sistemas de control por demanda y tienen un costo adicional muy bajo en esta tipología.

- Colectores solares para agua caliente: esta medida fue escogida por su alta oportunidad de ahorro en el sistema de agua caliente, sin embargo también fue necesario incluirla debido a la necesidad de tener ahorros iguales o superiores a los que se obtengan con el paquete de la Res 549 el cual incluye la aplicación de esta medida como se puede ver en la Tabla 91.
- Eficiencia en calentadores de agua con el fin de obtener mejores consumos en agua caliente el cual es uno de los sistemas con mayor oportunidad de ahorro en esta tipología.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta es la medida más costo efectiva para vivienda que existe dado el impacto combinado que produce para el ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente.
- Sanitario, lavamanos y grifería de lavaplatos ahorradora: El sanitario de 3.8 l/d se deja como parte del paquete obligatorio de esta tipología con el objetivo de equiparar los requerimientos de ahorro de la resolución 549. Los demás aparatos sanitarios se escogen debido a que son una medida de bajo costo y de impacto alto en el ahorro de agua.

4.4.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio viviendas estrato 5-6

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la Res 549 mostrados en la Tabla 91 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 93.

Tabla 93 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento de la Res 549 vivienda estrato 5-6

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,65	9784,79	9785,44	$ 1.764.634
Enfriamiento	236,95	0	236,95	$ 123.565
Iluminación	124667,67	0	124667,67	$ 65.011.697
Equipos Internos	210805,62	0	210805,62	$ 109.930.915
Ventiladores	2081,93	0	2081,93	$ 1.085.685
Bombas	76,23	0	76,23	$ 39.752
Agua caliente	0	104838,53	104838,53	$ 18.903.435
Total	337869,05	114623,32	452492,37	$ 196.859.683

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 93, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de

consumos y costos del paquete de cumplimiento de la Res 549 para vivienda estrato 5 y 6 se presentan en la Figura 69 y Figura 70 respectivamente.

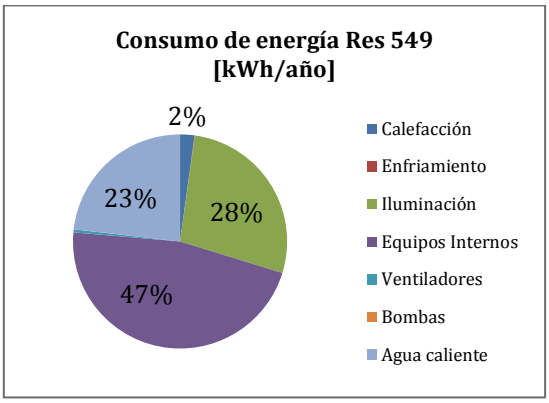


Figura 69 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento de Res 549 vivienda estrato 5-6

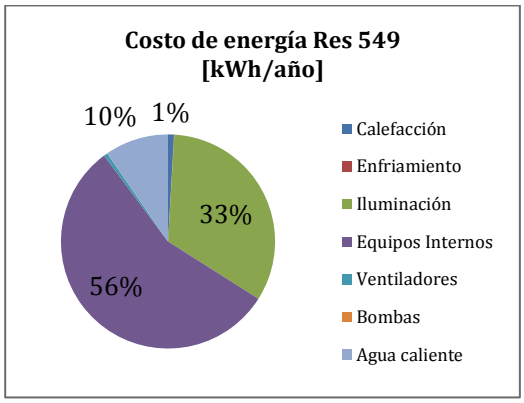


Figura 70 Torta de costo de energía paquete cumplimiento de Res 549 vivienda estrato 5-6

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto de vivienda estrato 5 y 6 mostrados en la Tabla 92 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 94.

Tabla 94 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,13	1927,21	1927,34	$ 347.563
Enfriamiento	1792,41	0	1792,41	$ 934.706
Iluminación	119523,55	0	119523,55	$ 62.329.141
Equipos Internos	210609,3	0	210609,3	$ 109.828.538
Ventiladores	965,73	0	965,73	$ 503.609
Bombas	27,13	0	27,13	$ 14.148
Agua caliente	0	106894,19	106894,19	$ 9.274.091
Total	332918,25	108821,4	441739,65	$ 3.231.796

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 94, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para vivienda estrato 5 y 6 se presentan en la Figura 71 y Figura 72 respectivamente.

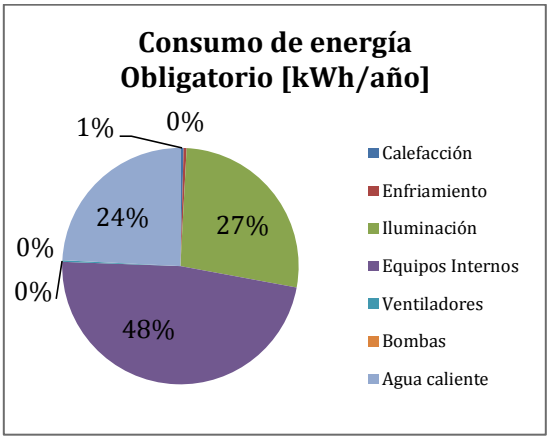


Figura 71 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6

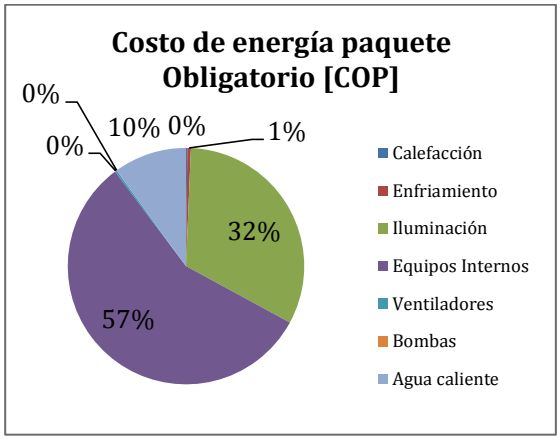


Figura 72 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6

4.4.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio viviendas estrato 5-6

En la Tabla 95 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda estrato 5-6, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio de cumplimiento de la resolución 549 presentado en la Tabla 91.

Tabla 95 Resultados cálculo consumo de agua para paquete Res 549 vivienda estrato 5-6

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Resolución 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1315,31	$ 11.405.087,69
Lavamanos	682,95	$ 5.921.872,46
Duchas	5531,06	$ 47.959.855,94
Lavaplatos	682,95	$ 5.921.872,46
Total	8212,28	$ 71.208.688,55

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 95, se genera una torta de consumos y de costos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda estrato 5-6 para el paquete obligatorio de cumplimiento de la resolución 549 se encuentra en la Figura 73. La Figura 74 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

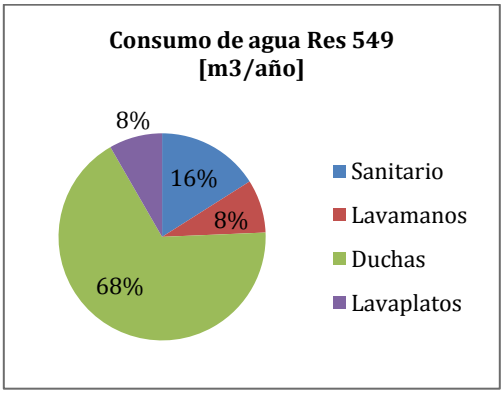


Figura 73 Torta de consumo de agua paquete cumplimiento de la Res 549 vivienda estrato 5-6

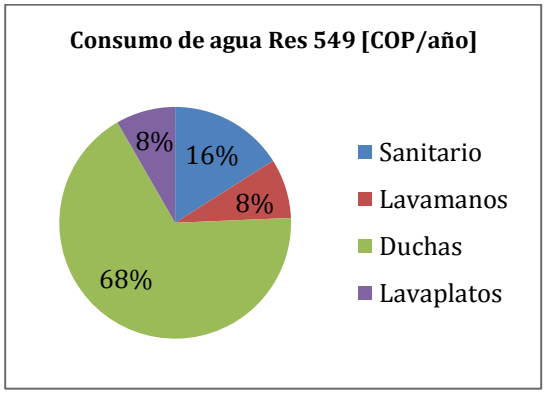


Figura 74 Torta de costo de consumo de agua paquete cumplimiento de laRes 549 vivienda estrato 5-6

En la Tabla 96 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda Estrato 5-6, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto.

Tabla 96 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	961,19	$ 8.334.487,16
Lavamanos	1517,67	$ 13.159.716,57
Duchas	4047,12	$ 35.092.577,52
Lavaplatos	1517,67	$ 13.159.716,57
Total	8043,65	$ 69.746.497,82

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 96, se genera una torta de consumos y costos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda estrato 5-6 para el paquete obligatorio propuesto se encuentra en la Figura 75. La Figura 76 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

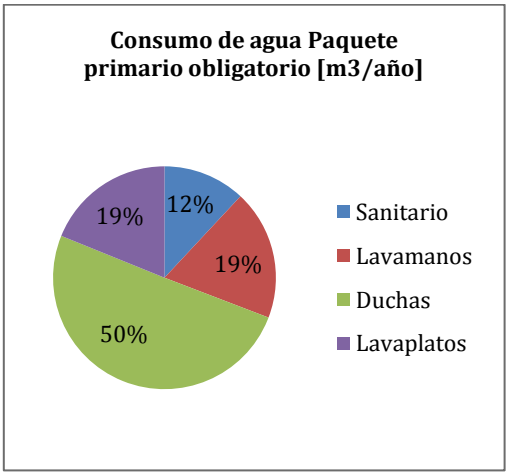


Figura 75 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6

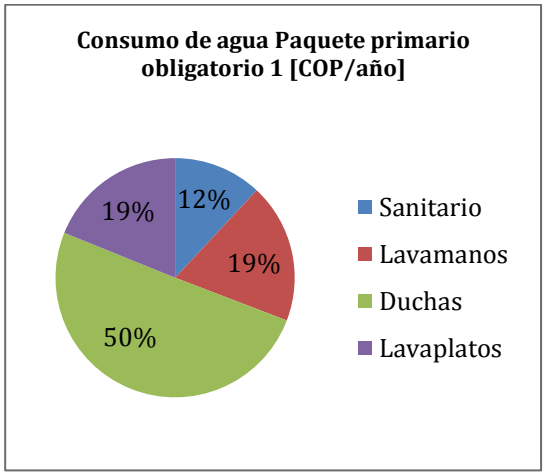


Figura 76 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6

4.4.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para viviendas estrato 5-6

La Tabla 97 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua de los paquetes obligatorios con respecto a la línea base ajustada, además de los porcentajes de inversión estimado real, así como el periodo de retorno para la tipología vivienda de estrato 5 y 6.

Tabla 97 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para estrato 5-6

	Paq. Obligatorio Res 549				
	Ahorro Paq Res 549	**Inversión [%]***	**Ahorro Paq Oblig 1**	**Inversión [%]***	**Periodo de Retorno [años]**
Energía	30%	0.88	31%	0.32	0.5
Agua	31.5%		33%		

Para la tipología Estrato 5-6, en el paquete primario obligatorio 1 se tienen lavamanos, lavaplatos, sanitario y ducha con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 32.9%.

Al comparar los resultados de la Tabla 29 de los consumos energéticos de la práctica tradicional con la Tabla 94 se evidencia que el ahorro energético alcanzado se debe a la reducción en el consumo de agua caliente y de iluminación en el paquete primario obligatorio, lo cual está en línea con lo expuesto anteriormente pues por una parte se seleccionó una medida que ahorra tanto en agua como en energía como es el caso de la grifería de duchas y así mismo se seleccionó una medida de mejora tecnológica en la iluminación y agua caliente, de igual forma se observa una disminución en el consumo de ventiladores debido a la

implementación de la estrategia de sensores de CO en parqueaderos, contribuyendo al ahorro energético final alcanzado.

Como se puede ver en la Tabla 97, los ahorros obtenidos con respecto a la línea base ajustada para el paquete obligatorio propuesto tanto en agua como en energía son equivalentes a los obtenidos con el paquete de cumplimiento de la Res 549, lo cual demuestra la equivalencia del presente método con lo requerido por la norma.

4.5. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Oficinas

4.5.1. Paquetes primarios obligatorios para oficinas

La Tabla 98 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la Res 549 de la tipología oficinas. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 98 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para oficinas

Medida	Ítem	Parámetro
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.l
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, solo para zonas comunes.
Control de iluminación por incidencia de luz natural	Sensores de luz día	si
Economizadores de Aire	Economizador	100% Aire exterior
VSD Bombas	variadores de velocidad	si
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	si
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2,7 lpm a 60 PSI
Lavamanos ahorrador	Lavamanos	2,7 lpm a 60 PSI

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que en conjunto de las medidas sumara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso de oficinas es de 30% con respecto a la línea base propuesta por la resolución.

La Tabla 99 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro obligatorio de oficinas. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética. Este paquete completo de medidas será el sugerido como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6.3).

Tabla 99 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para oficinas

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	10 W/m2 para oficinas, 3,5 W/m2 para parqueaderos en sótanos.
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilación natural para el 30% del área del edificio. Incluir sensores de CO2.
Sensores de CO en parqueaderos	sensores de CO	si
Relación ventana pared	Diseño arquitectónico	máximo 50% ventana 50% muro
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1,9 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2 lpm a 60 PSI

Medida	Ítem	Parámetro
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 99 está compuesto por dos tipos de medidas las primeras son las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la práctica tradicional las cuales no implican un sobrecosto dado que el mercado ha absorbido el costo adicional y las segundas son aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético y que además debe equiparar el desempeño de agua y energía del paquete de cumplimiento de la Res 549.

A continuación, se listan las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la práctica tradicional que se incluyeron con el propósito de que se sigan implementando en la construcción de este tipo de edificios:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.
- Iluminación LED, la cual disminuye el consumo de iluminación artificial
- Sensores de ocupación para zonas comunes, los cuales contribuyen a la disminución del consumo energético por iluminación artificial
- Relación ventana/pared la cual favorece la estabilidad térmica del edificio
- Orinal ahorrador los cuales contribuyen al ahorro en el consumo de agua

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la costo-efectividad de las mismas buscando igualmente la equivalencia con la Res 549. A continuación, se listan dichas medidas:

- Ventilación natural, la cual trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que ocupan los edificios garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 99 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 y adicionalmente debe ser complementada con el uso de sensores de CO2 con el fin de que el sistema pueda operarse de la forma mas adecuada, se recomienda realizar para el 30% del área del edificio.
- Control de luz día y control de ocupación para todos los espacios interiores contribuyendo al ahorro energético en el sistema de iluminación el cual tiene un 37% en la porción de la torta de consumos del paquete primario de la practica tradicional.
- Sensores de CO los cuales contribuyen al ahorro energético por el consumo de equipos de extracción al usar sistemas de control por demanda y tienen un sobre costo muy bajo en esta tipología.

- Lavamanos y grifería de lavaplatos ahorradora lo cuales contribuyen al ahorro en el consumo de agua. La optimización del consumo de lavamanos se identificó como la oportunidad de ahorro más grande en la torta de consumos del paquete de prácticas comunes
- Sanitario ahorrador: Aunque el sanitario corresponde a más del 30% de la torta de consumos en el paquete primario de la práctica común, se asignó un sanitario de doble descarga con consumo promedio de 5.2 lpd al paquete obligatorio, el cual es mayor que el de la línea base ajustada (4.8 lpd). Esto debido a que se busca dar flexibilidad e inclusión a los proyectos de la tipología Oficina de menor tamaño, que no requieran instalar sanitarios de fluxómetro.

4.5.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio oficinas

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la Res 549 mostrados en la Tabla 98 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 100.

Tabla 100 Resultados consumo de energía para paquete cumplimiento Res 549 oficina

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	2,13	23197,6	23199,73	$ 3.850.576
Enfriamiento	39853,98	0	39853,98	$ 17.487.129
Iluminación	116444,17	0	116444,17	$ 51.093.373
Equipos Internos	170021,99	0	170021,99	$ 74.602.249
Ventiladores	110083,12	0	110083,12	$ 48.302.271
Bombas	47,78	0	47,78	$ 20.965
Total	436453,17	23197,6	459650,77	$ 195.356.564

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 100, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete de cumplimiento de la Res 549 para oficinas se presentan en la Figura 77 y Figura 78 respectivamente.

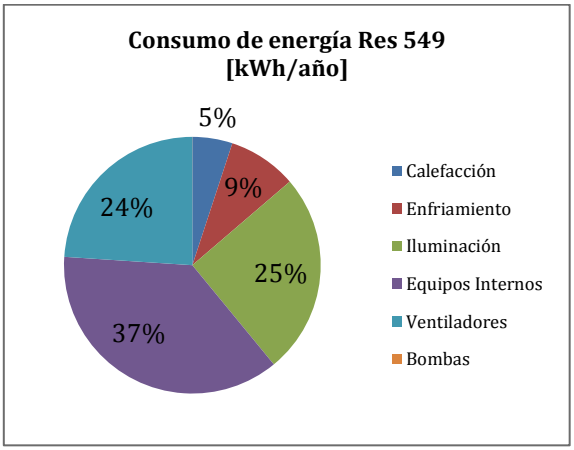


Figura 77 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 oficinas

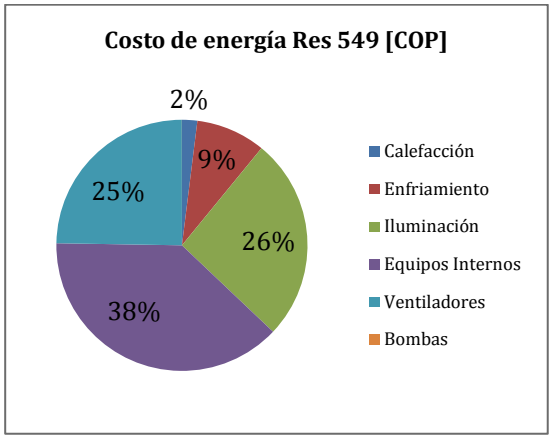


Figura 78 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 oficinas

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto de oficinas mostrados en la Tabla 99 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 101.

Tabla 101 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto oficinas

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	2,23	24327,86	24330,09	$ 4.038.187
Enfriamiento	41411,74	0	41411,74	$ 18.170.643
Iluminación	134012,13	0	134012,13	$ 58.801.842
Equipos Internos	170021,99	0	170021,99	$ 74.602.249
Ventiladores	85411,51	0	85411,51	$ 37.476.862
Bombas	50,76	0	50,76	$ 22.272
Total	430910,36	24327,86	455238,22	$ 193.112.056

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 101, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio para oficinas se presentan en la Figura 79 y Figura 80 respectivamente.

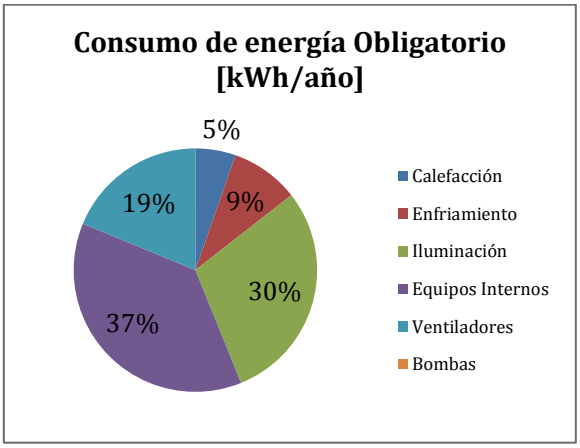


Figura 79 Torta de consumo de energía paquete obligatorio oficinas

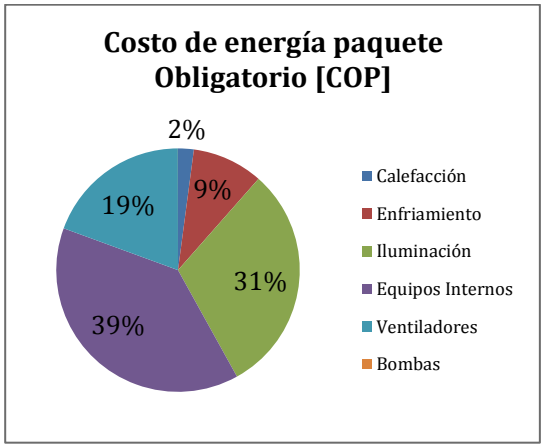


Figura 80 Torta de costo de energía paquete obligatorio oficinas

4.5.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio oficinas

En la Tabla 102 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento resolución 549 oficinas se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología oficinas, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio que da cumplimiento a la resolución 549.

Tabla 102 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento resolución 549 oficinas

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Resolución 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2262,00	$ 17.747.652,00
Orinal	217,50	$ 1.706.505,00
Lavamanos	880,88	$ 6.911.345,25
Lavaplatos	146,81	$ 1.151.890,88
Total	3507,19	$ 27.517.393,13

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 92, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para oficinas para el paquete obligatorio de la resolución 549 se encuentra en la Figura 81. La Figura 82 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

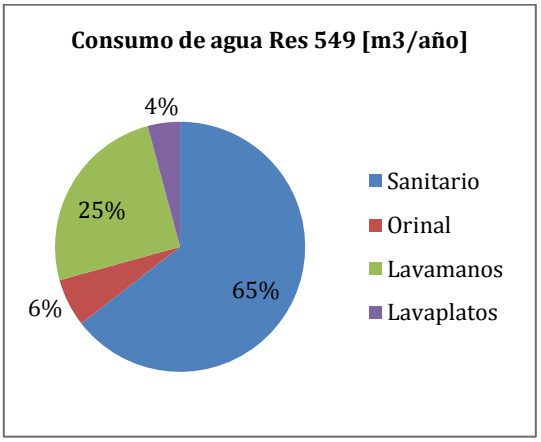


Figura 81 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 oficinas

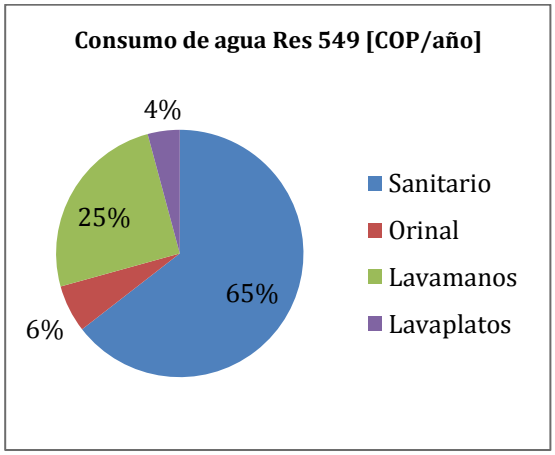


Figura 82 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 oficinas

En la Tabla 103 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de oficinas, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto.

Tabla 103 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio oficinas

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2262	$ 17.747.652,00
Orinal	413.25	$ 3.242.359,50
Lavamanos	652,5	$ 5.119.515,00
Lavaplatos	108,75	$ 853.252,50
Total	3436.5	$ 26.962.779,00

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 103, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para oficinas para el paquete obligatorio 1 se encuentra en la Figura 83. La Figura 84 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

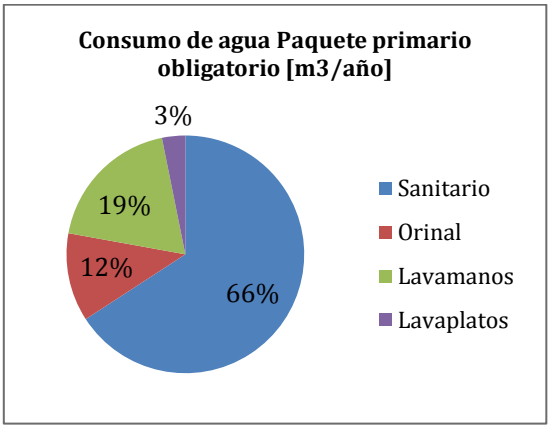


Figura 83 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto oficinas

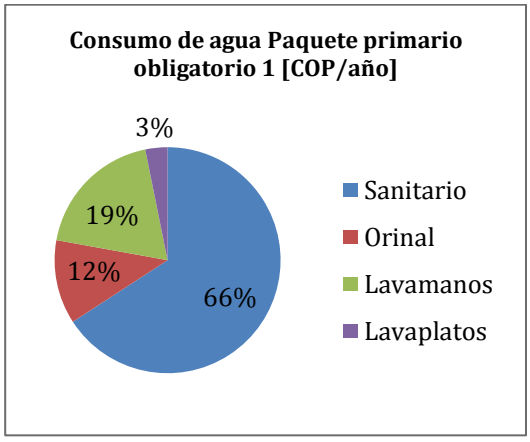


Figura 84 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto oficinas

4.5.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para oficinas

La Tabla 104 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete de cumplimiento de la resolución 549 y del paquete obligatorio propuesto con respecto a la línea base ajustada para oficinas, además de los porcentajes de inversión objetivo y estimado real, así como el periodo de retorno.

Tabla 104 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para oficinas

	Paq. Obligatorio Res 549		Paq. Obligatorio Propuesto		
	Ahorro Paq Res 549	**Inversión [%]***	**Ahorro Paq Oblig 1**	**Inversión [%]***	**Periodo de Retorno [años]**
Energía	20%	1.42	20%	0.6	1
Agua	42.4%		44%		

Gracias a que la selección de medidas estuvo encaminada a sistemas con grandes oportunidades de ahorro en la torta de consumos de energía del paquete primario (iluminación, tomas, HVAC) y que además fuesen costo efectivas, se obtuvieron ahorros en dichos sistemas y por tanto en el desempeño global del edificio. Lo anterior se puede corroborar al comparar la Tabla 35 de consumos de la práctica común con la Tabla 101.

En cuanto al ahorro de agua, en el paquete primario obligatorio tiene lavamanos y lavaplatos con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 43.5%. El aumento del consumo frente a la línea base del sanitario de doble descarga se compensa con la gran reducción en equipos de flujo, al pasar de un lavamanos de

9.6 lpm en la línea base ajustada a 2 lpm en el paquete obligatorio y de un lavaplatos de 8.3 lpm a 2 lpm.

Como se puede ver en la Tabla 104, los ahorros obtenidos con respecto a la línea base ajustada para el paquete obligatorio tanto en agua como en energía son más altos en comparación con los obtenidos con el paquete de cumplimiento de la Res 549, lo cual demuestra la equivalencia del presente método con lo requerido por la norma.

4.6. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Centros Comerciales

4.6.1. Paquetes primarios obligatorios para centros comerciales

La Tabla 105 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la resolución 549 para la tipología de centros comerciales. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 105 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para centros comerciales

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	16,52 W/m2; Parqueadero 1,45 W/m2
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Control de iluminación por incidencia de luz natural	Sensores de luz día	si
VSD Bombas	Variadores de velocidad	si
Corrección factor de potencia	factor de potencia	Mayor a 0.9
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2,7 lpm a 60 PSI
Lavamanos ahorrador	Lavamanos	2,7 lpm a 60 PSI

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de

ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que en conjunto de las medidas sumara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso de centros comerciales es de 25% con respecto a la línea base establecida en la resolución.

La Tabla 106 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro obligatorio de centros comerciales. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética. Adicionalmente este paquete completo de medidas será el sugerido como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6.3).

Tabla 106 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para centros comerciales

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	16,52 W/m2; Parqueadero 1,45 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si, para parqueaderos y zonas de servicio
Control de iluminación por incidencia de luz natural	Sensores de luz día	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Sensores de CO en parqueaderos	sensores de CO	si
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilación natural para zonas comunes. Incluir sensores de CO2.
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1 lpd
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI
Lavaplatos convencional	Lavaplatos	8.3 lpm

El paquete obligatorio de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 106 está compuesto por dos tipos de medidas el primero con las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto dado que el mercado ha absorbido estás tecnologías y el segundo por aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético y que además debe equiparar el desempeño de agua y energía del paquete de la resolución 549.

A continuación, se listan las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la práctica tradicional que se incluyeron con el propósito de que se sigan implementando en la construcción de este tipo de edificios:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.
- Iluminación LED, la cual disminuye el consumo de iluminación artificial.
- Sensores de ocupación para zonas comunes, los cuales contribuyen a la disminución del consumo energético por iluminación artificial.

Dentro de este paquete se incluyen otras medidas tomadas de la práctica común que no constituyen ahorro dado que su consumo es igual al de la línea base, tal es el caso del lavaplatos convencional. Es importante incluir esta medida dentro del paquete, ya que en el mercado pueden existir equipos con consumos mayores al mostrado y se debe garantizar que el desempeño de este paquete cumpla con el ahorro requerido.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la costo-efectividad de las mismas buscando igualmente la equivalencia con la resolución 549 de 2015. A continuación se listan dichas medidas:

- Ventilación natural, la cual trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios, así como beneficios en la salud de las personas que ocupan el edificio garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 106 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar y adicionalmente debe ser complementada con el uso de sensores de CO2 con el fin de que el sistema pueda operarse de la forma mas adecuada. La medida se recomienda para las zonas comunes del centro comercial.
- Control de luz día para todos los espacios interiores que tengan acceso a luz día contribuyendo al ahorro energético en el sistema de iluminación, el cual constituye el mayor porcentaje de consumo con un 73% en la porción del paquete primario de la práctica tradicional.
- Sensores de CO los cuales contribuyen al ahorro energético por el consumo de equipos de extracción en sótanos al usar sistemas de control por demanda y tienen un costo de inversión muy bajo en esta tipología.

- Lavamanos y orinal ahorrador los cuales contribuyen al ahorro en el consumo de agua. La optimización del consumo de lavamanos se identificó como la oportunidad de ahorro más grande en la torta de consumos del paquete de prácticas comunes
- Sanitario ahorrador: Aunque el sanitario corresponde al 40% de la torta de consumos en el paquete primario de la práctica común, se asignó un sanitario de doble descarga con consumo promedio de 5.2 lpd al paquete obligatorio, el cual es mayor que el de la línea base ajustada (4.8 lpd). Esto debido a que se busca dar flexibilidad e inclusión a los proyectos de la tipología Centro Comercial de menor tamaño, que no requieran instalar sanitarios de fluxómetro.

4.6.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio centros comerciales

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la resolución 549 para centros comerciales mostrados en la Tabla 105 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 107.

Tabla 107 Resultados consumo de energía para paquete cumplimiento resolución 549 centros comerciales

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,52	22217,7	22218,22	$ 3.687.208
Enfriamiento	206930,9	0	206930,9	$ 71.914.696
Iluminación	1433266,71	0	1433266,71	$ 498.103.180
Equipos Internos	261657,29	0	261657,29	$ 90.933.758
Ventiladores	45996,27	0	45996,27	$ 15.985.084
Bombas	303,14	0	303,14	$ 105.350
Total	1948154,83	22217,7	1970372,53	$ 680.729.275

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 107, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete de cumplimiento de la resolución 549 para centros comerciales se presentan en la Figura 85 y Figura 86 respectivamente.

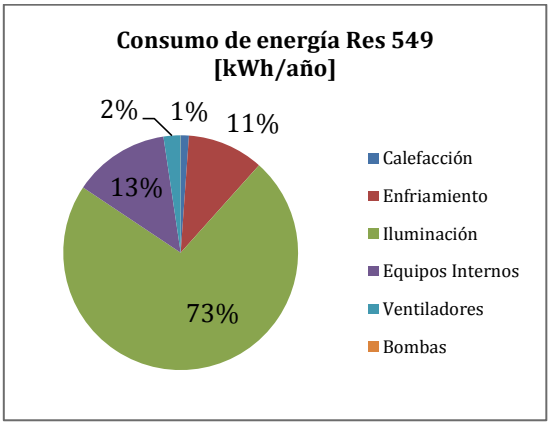


Figura 85 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 centros comerciales

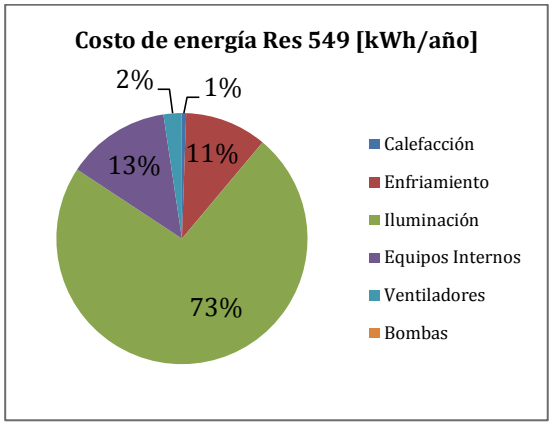


Figura 86 Torta de costos de energía paquete cumplimiento Res 549 centros comerciales

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio de centros comerciales mostrados en la Tabla 106 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 108.

Tabla 108 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto centros comerciales

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,59	24900,22	24900,81	$ 4.132.397
Enfriamiento	182731,5	0	182731,5	$ 63.504.678
Iluminación	1433266,71	0	1433266,71	$ 498.103.180
Equipos Internos	261657,29	0	261657,29	$ 90.933.758
Ventiladores	34524,34	0	34524,34	$ 11.998.244
Bombas	121,96	0	121,96	$ 42.385
Total	1912302,39	24900,22	1937202,61	$ 668.714.641

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 108, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio para centros comerciales se presentan en la Figura 87 y Figura 88 respectivamente.

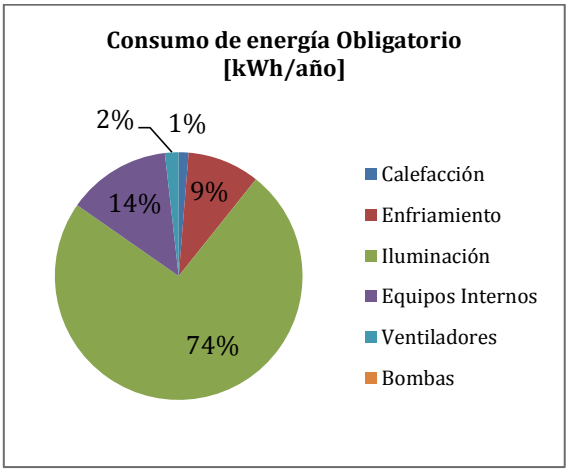


Figura 87 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto centros comerciales

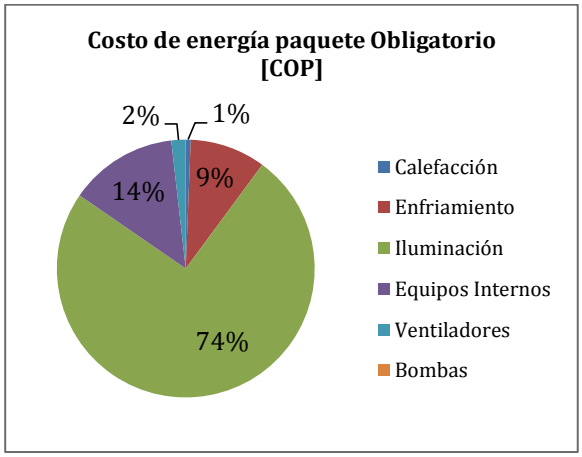


Figura 88 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto centros comerciales

4.6.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio centros comerciales

En la Tabla 109 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de centros comerciales, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio de cumplimento de la resolución 549 de 2015.

Tabla 109. Resultados cálculo consumo de agua para paquete Res 549 centro comercial

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Resolución 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	4191,07	$ 32.883.125,02
Orinal	331,80	$ 2.603.328,30
Lavamanos	1536,00	$ 12.051.458,35
Lavaplatos	127,87	$ 1.003.257,23
Total	6186,74	$ 48.541.168,91

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 109, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para centros comerciales para el paquete obligatorio de la resolución 549 se encuentra en la Figura 89. La Figura 90 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

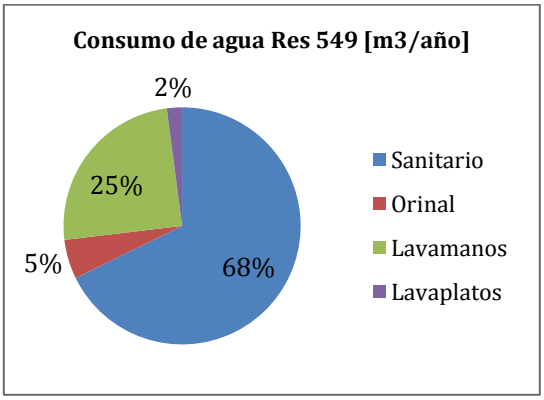


Figura 89 Torta de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 centro comercial

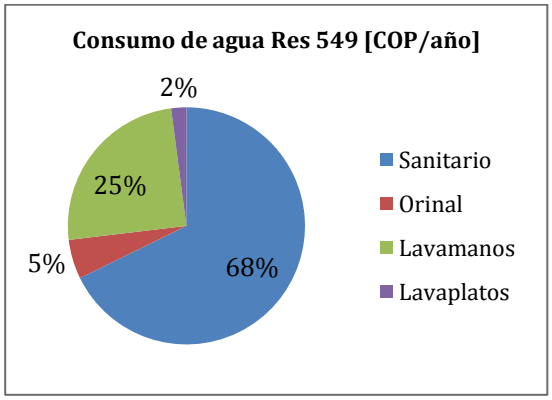


Figura 90 Torta de costo de consumo de agua paquete de cumplimiento Res 549 centro comercial

En la Tabla 110 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de centros comerciales, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto.

Tabla 110 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto centro comercial

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	4191,07	$ 32.883.125,02
Orinal	331,80	$ 2.603.328,30
Lavamanos	1137,78	$ 8.927.006,19
Lavaplatos	284,15	$ 2.229.460,52
Total	5944,80	$ 46.642.920,02

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 110, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para centros comerciales para el paquete obligatorio propuesto se encuentra en la Figura 91. La Figura 92 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

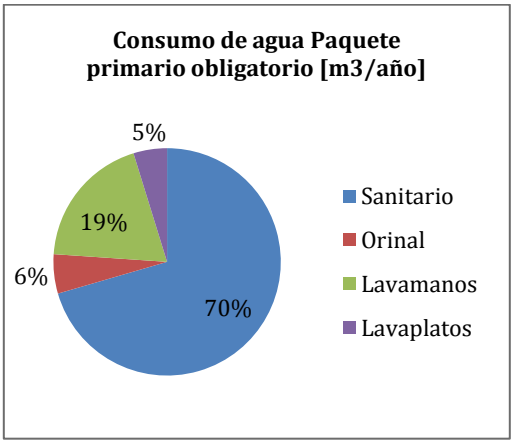


Figura 91 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto centro comercial

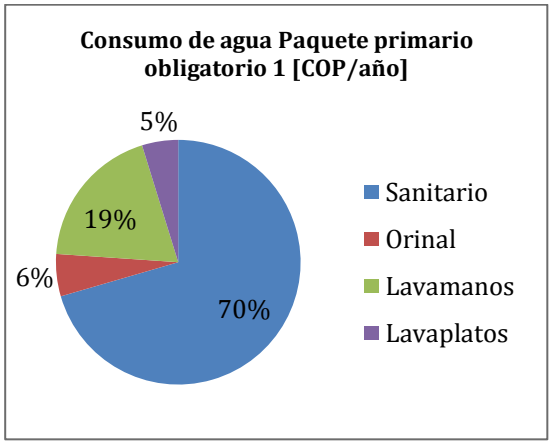


Figura 92 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto centro comercial

4.6.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para centros comerciales

La Tabla 111 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete de cumplimiento de la resolución 549 y del paquete obligatorio propuesto con respecto a la línea base ajustada para centros comerciales, además de los porcentajes de inversión objetivo y estimado real, así como el periodo de retorno.

Tabla 111 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para centros comerciales

	Paq. Obligatorio Res 549		Paq. Obligatorio Propuesto		
	Ahorro Paq Res 549	**Inversión [%]***	**Ahorro Paq Oblig 1**	**Inversión [%]***	**Periodo de Retorno [años]**
Energía	19%	0.43	20%	0.42	1.6
Agua	35.6%		37%		

Gracias a que gran parte de la selección de medidas de eficiencia energética estuvo encaminada hacia la iluminación el cual corresponde al sistema con mayor oportunidad de ahorro en la torta de consumos de energía del paquete primario de centro comercial, se obtuvieron ahorros importantes en dicho sistema y por tanto en el desempeño global del edificio, otras medidas que tienen un costo asociado muy bajo o nulo impactan en el sistema de HVAC el cual también contribuye a la mejora en el ahorro energético. Lo anterior se puede corroborar al comparar la Tabla 41 de los consumos de la práctica común con la Tabla 108.

En cuanto al ahorro de agua, para la tipología centro comercial, en el paquete primario obligatorio propuesto se tienen orinales y lavamanos con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 37%. El aumento del consumo frente a la línea base para el sanitario se compensa con la gran reducción en consumo del orinal (pasa de 1.9 lpd a 1 lpd) y en equipos de flujo, al pasar de un lavamanos de 8.3 lpm en la línea base ajustada a 2 lpm en el paquete obligatorio.

Como se puede ver en la Tabla 111, los ahorros obtenidos con respecto a la línea base ajustada para el paquete obligatorio propuesto tanto en agua como en energía son más altos en comparación con los obtenidos con el paquete de cumplimiento de la Res 549, lo cual demuestra la equivalencia del presente método con lo requerido por la norma.

4.7. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Hoteles

4.7.1. Paquetes primarios obligatorios para hoteles

La Tabla 112 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la resolución 549 de la tipología hoteles. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 112 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para hoteles

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	11 W/ m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Valor SHGC del vidrio	Coeficientes de desempeño del vidrio	0,4
Economizadores de Aire	economizador	100% aire exterior
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2010
VSD bombas	Variadores de Velocidad	si
Sombreado horizontal	Cortasoles	70 grados de VSA
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	si
Ducha ahorradora	Ducha	8,2 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2,7 lpm a 60 PSI
Lavamanos ahorrador	Lavamanos	2,7 lpm a 60 PSI

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que en conjunto de las medidas sumara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso de hoteles es de 20% con respecto a la línea base del estándar.

La Tabla 113 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro obligatorio de hoteles. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética. Adicionalmente este paquete completo de medidas será el sugerido como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6.3).

Tabla 113 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para hoteles

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	11 W/ m2
Control de iluminación por atenuación en parqueaderos de sótanos	Sistema de atenuación de iluminación	si
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.l
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	ASHRAE 90.1 2016
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	Sistemas centrales
Economizadores de Aire	Economizadores	100% aire exterior
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilación natural para zonas comunes. Incluir sensores de CO2.
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2016

Medida	Ítem	Parámetro
Valor SHGC del vidrio	Coeficiente de desempeño	0,4
Valor U del vidrio	Coeficiente de desempeño	1,8
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1,9 lpd
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI
Lavaplatos convencional	Lavaplatos	8.3 lpm
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 113 está compuesto por dos tipos de medidas las primeras son las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto dado que el mercado ha absorbido el costo adicional y las segundas son aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético y que además debe equiparar el desempeño de agua y energía del paquete de la resolución 549 de 2015.

A continuación, se listan las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la práctica tradicional que se incluyeron con el propósito de que se continúen implementando en la construcción de este tipo de edificios:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.
- Iluminación LED y sensores de ocupación para zonas comunes, lo cual disminuye el consumo de iluminación artificial
- Sistemas de calentamiento de agua centrales lo que favorece el consumo eficiente de agua caliente.
- Sensores de CO en parqueaderos y COP para equipos de aire acondicionado, lo cual mejora la eficiencia en sistemas de HVAC
- Valor SHGC del vidrio y valor U del vidrio, lo cual mejora el desempeño de HVAC por tener una envolvente con aislamiento térmico y protección solar.
- Orinal y sanitario ahorrador: Para cumplir con criterios de funcionalidad y flexibilidad, se decidió dejar en el paquete obligatorio un sanitario de doble descarga y un orinal de 1.9 lpd, iguales a los de la línea base ajustada

Dentro de este paquete se incluyen otras medidas tomadas de la práctica común que no constituyen ahorro dado que su consumo es igual al de la línea base, tal es el caso del lavaplatos convencional. Es importante incluir esta medida dentro del paquete, ya que en el mercado pueden existir equipos con consumos mayores al mostrado y se debe garantizar que el desempeño de este paquete cumpla con el ahorro requerido.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la-costo efectividad de las mismas buscando igualmente la equivalencia con la resolución 549. A continuación se listan dichas medidas:

- Ventilación natural para zonas comunes la cual trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios, así como beneficios en la salud de las personas que ocupan el edificio garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 113 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar y adicionalmente debe ser complementada con el uso de sensores de CO2 con el fin de que el sistema pueda operarse de la forma mas adecuada.
- Eficiencia en calentadores a gas contribuyendo al ahorro en consumo de agua caliente el cual corresponde a 37% del consumo del edificio.
- Economizadores de aire los cuales contribuyen al ahorro energético en el consumo de HVAC.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta es la medida más costo efectiva que existe dado el impacto combinado que produce para el ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente.
- Lavamanos y grifería de lavaplatos los cuales contribuyen al ahorro en el consumo de agua.

4.7.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio hoteles

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la resolución 549 de 2015 mostrados en la Tabla 112, se realizó una simulación energética cuyos resultados se presentan en la Tabla 114.

Tabla 114 Resultados consumo de energía para cumplimiento de Res 549 hoteles

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,28	9768,09	9769,37	$ 1.621.576
Enfriamiento	3793,87	0	3793,87	$ 1.664.371
Iluminación	367640,07	0	367640,07	$ 161.283.699
Equipos Internos	90451,54	0	90451,54	$ 39.681.091
Ventiladores	105228,98	0	105228,98	$ 46.163.954
Bombas	26,86	0	26,86	$ 11.783
Agua Caliente	0	166349,95	166349,95	$ 27.605.774

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Total	567142,6	176118,04	743260,64	$ 278.032.247

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 114, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete de cumplimiento de la resolución 549 de 2015 para hoteles se presentan en la Figura 93 y Figura 94 respectivamente.

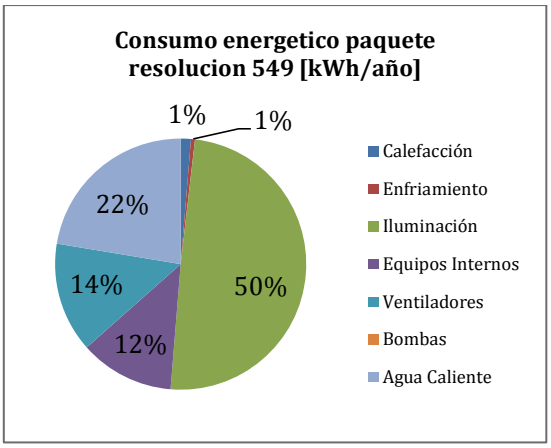


Figura 93 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 hoteles

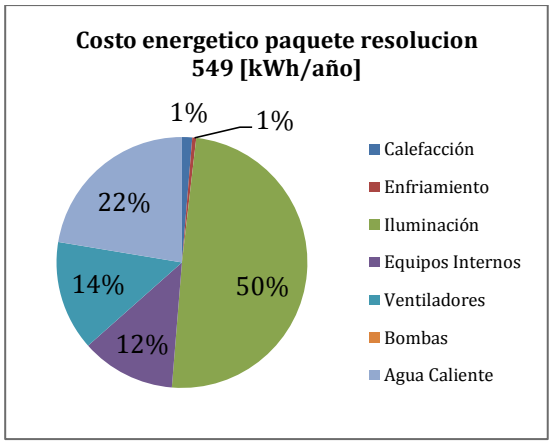


Figura 94 Torta de costos de energía paquete cumplimiento Res 549 hoteles

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto para hoteles presentados en la Tabla 113, se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 115.

Tabla 115 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto hoteles

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	3185,33	471,62	3656,95	$ 1.475.670
Enfriamiento	10078,53	0	10078,53	$ 4.421.451
Iluminación	397142,44	0	397142,44	$ 174.226.388
Equipos Internos	90451,54	0	90451,54	$ 39.681.091
Ventiladores	64892,68	0	64892,68	$ 28.468.419
Bombas	17,34	0	17,34	$ 7.607
Agua Caliente	0	166349,95	166349,95	$ 27.605.774
Total	565767,86	166821,57	732589,43	$ 275.886.400

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 115, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para hoteles se presentan en la Figura 95 y Figura 96 respectivamente.

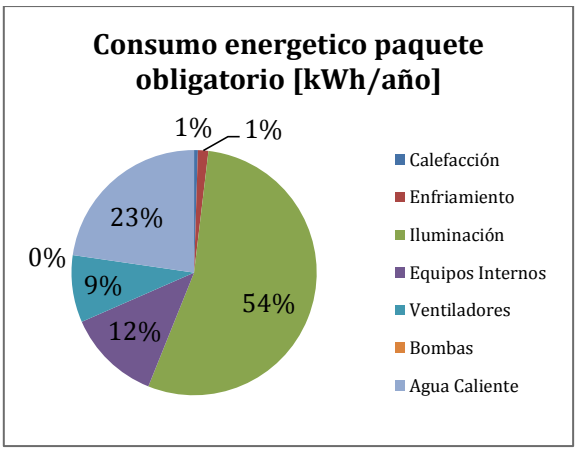


Figura 95 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto hoteles

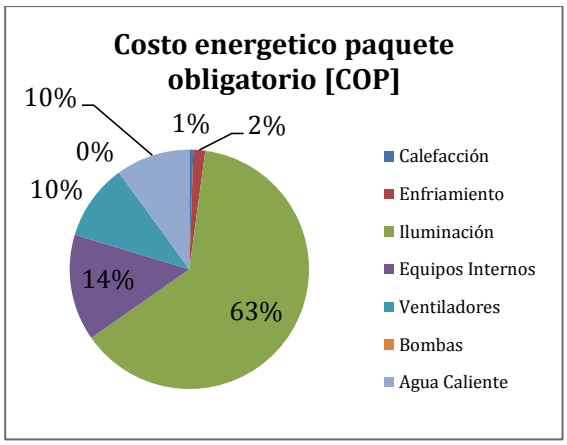


Figura 96 Torta de costos de energía paquete obligatorio propuesto hoteles

4.7.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorio hoteles

En la Tabla 116 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de hoteles, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio de la resolución 549 de 2015.

Tabla 116 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento Res 549 hotel

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Res 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1311,52	$ 10.290.170,23
Orinal	8,40	$ 65.867,17
Lavamanos	669,65	$ 5.254.052,32
Ducha	5147,96	$ 40.390.894,16
Lavaplatos	217.55	$ 1.706.890,43
Total	7355.07	$ 57.707.874,32

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 116, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un

año de operación. La torta de consumos para hoteles para el paquete obligatorio de la resolución 549 se encuentra en la Figura 97. La Figura 98 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

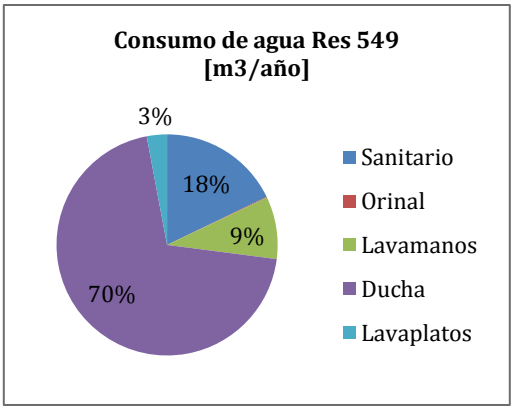


Figura 97 Torta de consumo de agua paquete cumplimiento Res 549 hoteles

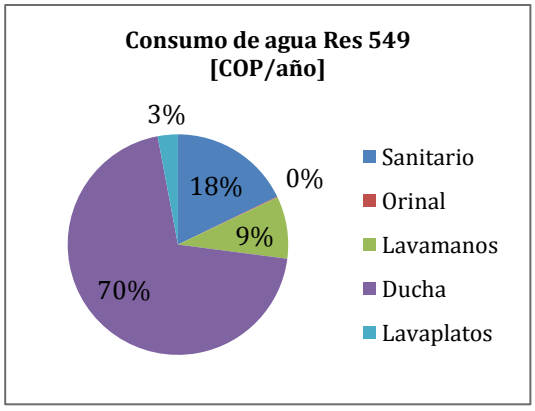


Figura 98 Torta de costo de consumo de agua paquete cumplimiento Res 549 hoteles

En la Tabla 117 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de hoteles utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto.

Tabla 117 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto hoteles

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1311,52	$ 10.290.170,23
Orinal	15,95	$ 125.147,62
Lavamanos	1437,74	$ 11.280.468,81
Ducha	3766,80	$ 29.554.312,80
Lavaplatos	483.44	$ 3.793.089,86
Total	7015.45	$ 55.043.189,32

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 117, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para hoteles para el paquete obligatorio propuesto se encuentra en la Figura 99. La Figura 100 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

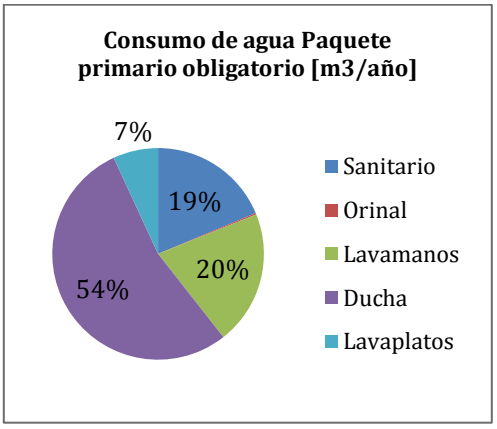


Figura 99 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto hoteles

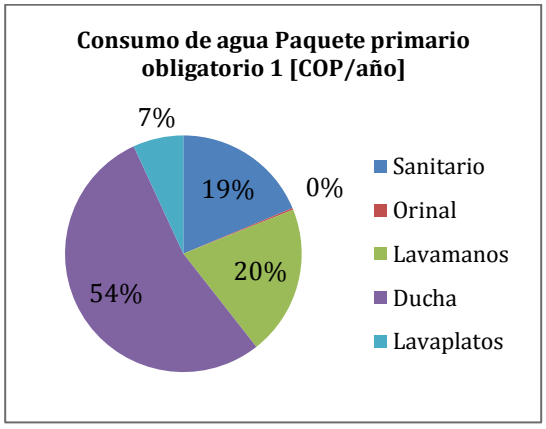


Figura 100 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto hoteles

4.7.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para hoteles

La Tabla 118 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete de cumplimiento de la resolución 549 de 2015 y del paquete obligatorio propuesto con respecto a la línea base ajustada para hoteles, además de los porcentajes de inversión real, así como el periodo de retorno.

Tabla 118 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para hoteles

	Paq. Obligatorio Res 549		Paq. Obligatorio Propuesto		
	Ahorro Paq Res 549	Inversión [%]*	Ahorro Paq Oblig	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	18%	0.72	19%	0.31	1.1
Agua	20.6%		22%		

Los porcentajes de ahorro resultantes responden a la intensión de buscar medidas costo efectivas que impacten en los sistemas con mayor oportunidad de ahorro. En el caso del ahorro energético del hotel la disminución en los consumos de agua caliente, iluminación y HVAC logró hacer que se alcanzara el ahorro de 10% mostrado en la Tabla 118. Lo anterior también se puede corroborar al comparar la Tabla 47 de los consumos de las prácticas tradicionales con la Tabla 115. En cuanto al ahorro en agua, para la tipología de hotel, en el paquete primario obligatorio propuesto se tienen lavamanos con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 22%.

Como se puede ver en la Tabla 118, los ahorros obtenidos con respecto a la línea base ajustada para el paquete obligatorio propuestos tanto en agua como en energía son más altos en

comparación con los obtenidos con el paquete de cumplimiento de la resolución 549 de 2015, lo cual demuestra la equivalencia del presente método con lo requerido por la norma.

4.8. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Colegios

4.8.1. Paquetes primarios obligatorios para colegios

La Tabla 119 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la resolución 549 2015 para la tipología colegios. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 119 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para colegios

Medida	Ítem	Parámetro
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	25% ventana y 75% muro
Valor SHGC del vidrio	Coeficientes de desempeño del vidrio	0,6
Sombreado Horizontal	Cortasoles	70 grados de VSA
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
LED para interiores	Luminarias tipo LED	11 W/ m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2,7 lpm a 60 PSI
Lavamanos ahorrador	Lavamanos	2,7 lpm a 60 PSI

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que en conjunto de las medidas sumara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso de colegios es de 45% con respecto a la línea base de la resolución.

La Tabla 120 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro obligatorio de colegios. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética. Adicionalmente este paquete completo de medidas será el sugerido como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6.3).

Tabla 120 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para colegios

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	11 W/ m2
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.l
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016 para el 70% de las áreas. Incluir sensores de CO2.
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1,9 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 120 está compuesto por dos tipos de medidas, por las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto dado que el mercado ha absorbido estas tecnologías y por aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético y que además deben equiparar el desempeño de agua y energía del paquete de la resolución 549 de 2015.

A continuación se listan las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la práctica tradicional que se incluyeron con el propósito de que sigan realizándose en la construcción de este tipo de edificios:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural y disminuye el uso de iluminación artificial.
- Iluminación LED y sensores de ocupación para zonas comunes, lo cual disminuye el consumo de iluminación artificial

- Orinal: Para cumplir con criterios de funcionalidad y flexibilidad, se decidió dejar en el paquete obligatorio un orinal de 1.9 lpd, igual al de la línea base ajustada

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la costo-efectividad de las mismas buscando igualmente la equivalencia con la resolución. A continuación se listan dichas medidas:

- Ventilación natural, la cual trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios, así como beneficios en la salud de las personas que ocupan el edificio garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 120 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar y adicionalmente debe ser complementada con el uso de sensores de CO2 con el fin de que el sistema pueda operarse de la forma mas adecuada.
- Sanitario ahorrador: Aunque el sanitario corresponde al 35% de la torta de consumos en el paquete primario de la práctica común, se asignó un sanitario de doble descarga con consumo promedio de 5.2 lpd al paquete obligatorio, el cual es mayor que el de la línea base ajustada (4.8 lpd). Esto debido a que se busca dar flexibilidad e inclusión a los proyectos de la tipología de colegios de menor tamaño, que no requieran instalar sanitarios de fluxómetro
- Lavamanos y grifería de lavaplatos los cuales contribuyen al ahorro en el consumo de agua. La optimización del consumo de lavamanos se identificó como la oportunidad de ahorro más grande en la torta de consumos del paquete de prácticas comunes

4.8.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorios colegios

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la resolución 549 de 2015 mostrados en la Tabla 119 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 121.

Tabla 121 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento de Res 549 colegios

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	2,01	29379,76	29381,77	$ 4.876.152
Enfriamiento	25333,21	0	25333,21	$ 7.318.258
Iluminación	343258,06	0	343258,06	$ 99.160.388
Equipos Internos	136701,35	0	136701,35	$ 39.490.286
Ventiladores	40005,65	0	40005,65	$ 11.556.832
Bombas	156,46	0	156,46	$ 45.198
Total	545456,74	29379,76	574836,5	$ 162.447.114

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 121, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete de cumplimiento de la resolución 549 de 2015 para colegios se presentan en la Figura 101 y Figura 102 respectivamente

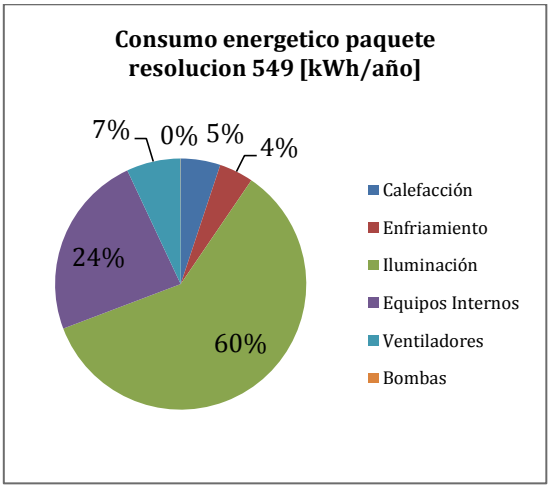


Figura 101 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 colegios

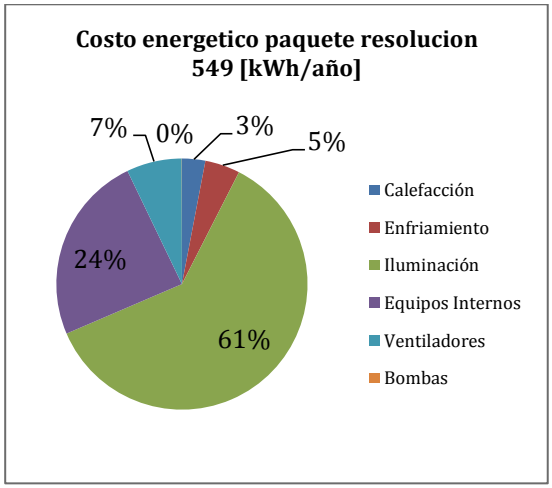


Figura 102 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 colegios

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio de colegios mostrados en la Tabla 120 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 122.

Tabla 122 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto colegios

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,55	22953,73	22955,28	$ 3.809.619
Enfriamiento	21870,37		21870,37	$ 6.317.912
Iluminación	353054,79		353054,79	$ 101.990.468
Equipos Internos	136701,35		136701,35	$ 39.490.286
Ventiladores	36264,24		36264,24	$ 10.476.014
Bombas	135,17		135,17	$ 39.048
Total	548027,47	22953,73	570981,2	$ 162.123.347

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 122, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de

consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para colegios se presentan en la Figura 103 y Figura 104 respectivamente.

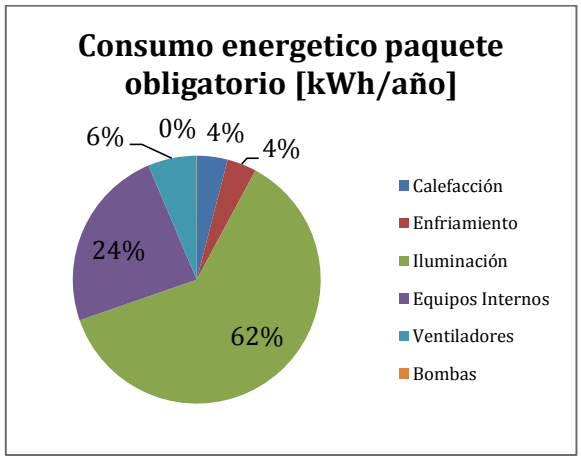


Figura 103 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto colegios

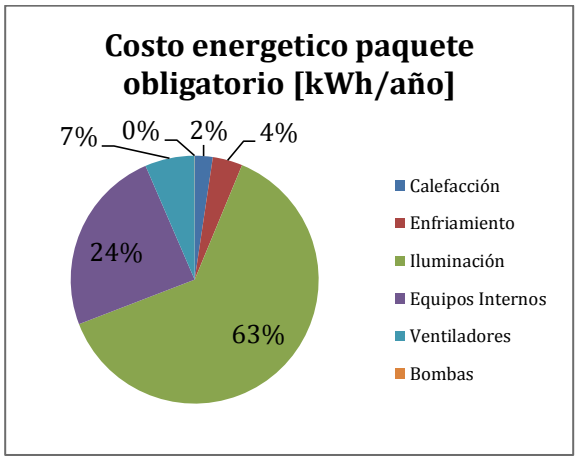


Figura 104 Torta de costo consumo de energía paquete obligatorio propuesto colegios

4.8.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete obligatorios colegios

En la Tabla 123 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de colegios utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio de cumplimiento de la resolución 549 de 2015.

Tabla 123 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento Res 549 colegios

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Resolución 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	13088,09	$ 68.463.788,33
Orinal	1258,47	$ 6.583.056,57
Lavamanos	5096,80	$ 26.661.379,11
Lavaplatos	849,47	$ 4.443.563,18
Total	20292,83	$ 106.151.787,19

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 123, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para colegios para el paquete obligatorio

de la resolución 549 se encuentra en la Figura 105. La Figura 106 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

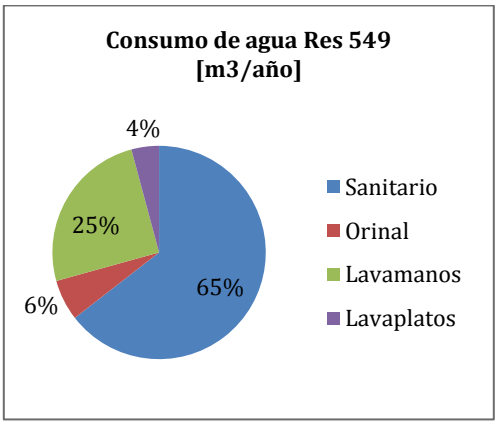


Figura 105 Torta de consumo de agua paquete Res 549 Colegios

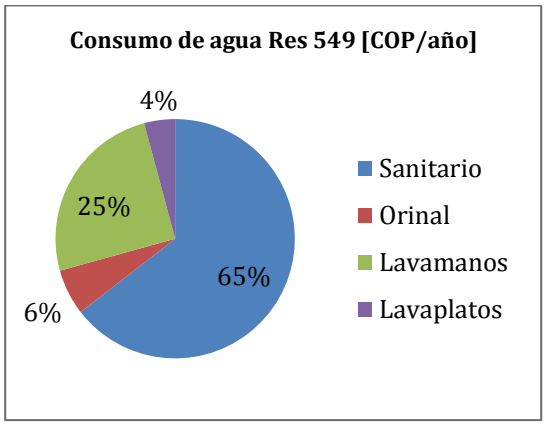


Figura 106 Torta de costo de consumo de agua paquete Res 549 Colegios

En la Tabla 124 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de colegios, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto.

Tabla 124 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto colegios

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	13088,09	$ 68.463.788,33
Orinal	2391,09	$ 12.507.807,48
Lavamanos	3775,41	$ 19.749.169,71
Lavaplatos	629,24	$ 3.291.528,29
Total	19883,83	$ 104.012.293,81

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 124, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para colegios para el paquete obligatorio 1 se encuentra en la Figura 107. La Figura 108 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

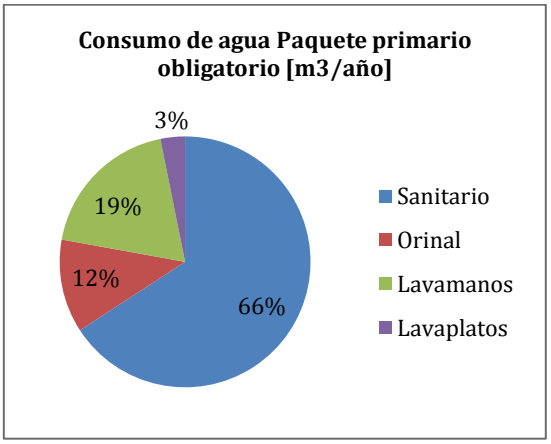


Figura 107 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto colegios

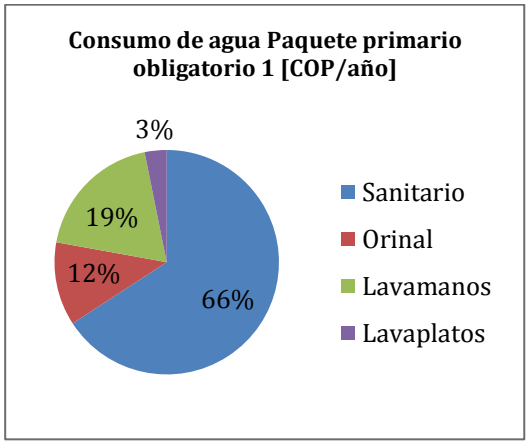


Figura 108 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto colegios

4.8.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para colegios

La Tabla 118 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete de cumplimiento de la resolución 549 de 2015 y del paquete obligatorio propuesto con respecto a la línea base ajustada para colegios, además de los porcentajes de inversión estimada, así como el periodo de retorno.

Tabla 125 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para Colegios

	Paq. Obligatorio Res 549		Paq. Obligatorio Propuesto		
	Ahorro Paq Res 549	**Inversión [%]***	**Ahorro Paq Oblig 1**	**Inversión [%]***	**Periodo de Retorno [años]**
Energía	8%	1.2	8%	0.11	0.1
Agua	38.0%		40 %		

Las medidas energéticas propuestas estuvieron encaminadas hacia la mejora en el consumo de la iluminación, así como la mejora en el consumo de ventilación los cuales son los dos sistemas que tienen mayor oportunidad de ahorro según la distribución de consumos para la tipología (57% para iluminación y 11% para ventilación) y a partir de las cuales se obtiene el ahorro total de 8%. En cuanto al ahorro en agua, en el paquete primario obligatorio propuesto se tienen lavamanos y lavaplatos con consumos mucho menores que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 39.3%. El aumento del consumo frente a la línea base para el sanitario se compensa con la gran reducción en consumo de equipos de flujo, al pasar de un lavamanos de 8.3 lpm en la línea base ajustada a 2 lpm en el paquete obligatorio y de un lavaplatos de 8.3 lpm a 2 lpm.

Como se puede ver en la Tabla 125, los ahorros obtenidos con respecto a la línea base ajustada para el paquete obligatorio tanto en agua como en energía son iguales o superiores en comparación con los obtenidos con el paquete de cumplimiento de la Res 549, lo cual demuestra la equivalencia del presente método con lo requerido por la norma.

4.9. Porcentaje Obligatorio de Ahorro para Hospitales

4.9.1. Paquetes de simulación energética obligatorios hospitales

La Tabla 126 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas para generar el ahorro obligatorio para cumplir con la resolución 549 de 2015 para la tipología de hospitales. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro de la resolución el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 126 Conjunto de medidas de eficiencia para cumplir con la Res 549 para hospitales

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	8 W/m2
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Control de iluminación por incidencia de luz natural	Sensores de luz día	si
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2010
VDS torres de enfriamiento	Variadores de velocidad	si/no
VSD bombas	Variadores de velocidad	si/no
Valor SHGC del vidrio	Coeficientes de desempeño del vidrio	0,6
Sombreado horizontal	Cortasoles	70 grados de VSA
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ducha ahorradora	Ducha	8,2 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2,7 lpm a 60 PSI
Lavamanos ahorrador	Lavamanos	2,7 lpm a 60 PSI

Las medidas listadas fueron tomadas de la matriz de implementación del anexo 1 de la resolución 549 de 2015, para su selección se tuvieron en cuenta aspectos tales como: potencial de ahorro, impacto en costo y periodo de retorno de manera que en conjunto de las medidas sumara el ahorro requerido para el segundo año de aplicación de la norma que para el caso de hospitales es de 35% con respecto a la línea base de las resolución.

La Tabla 127 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro obligatorio de hospitales. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética. Adicionalmente este paquete completo de medidas será el sugerido como el paquete de medidas del método prescriptivo a ser incluido por parte de la Secretaría Distrital de Planeación en el Protocolo de Implementación (ver sección 6.3).

Tabla 127 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario obligatorio propuesto para hospitales

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	8 W/m2
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.l
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1, ventilación natural para zonas de servicio y oficinas. Incluir sensores de CO2.
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	Sistemas centrales
Economizadores de aire	Economizadores	100 % aire exterior
Eficiencia en Calentadores a gas	Calentadores a gas	ASHRAE 90.1 2016
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2016, equipos eficientes para zonas criticas
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	30% ventana 70% muro
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario privado ahorrador	Sanitario	5,2 lpd
Sanitario público ahorrador	Sanitario	4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1,9 lpd

Medida	Ítem	Parámetro
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 127 está compuesto por dos tipos de medidas en primer lugar por las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto dado que el mercado ha absorbido el costo adicional y en segunda instancia por aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético y que además debe equiparar el desempeño de agua y energía del paquete de la resolución 549 de 2015.

A continuación se listan las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la práctica tradicional que se incluyeron con el propósito de que sigan realizándose en la construcción de este tipo de edificios:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural y disminuye el uso de iluminación artificial.
- Iluminación LED, lo cual disminuye el consumo de iluminación artificial
- Sistemas de calentamiento de agua centrales lo que favorece el consumo eficiente de agua caliente.
- Sensores de CO en parqueaderos y COP para equipos de aire acondicionado, lo cual mejora la eficiencia en sistemas de HVAC
- Relación ventana pared, el cual contribuye a la estabilidad térmica del edificio
- Griferia de lavaplatos ahorradora
- Orinal ahorrador: Para cumplir con criterios de funcionalidad y flexibilidad, se decidió dejar en el paquete obligatorio un sanitario de doble descarga y un orinal de 1.9 lpd, iguales a los de la línea base ajustada
- Sanitario público ahorrador, el cual contribuye al ahorro en el consumo de agua

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la costo-efectividad de las mismas buscando igualmente la equivalencia con la Res 549. A continuación se listan dichas medidas:

- Ventilación natural para zonas de servicio la cual trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios así como beneficios en la salud de las personas que ocupan el edificio garantizando una calidad de aire adecuada más teniendo en cuenta el uso de esta tipología. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 127 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 y adicionalmente debe ser

complementada con el uso de sensores de CO2 con el fin de que el sistema pueda operarse de la forma mas adecuada.

- Eficiencia en calentadores a gas contribuyendo al ahorro en consumo de agua caliente.
- Economizadores y COP para sistemas de HVAC los cuales contribuyen al ahorro energético en el consumo de aire acondicionado y ventilación mecánica.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta es la medida más costo efectiva que existe dado el impacto combinado que produce para el ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente.
- Sanitario privado ahorrador: Aunque el sanitario corresponde a más del 20% de la torta de consumos en el paquete primario de la práctica común, se asignó un sanitario en habitaciones de doble descarga con consumo promedio de 5.2 lpd al paquete obligatorio, el cual es mayor que el de la línea base ajustada (4.8 lpd). Esto debido a que se busca cumplir con criterios de funcionalidad y flexibilidad en estos espacios.
- Llavamanos privados y públicos, los cuales contribuyen al ahorro en el consumo de agua. La optimización del consumo de lavamanos se identificó como la oportunidad de ahorro más grande en la torta de consumos del paquete de prácticas comunes

4.9.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación obligatorio hospitales

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete para cumplir con la resolución 549 de 2015 mostrados en la Tabla 126 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 128.

Tabla 128 Resultados consumo de energía para paquete de cumplimiento de Res 549 hospitales

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	57,82	297010,69	297068,51	$ 49.314.294
Enfriamiento	114277,07	0	114277,07	$ 50.142.493
Iluminación	891284,12	0	891284,12	$ 391.077.646
Equipos Internos	839318,01	0	839318,01	$ 368.275.956
Ventiladores	228044,97	0	228044,97	$ 100.061.572
Bombas	692,32	0	692,32	$ 303.776
Agua caliente	0	141665,61	141665,61	$ 23.509.408
Total	2073674,31	438676,3	2512350,61	$ 959.175.738

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 128, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y

costos del paquete de cumplimiento de la resolución 549 de 2015 para hospitales se presentan en la Figura 109 y Figura 110 respectivamente.

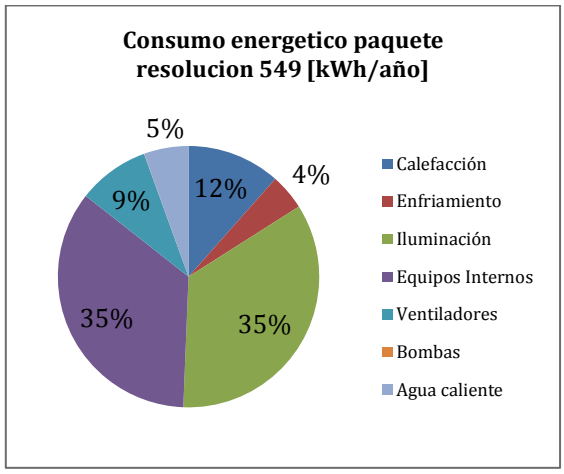


Figura 109 Torta de consumo de energía paquete cumplimiento Res 549 hospitales

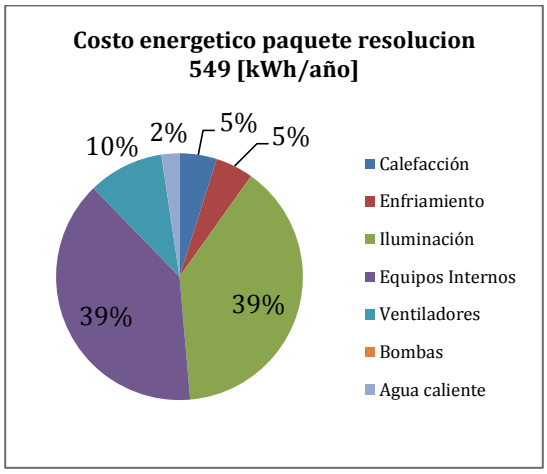


Figura 110 Torta de costos de energía paquete cumplimiento Res 549 hospitales

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio de hoteles mostrados en la Tabla 127 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 129.

Tabla 129 Resultados consumo de energía para paquete obligatorio propuesto hospitales

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	25,22	226194,7	226219,92	$ 37.548.076
Enfriamiento	182139,75	0	182139,75	$ 79.919.280
Iluminación	891284,12	0	891284,12	$ 391.077.646
Equipos Internos	839318,01	0	839318,01	$ 368.275.956
Ventiladores	245532,04	0	245532,04	$ 107.734.549
Bombas	9001,74	0	9001,74	$ 3.949.783
Agua caliente	0	103685,15	103685,15	$ 17.206.551
Total	2167300,88	329879,85	2497180,73	$ 1.005.711.841

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 129, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para hospitales se presentan en la Figura 111 y Figura 112 respectivamente.

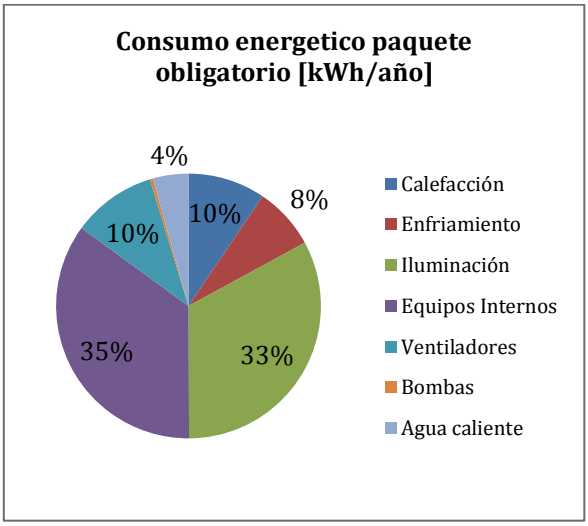


Figura 111 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto hospitales

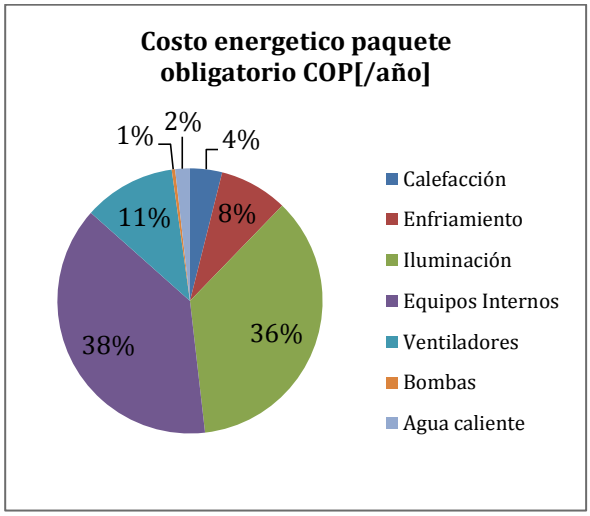


Figura 112 Torta de costos de energía paquete obligatorio propuesto hospitales

4.9.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete de simulación obligatorio hospitales

En la Tabla 130 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de hospitales, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio de cumplimiento de la resolución 549.

Tabla 130 Resultados cálculo consumo de agua para paquete de cumplimiento Res 549 hospitales

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio Res 549 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	5258,80	$ 27.508.775,65
Orinal	464,19	$ 2.428.154,44
Lavamanos	2213,65	$ 11.579.618,73
Ducha	3591,60	$ 18.787.659,60
Lavaplatos	351,38	$ 1.838.052,34
Total	11879,61	$ 62.142.260,75

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 130, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para hospitales para el paquete obligatorio de la resolución 549 2015 se encuentra en la Figura 113. La Figura 114 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

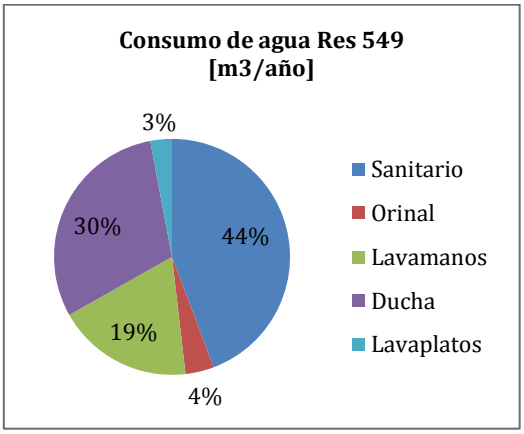


Figura 113 Torta de consumo de agua paquete cumplimiento Res 549 hospitales

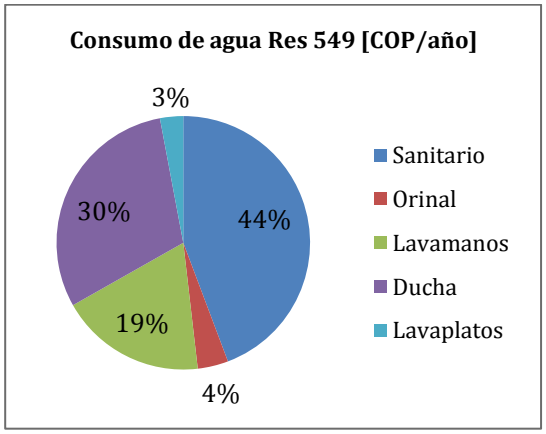


Figura 114 Torta de costo de consumo de agua paquete cumplimiento Res 549 hospitales

En la Tabla 131 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de hospitales, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto.

Tabla 131 Resultados cálculo consumo de agua para paquete obligatorio propuesto hospitales

Aparato sanitario	Consumo Paquete obligatorio 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	4919,98	$ 25.736.392,68
Orinal	881,95	$ 4.613.493,44
Lavamanos	2296,74	$ 12.014.262,35
Ducha	2628,00	$ 13.747.068,00
Lavaplatos	780,84	$ 4.084.560,76
Total	11507,51	$ 60.195.777,23

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 131, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para hospitales para el paquete obligatorio propuesto se encuentra en la Figura 115. La Figura 116 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

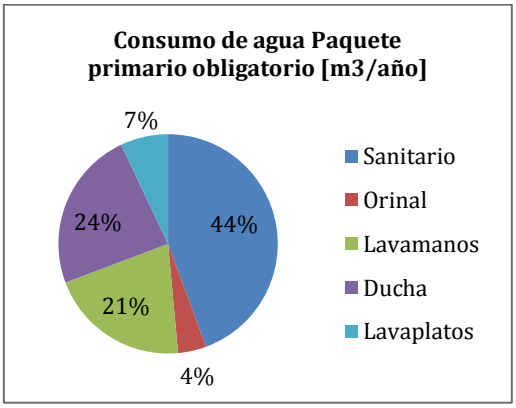


Figura 115 Torta de consumo de agua paquete obligatorio propuesto hospitales

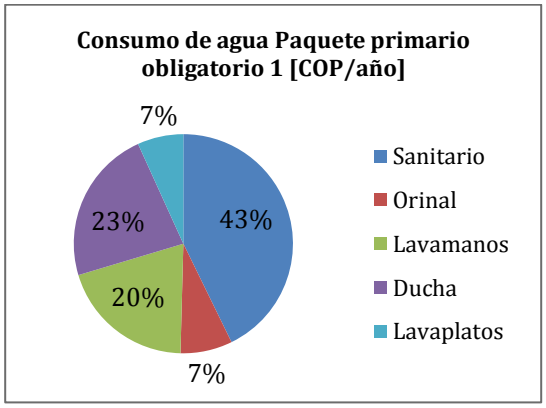


Figura 116 Torta de costo de consumo de agua paquete obligatorio propuesto hospitales

4.9.4. Porcentajes obligatorios de agua y energía recomendados para hospitales

La Tabla 132 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete de cumplimiento de la resolución 549 de 2015 y del paquete obligatorio propuesto con respecto a la línea base ajustada para hospitales, además de los porcentajes de inversión, así como el periodo de retorno.

Tabla 132 Porcentajes de ahorro obligatorios de energía y agua recomendados para hospital

	Paq. Obligatorio Res 549		Paq. Obligatorio Propuesto		
	Ahorro Paq Res 549	**Inversión [%]***	**Ahorro Paq Oblig 1**	**Inversión [%]***	**Periodo de Retorno [años]**
Energía	17%	1.12	18%	0.23	0.4
Agua	33.4%		35 %		

Los porcentajes de ahorro resultantes responden a la intensión de buscar medidas costo efectivas que impacten en los sistemas con mayor oportunidad de ahorro. En el caso del ahorro energético del hospital la disminución en los consumos de agua caliente, iluminación y HVAC logró hacer que se alcanzara el ahorro de 20% mostrado en la Tabla 132. En cuanto al consumo de agua, en el paquete primario obligatorio propuesto se tienen lavamanos, duchas y lavaplatos con consumos menores que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 35.4%. El aumento del consumo frente a la línea base para el sanitario privado se compensa con la gran reducción en consumo de equipos de flujo, al pasar de un lavamanos en zonas públicas de 8.3 lpm en la línea base ajustada a 2 lpm en el paquete obligatorio, y de un lavaplatos de 8.3 lpm a 6 lpm.

Como se puede ver en la Tabla 132, los ahorros obtenidos con respecto a la línea base ajustada para el paquete obligatorio tanto en agua como en energía son muy cercanos en comparación

con los obtenidos con el paquete de cumplimiento de la Res 549, lo cual demuestra la equivalencia del presente método con lo requerido por la norma.

4.10. Conclusiones y Recomendaciones Paquetes Primarios Obligatorios

Las principales conclusiones y recomendaciones que se logran extraer después de analizar todos los resultados obtenidos para calcular los ahorros obligatorios sugeridos para la ciudad de Bogotá en términos de agua y energía son:

- Tal vez la principal conclusión de este estudio es que si es posible lograr proyectos de alto desempeño en la ciudad, donde se puedan logar ahorros importantes, de una manera costo-efectiva. Es decir, por medio de la implementación de medidas que no impliquen grandes inversiones por parte de los constructores, pero que generen ahorros energéticos y de agua importantes que contribuyan a cumplir las metas de ahorro de la ciudad. Una de las principales razones para lograr esta costo-efectividad es la transformación que ha tenido la industria de la construcción, lo que ha llevado a que varias de las medidas de ahorro requieran cada vez una menor inversión para su implementación.
- Se lograron establecer unos porcentajes de ahorro para todas las tipologías, con los cuales se logra equiparar o sobrepasar los ahorros que se logran al implementar la resolución 549 de 2015 dentro dentro de este mismo método, logrando demostrar la equivalencia entre el método propuesto y la resolución. Lo que lleva a que los proyectos que implementen el método propuesto por este estudio estén en cumplimiento con la resolución.
- Los valores absolutos de los ahorros obtenidos como parte de este estudio no son comparables, con los valores de los ahorros pedidos por la resolución, ya que las líneas base y los métodos de cálculo son diferentes, por lo tanto, para efectos de protocolo de implementación se propone un factor de conversión entre los métodos, de forma que los ahorros sean comparables.
- Los ahorros entre las tipologías no son comparables, ya que cada uno se estableció con respecto a la línea base ajustada a la práctica común de la tipología específica. Sin embargo, si son muy útiles para evaluar proyectos dentro de la misma tipología. Para poder comparar el ahorro entre dos tipologías se puede utilizar el factor de conversión del método propuesto y la resolución.
- La ciudad de Bogotá tiene un clima con una baja variablidad en el rango de temperatura, por lo tanto, la implementación de un buen diseño de ventilación natural tiene asociado un excelente potencial de ahorro energético y puede contribuir a mejorar las condiciones de confort notablemente. Por esta razón esta medida de eficiencia se incluyó como parte del paquete obligatorio para todas las tipologías. En algunas tipologías en las cuales por los requerimientos funcionales puede llegarse a necesitar un sistema mecánico, se recomendó la ventilación natural para por lo menos algunas zonas de la edificación donde su implementación sea funcional y factible. Para que esta estrategia pueda contribuir con los ahorros, se debe realizar un diseño de

ventilación natural por medio del cual se pueda comprobar la efectividad en la generación de las renovaciones y en el abatimiento o conservación de cargas térmicas. Para efectos de este estudio no se recomienda aceptar estrategias de ventilación natural que no hayan sido estudiadas por un especialista, ya que llevan a los problemas que se han observado de enfriamiento, calentamiento o falta de la calidad del aire que se han observado en la ciudad.

- Para todos los casos de proyectos residenciales y hoteleros, dado su alto consumo de agua caliente, se plantea como una medida de alta costo-efectividad, el uso de duchas ahorradoras. La inversión adicional de esta medida varía de una tipología a otra, pero en todos los casos es muy baja.
- En todas las tipologías los ahorros establecidos por el método propuesto son iguales o tienen una variación máxima de +2% con respecto al paquete de equivalencia que da cumplimiento a la resolución. Por lo tanto, se entiende como un método válido de cumplimiento.
- Una de las tipologías que desde la determinación del paquete primario de las prácticas tradicionales es bastante eficiente por la incorporación de un número importante de medidas de eficiencia es la hotelera. Por esta razón el ahorro sugerido por este estudio es relativamente bajo con respecto a otras tipologías ya que la línea base es muy buena.
- Algo similar ocurre con la tipología de colegios, ya que son edificaciones cuya línea base es muy buena, es decir ya involucran varias buenas prácticas como parte de la práctica tradicional, por eso el porcentaje de ahorro requerido es relativamente bajo. Sin embargo, con los ahorros alcanzados se logra demostrar la equivalencia con la resolución, a pesar de los altos ahorros que exige la resolución 549 de 2015 para esta tipología, ya que varias de las medidas que hacen parte del paquete de cumplimiento de la resolución hacen parte de las prácticas tradicionales en la actualidad.
- Las inversiones adicionales asociadas a cada una de las medidas de eficiencia varían de una tipología a la otra, dado que los presupuestos de cada tipología varían notablemente, al igual que el tipo de medidas que ya han sido absorbidas por la industria como práctica tradicional. Por lo tanto, es muy importante evaluar el potencial de ahorro de cada tipología siempre de manera independiente. Ya que las mismas medidas implican niveles de inversión muy diferentes, como es el caso de vivienda estrato 3-4 y vivienda estrato 5-6.
- El desarrollo de los paquetes obligatorios propuestos tomó como base inicial las buenas prácticas que se implementan en la actualidad como parte de la práctica tradicional, las cuales ya no deben significar un sobrecosto para los constructores. En este orden de ideas se espera que las empresas que aún no han implementado prácticas de sostenibilidad se igualen rápidamente con lo que ya están haciendo la mayor parte de sus pares. Es importante resaltar que, si estas buenas prácticas no hicieran parte de la práctica tradicional de la industria actual, las inversiones en costos directos serían mayores a las proyectadas en este estudio, ya que los ahorros requeridos por la resolución 549 de 2015 para el segundo año de vigencia son exigentes.

- Teniendo en cuenta el criterio de costo-efectividad utilizado a lo largo de este estudio, es importante destacar que los paquetes obligatorios propuestos que serán usados como parte del método prescriptivo del protocolo de implementación, son paquetes compuestos por las estrategias o medidas de eficiencia de más baja inversión con respecto al ahorro que generan.
- Los únicos casos en los que se dejó para los paquetes obligatorios una medida con un desempeño inferior al encontrado en la línea base, son en primer lugar para los sanitarios ahorradores, los cuales, para el caso de oficinas, centros comerciales, colegios y hospitales tienen un consumo de 4.8 lpd como parte del paquete primario de la práctica tradicional, sin embargo, para los paquetes obligatorios se incluyó un requerimiento de 5.2 lpd. Esta decisión radica principalmente en que los sanitarios ahorradores de 4.8 lpd son de fluxómetro y dichas tipologías no necesariamente requerirán el uso de fluxómetro. En el mercado se encuentra ya la disponibilidad de sanitarios de tanque de 3.8 lpd, pero estos no son ofrecidos aun por varias marcas, por lo tanto, se pide un sanitario de 5.2 lpd, del cual hay gran disponibilidad en el mercado. Sin embargo, si el equipo del proyecto puede usar uno con mayor desempeño, aumentarán sustancialmente sus ahorros. En segundo lugar, para orinales ahorradores los cuales son usados en colegios, hoteles, y hospitales como parte del paquete primario de la práctica tradicional con un orinal de 1 lpd, sin embargo, no hay disponibilidad por parte de varios proveedores para esta tecnología, por lo que se define utilizar el orinal de 1.9 lpd para el paquete obligatorio propuesto. Estas decisiones se basan principalmente en el hecho de que estos paquetes se convertirán en los paquetes del método prescriptivo del protocolo de implementación
- Finalmente se recomienda revisar este estudio en un transcurso de 5 años, para revisar como se deberían modificar los ahorros obligatorios de acuerdo con la absorción y el desarrollo de nuevas tecnologías que tenga la industria.

5. Recomendación Porcentaje Voluntario de Ahorro

Como parte del estudio se busca establecer también unos porcentajes de ahorro superiores a los establecidos en el caso obligatorio, estos se han llamado ahorros voluntarios. Para poder establecer estos ahorros, se ha seguido un procedimiento similar al descrito para los ahorros obligatorios, es decir definir un paquete de medidas de eficiencia para cada tipología y desarrollar la modelación energética y los cálculos de agua, para compararlos con la línea base ajustada a las prácticas locales.

El primer objetivo de establecer estos ahorros adicionales es desarrollar un insumo técnico para en un futuro poder pensar en generar incentivos o beneficios adicionales a los proyectos que alcancen dichos ahorros. Para esto se crearon dos paquetes voluntarios cuya diferencia esta principalmente marcada en los porcentajes adicionales de inversión en costos directos:

> Paquete voluntario 1: Un primer paquete voluntario en donde las inversiones adicionales objetivo son 0.3% para VIP, 0.5% para colegios y para VIS, y 1% para todas las otras tipologías. De esta forma se seleccionan el conjunto de medidas de eficiencia de agua y energía que, de acuerdo con el criterio experto, generaran los mayores ahorros para las diferentes tipologias.
>
> Paquete voluntario 2: Para generar el segundo paquete voluntario de medidas de eficiencia, se establecen unos topes de inversión en costos directos mas altos en relación a los del paquete voluntario 1. Los topes de inversión adicional con base a los costos directos del proyecto objetivo son 0,5% para VIP, 1% para VIS y para colegios, 2% para estratos 3 y 4, 3% para las otras tipologías.

Un segundo objetivo es poder evaluar para el caso de los proyectos VIP, VIS y estratos 3 y 4, cuál sería la inversión que se debería hacer para reducir los problemas de confort encontrados como parte de los modelos energéticos de los paquetes primarios de la práctica tradicional desarrollados en el capítulo 3 de este documento. Para esto se seleccionan las medidas que contribuyen a mejorar el confort térmico y no se tiene en cuenta un criterio de inversión.

A continuación, se presentan para cada una de las tipologías, los principales resultados de la modelación energética y de los cálculos de agua para los paquetes de medidas de eficiencia voluntarios y se establecen los porcentajes de ahorro asociados a cada uno. Se presenta también las inversiones de cada paquete y los periodos de retorno asociados. Para el caso de los proyectos VIP, VIS y estratos 3 y 4 se presenta la diferencia de temperatura estimado cuando se implementa el segundo paquete voluntario. En el Anexo 4 se incluye el análisis financiero para desarrollar los paquetes voluntarios, los resultados detallados de las modelaciones energéticas y de los cálculos de agua detallados para este capítulo.

5.1. Porcentaje Voluntario de Ahorro para VIP

5.1.1. Paquetes primarios voluntarios VIP

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 133 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el primer paquete de ahorro voluntario de la tipología VIP. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 133 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para VIP

Medida	Ítem	Parámetro
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2010
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados con iluminación natural
Accesorios eficientes: Ducha	Ducha	6 lpm a 80 PSI
Accesorios eficientes: Sanitario ahorrador	Sanitario	6 lpd
Accesorios eficientes: Grifo de lavaplatos	Lavaplatos	8.3 lpm a 60 PSI
Accesorios eficientes: Grifo de lavamanos	Lavamanos	8.3 lpm a 60 PSI

El primer paquete voluntario de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, algunas de ellas son las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto pues el mercado ya ha absorbido dicha tecnología y otras que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético enmarcado dentro de la restricción de inversión objetivo la cual para el caso de la tipología VIP es de 0.3% sobre el costo directo de construcción.

Las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la práctica tradicional las cuales constituyen las buenas prácticas que ya están siendo llevadas a cabo en la práctica tradicional y que por lo tanto deben seguirse teniendo en cuenta en la construcción de este tipo de vivienda son las siguientes:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.

Dentro de este paquete se incluyen otras medidas tomadas de la práctica común que no constituyen ahorro dado que su consumo es igual al de la línea base, tal es el caso del sanitario

convencional, del lavamanos y del lavaplatos. Es importante incluir estas medidas dentro del paquete, ya que en el mercado pueden existir equipos con consumos mayores al mostrado y se debe garantizar que el desempeño de este paquete cumpla con el ahorro requerido. Por otra parte, teniendo en cuenta los altos consumos que tiene el sanitario, el lavaplatos y el lavamos, hubiera sido ideal cambiarlos por unos más eficientes, sin embargo, debido a la restricción presupuestal esto no fue posible.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la costo-efectividad de las mismas, en este orden de ideas son medidas que teniendo en cuenta el criterio técnico del equipo consultor tienen un impacto alto en la eficiencia global del edificio y un costo enmarcado dentro del límite de inversión planteado para la tipología VIP. Estas medidas de eficiencia se muestran a continuación:

- Ventilación natural, la cual no tiene sobrecosto asociado y si trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que habitan las viviendas garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 133 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta es la medida más costo efectiva que existe dado el impacto combinado que produce para el ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente. Estas medidas aplican únicamente para la grifería de duchas que es instalada por el constructor.

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 134 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el segundo paquete de ahorro voluntario de VIP. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 134 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de VIP

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	6,42 W/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,43 W/m2
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia

Medida	Ítem	Parámetro
		de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario convencional	Sanitario	6 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario 2 de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 134 está compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas voluntarias incluidas en el paquete primario voluntario 1 las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente y b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología VIP para elsegundo paquete voluntario es de 0.7% sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- LED para interiores y exteriores: dado que en el paquete voluntario existe un margen de inversión mas alto que en el paquete obligatorio, se escoge esta medida pues además de estar dentro de los parámetros de inversión, impacta el consumo de iluminación el cual pesa un 20% en el consumo total de esta tipología.
- Grifería y lavamanos ahorrador: el margen adicional de inversión también se uso para mejorar el consumo de los aparatos sanitarios y así ahorrar en el consumo de agua.

Paquete primario voluntario 3

Para esta tipología se generó un paquete voluntario adicional con el fin de estimar los costos y los ahorros asociados a mejorar las condiciones de confort de la vivienda, teniendo en cuenta los problemas que se infieren a partir de los resultados del paquete primario de la práctica común. El conjunto de medidas de este paquete se muestra en la Tabla 135.

Tabla 135 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 3 de VIP

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	6,42 W/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,43 W/m2
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016

Medida	Ítem	Parámetro
Valor U de muro exterior	Aislamiento en muro exterior	1,2W/m²°C
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm
Sanitario ahorrador	Sanitario	6 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm

Como se puede ver en la Tabla 135, este paquete incluye las medidas del paquete voluntario 1 y 2 y adicionalmente incluye una medida de mejora del aislamiento del muro exterior, ya que según lo encontrado en los resultados del paquete primario de la practica tradicional, una de las principales razones por las cuales se presentan problemas de confort es debido a la falta de aislamiento en la envolvente en los edificios de eta tipología.

5.1.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario VIP

La Tabla 136 muestra los resultados de la modelación energética para el paquete primario voluntario 1 propuesto de la tipología VIP.

Tabla 136 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIP

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Obligatorio [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	4,6	31389,75	31394,35	$ 2.994.635
Enfriamiento	3212,14	0	3212,14	$ 694.818
Iluminación	95608,5	0	95608,5	$ 20.681.075
Equipos Internos	40332,32	0	40332,32	$ 8.724.284
Ventiladores	4080,24	0	4080,24	$ 882.597
Bombas	184,57	0	184,57	$ 39.924
Agua caliente	0	182966,97	182966,97	$ 17.449.560
Total	143422,37	214356,72	357779,09	$ 51.466.893

A partir de la tabla anterior se construye una grafica de distribución de consumos de energía y una grafica de distribución de costos de energía, ambas mostradas en porcentajes para cada

uno de los sistemas, las cuales son mostradas en la Figura 117 y en la Figura 118 respectivamente

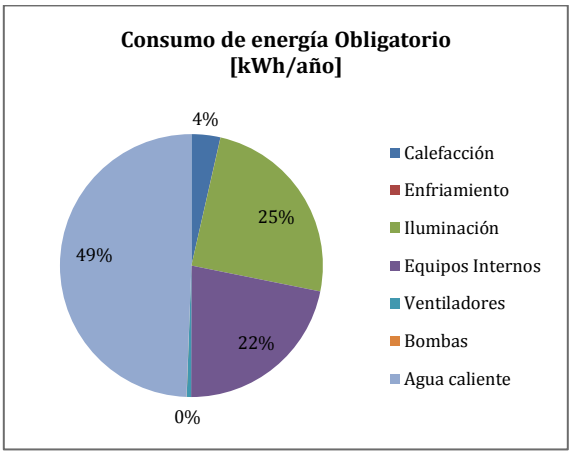


Figura 117 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 vivienda VIP

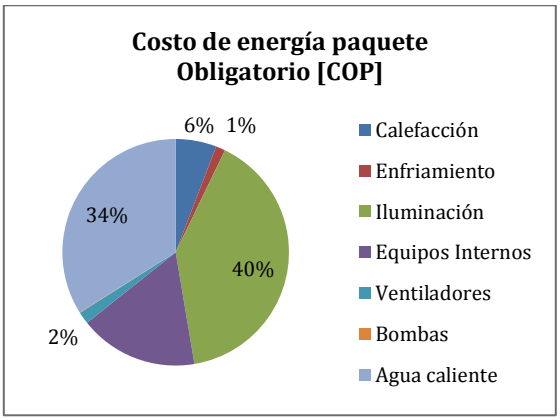


Figura 118 Torta de costo de energía paquete voluntario 1 vivienda VIP

Usando la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero incluyendo todos los parámetros del paquete voluntario 2 de la Tabla 134 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 137.

Tabla 137 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 VIP

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	5,3	36049,72	36055,02	$ 3.439.208
Enfriamiento	2984,16	0	2984,16	$ 645.504
Iluminación	81162,98	0	81162,98	$ 17.556.364
Equipos Internos	40332,32	0	40332,32	$ 8.724.284
Ventiladores	4515,49	0	4515,49	$ 976.746

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Bombas	207,43	0	207,43	$ 44.869
Agua caliente	0	182966,97	182966,97	$ 17.449.560
Total	129207,68	219016,69	348224,37	$ 48.836.535

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 137, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete voluntario 2 para VIP se presentan en la Figura 119 y Figura 120 respectivamente.

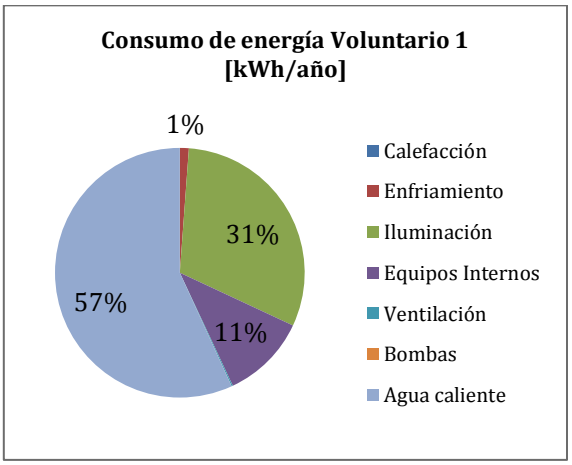


Figura 119 Torta de consumo de energía paquete voluntario 2 VIP

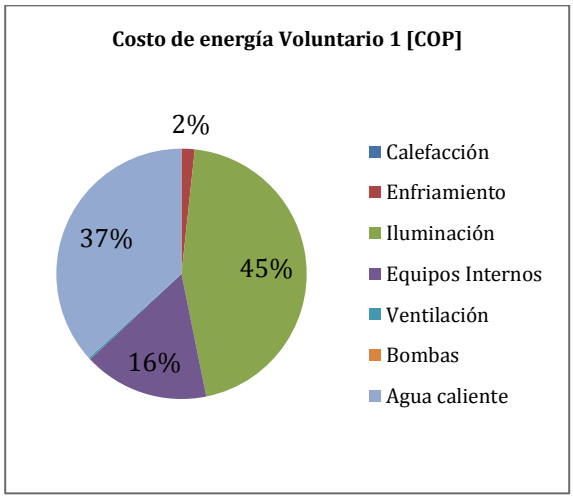


Figura 120 Torta de costo de energía paquete voluntario 2 VIP

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero usando todos los parámetros del paquete voluntario 3 de la Tabla 135 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 138.

Tabla 138 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 3 VIP

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,7	3282,93	3283,63	$ 313.244
Enfriamiento	3692,62	0	3692,62	$ 798.751
Iluminación	81162,98	0	81162,98	$ 17.556.364

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Equipos Internos	40332,32	0	40332,32	$ 8.724.284
Ventiladores	940,37	0	940,37	$ 203.411
Bombas	34,46	0	34,46	$ 7.454
Agua caliente	0	182966,97	182966,97	$ 17.449.560
Total	126163,45	186249,9	312413,35	$ 45.053.069

Con base en los consumos presentados en la Tabla 138, se genera una torta de consumos y de costos, a través de las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete voluntario 3 para VIP se presentan en la Figura 77 y Figura 78 respectivamente.

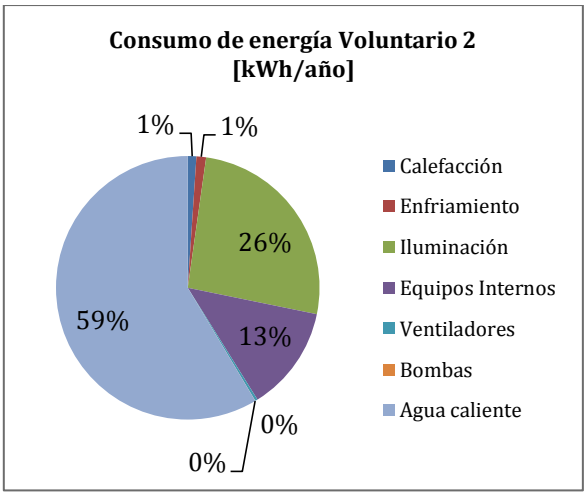


Figura 121 Torta de consumo de energía paquete voluntario 2 VIP

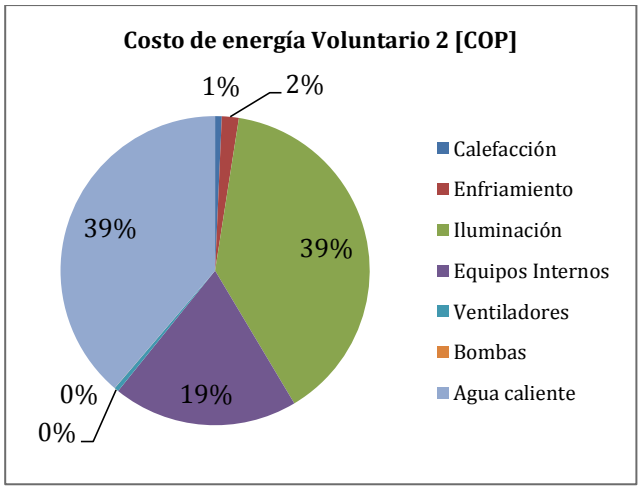


Figura 122 Torta de costo de energía paquete voluntario 2 VIP

5.1.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario VIP

En la Tabla 139 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIP, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 1.

Tabla 139 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIP

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1664,4	$ 3.175.675,20
Lavamanos	1331,52	$ 2.540.540,16
Duchas	3328,8	$ 6.351.350,40
Lavaplatos	2302,42	$ 4.393.017,36
Total	8627,14	$ 16.460.583,12

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 139, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIP para el voluntario 1 obligatorio se encuentra en la Figura 123. La Figura 124 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

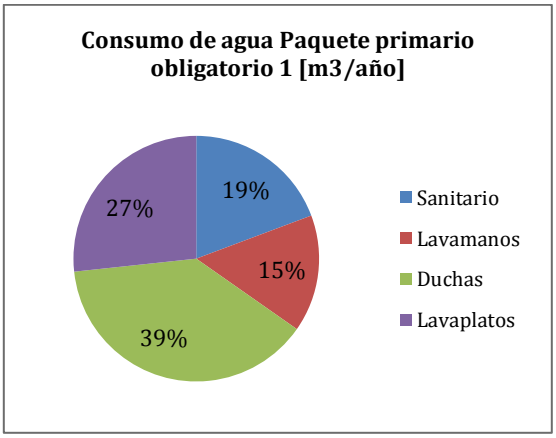


Figura 123 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 vivienda VIP

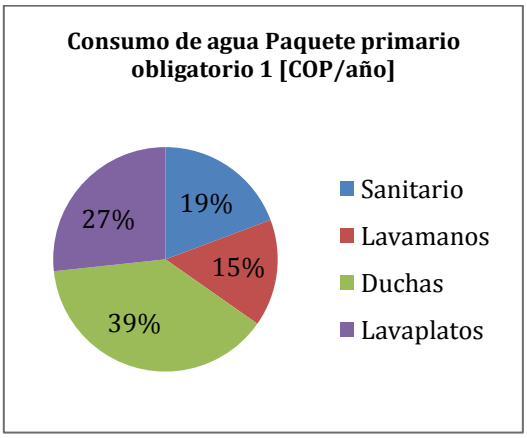


Figura 124 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 vivienda VIP

En la Tabla 140 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIP, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 140 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 vivienda VIP

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1664,4	$ 3.175.675,20
Lavamanos	832,2	$ 1.587.837,60
Duchas	3328,8	$ 6.351.350,40
Lavaplatos	1664,4	$ 3.175.675,20
Total	7489,8	$ 14.290.538,40

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 140, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIP para el paquete voluntario 2 se encuentra en la Figura 125. La Figura 126 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

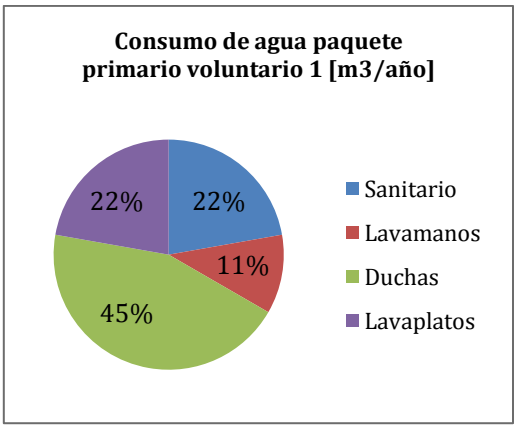


Figura 125 Torta de consumo de agua voluntario 2 vivienda VIP

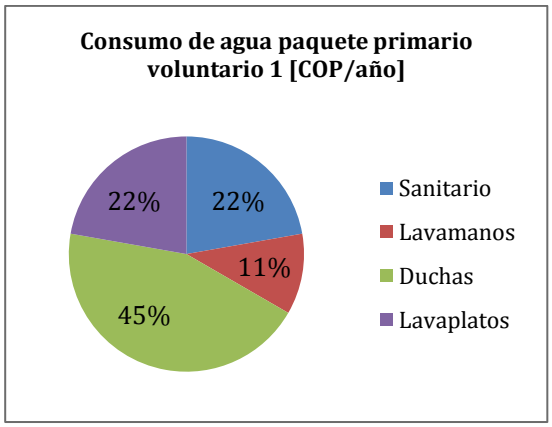


Figura 126 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 vivienda VIP

5.1.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para VIP

La Tabla 141 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete voluntario 1, 2 y 3 con respecto a la línea base ajustada para oficinas, además de los porcentajes de inversión objetivo y real así como el periodo de retorno.

Tabla 141 Porcentajes voluntarios paquete 2 y 3 de agua y energía recomendados para vivienda VIP

Paq. Voluntario 1	Paq. Voluntario 2	Paq. Voluntario 3

	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 3	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	11%	0.3	0.2	0.5	25%	0.7	0.67	1.1	33%	3.09	4.3
Agua	11%				29,5%				NA		

Para la tipología VIP, en el paquete primario voluntario 1 se tiene una ducha con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 11%.

Se evidencia que el ahorro energético alcanzado se debe principalmente a la reducción en el consumo de agua caliente en el paquete primario voluntario 1, por lo que se seleccionó una medida que ahorra tanto en agua como en energía impactando además al aparato que más consume agua (grifería de ducha) y al sistema que más consume energía (agua caliente).

En cuanto al paquete voluntario 2, se observa un aumento en el ahorro con respecto al ahorro voluntario 1 debido a la disminución en el consumo de la iluminación. En cuanto al ahorro de agua, en el paquete primario voluntario 2 se tiene una ducha, un lavaplatos y un lavamanos con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 29.5%. Aunque en este caso la ducha disminuye su consumo con respecto a la línea base ajustada, su consumo es el mismo del paquete voluntario 1. Se propone para este paquete el cambio de los otros aparatos de flujo para mejorar la eficiencia en el consumo del recurso. Esta decisión se basa en que en la torta de consumos del paquete de práctica común el lavaplatos correspondía a más del 20% de la torta de consumo, por lo cual constituye también una oportunidad de ahorro importante. La restricción económica de esta tipología permite que se especifiquen los aparatos ahorradores mencionados, pero no la implementación de sistemas de recolección y reciclaje de agua.

Con respecto al ahorro voluntario obtenido del paquete voluntario 3, se observa una mejora de 8% solo por tener un mejor asilamiento en el muro, debido a la disminución del consumo de calefacción. Un estimado muy preliminar de temperaturas muestra un aumento de 2°C en la temperatura operativa del paquete voluntario 2 versus el paquete voluntario 3.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 1 y 2 esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 141.

5.2. Porcentaje Voluntario de Ahorro para VIS

5.2.1. Paquetes primarios voluntarios VIS

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 142 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 1 de la tipología VIS. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 142 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para VIS

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,45 W/m2
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Grifería de lavaplatos convencional	Lavaplatos	8,3 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado convencional	Lavamanos	9,6 lpm a 60 PSI

El paquete obligatorio de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, algunas de ellas son las buenas prácticas que ya están incluidas dentro del paquete primario de la practica tradicional las cuales no implican un sobrecosto pues el mercado ya ha absorbido dicha tecnología y otras que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético, enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología VIS es de 0.5% sobre el costo directo de construcción.

Las medidas de eficiencia tomadas del paquete primario de la practica tradicional las cuales constituyen las buenas prácticas que ya se están implementando actualmente y que por lo tanto deben seguirse teniendo en cuenta en la construcción de este tipo de vivienda son las siguientes:

- Iluminación natural a través de fachadas, lo cual favorece la iluminación natural disminuye el uso de iluminación artificial.
- Sensores de ocupación para zonas comunes, los cuales contribuyen a la disminución del consumo energético por iluminación artificial.
- Sanitario ahorrador de doble descarga el cual tiene un consumo menor al especificado en la NTC 1500 (tercera actualización).

Existe dentro de este paquete la medidas de lavaplatos y de lavamanos privado convencional, las cuales están tomadas de la práctica común y no constituyen ahorro, dado que su consumo es igual al de la línea base. Es importante incluir esta medidas dentro del paquete pues en el mercado pueden existir equipos con peor desempeño al mostrado y se debe garantizar que el desempeño de este paquete, que también corresponde al conjunto de medidas del método prescriptivo, para que cumpla con el ahorro requerido. El cambio de estos aparatos no fue posible teniendo en cuenta la restricción de inversión acordada para la tipología.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete se basan en la costo-efectividad de las mismas, por lo tanto, son medidas que teniendo en cuenta el criterio técnico del equipo consultor tienen un impacto alto en la eficiencia global del edificio y un costo enmarcado dentro del límite de inversión planteado para la tipología VIS. Estas medidas de eficiencia se muestran a continuación:

- Ventilación natural, la cual no tiene sobrecosto asociado y si trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios y además trae beneficios en la salud de las personas que habitan las viviendas garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 142 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar.
- Ducha ahorradora: Teniendo en cuenta los resultados tanto de consumos energéticos como de agua del paquete primario de la práctica común, esta es la medida más costo-efectiva que existe dado el impacto combinado que produce para el ahorro tanto en agua como en energía pues por un lado reduce los consumos de agua globales y adicionalmente los consumos de agua caliente. Estas medidas aplican únicamente para la grifería de duchas que es instalada por el constructor.
- LED para interiores: esta medida de eficiencia fue seleccionada teniendo en cuenta su impacto en el ahorro energético global dado que la iluminación constituye uno de los porcentajes más grandes de consumo en esta tipología, adicionalmente para el caso de la VIS a diferencia de VIP esta medida si cabe dentro de los topes inversión objetivo. Se debe tener en cuenta que esta medida implica que el constructor entregue la iluminación de la vivienda, lo que aunque a nivel de inversión es admisible, constituye un cambio grande en la práctica actual del sector.

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 143 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 2 de VIS. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 143 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de VIS

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,45 W/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,43 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 143 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas voluntarias incluidas en el paquete primario voluntario 1 las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología VIS es de 1% sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Sanitario ahorrador, grifería y lavamanos ahorrador: el margen adicional de inversión también se uso para mejorar el consumo de los aparatos sanitarios y así ahorrar en el consumo de agua.
- LED para exteriores pues contribuyen a disminuir el consumo de iluminación, la cual corresponde a una porción grande en la distribución de consumos del edificio.

Paquete primario voluntario 3

Para esta tipología se generó un paquete voluntario adicional con el fin de estimar los costos y los ahorros asociados a mejorar las condiciones de confort de la vivienda, teniendo en cuenta los problemas que se infieren a partir de los resultados del paquete primario de la práctica común. El conjunto de medidas de este paquete se muestra en Tabla 144.

Tabla 144 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 3 de VIS

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,45 W/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,43 W/m2
Control de ocupación para iluminación de espacios interiores	Sensores de ocupación	Sensores de ocupación en zonas comunes
Valor U muro exterior	Aislamiento en muro exterior	1,2W/m²°C
Valor U de vidrio	Vidrio Laminado	5,7
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm

Como se puede ver en la Tabla 144, este paquete incluye las medidas del paquete voluntario 1 y 2 y adicionalmente incluye una medida de mejora del aislamiento del muro exterior y del vidrio exterior, ya que según lo encontrado en los resultados del paquete primario de la practica tradicional, una de las principales razones por las cuales se presentan problemas de confort es debido a la falta de aislamiento en la envolvente en los edificios de eta tipología.

5.2.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario VIS

Usando la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 se realizó una modelación energética del edificio del paquete obligatorio de la tipología VIS. La Tabla 145 muestra los resultados de dicha modelación.

Tabla 145 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,35	18912,56	18913,91	$ 2.154.491

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Enfriamiento	116,57	0	116,57	$ 30.253
Iluminación	134955,62	0	134955,62	$ 35.025.032
Equipos Internos	66953,05	0	66953,05	$ 17.376.325
Ventiladores	2636,15	0	2636,15	$ 684.160
Bombas	137,81	0	137,81	$ 35.766
Agua caliente	0	242153,09	242153,09	$ 27.581.237
Total	204800,55	261065,65	465866,2	$ 82.887.264

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 145, se genera una torta de consumos y otra de costos, con base en la cual se puede observar cómo se distribuyen tanto los consumos como los costos por sistema a nivel de porcentaje durante un año de operación. Las tortas de consumos y costos de VIS para el paquete primario voluntario 1 se encuentran en la Figura 127 y en la Figura 128 respectivamente.

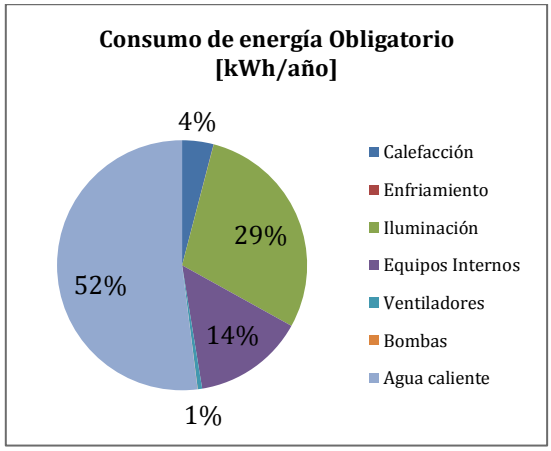


Figura 127 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS

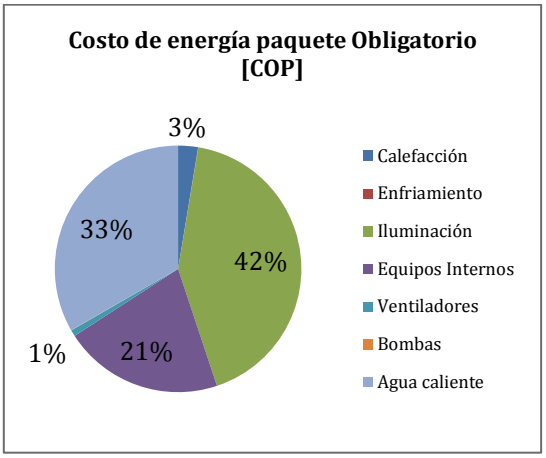


Figura 128 Torta de costo de energía paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS

Usando la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero incluyendo todos los parámetros del paquete voluntario de VIS mostrados en la Tabla 143 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 146.

Tabla 146 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 VIS

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,42	20081,12	20082,54	$ 2.287.608
Enfriamiento	103,79	0	103,79	$ 26.937
Iluminación	129436,09	0	129436,09	$ 33.592.548
Equipos Internos	66953,05	0	66953,05	$ 17.376.325
Ventiladores	2785,78	0	2785,78	$ 722.993
Bombas	144,8	0	144,8	$ 37.580
Agua caliente	0	181614,82	181614,82	$ 20.685.928
Total	199424,93	201695,94	401120,87	$ 74.729.920

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 146, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete voluntario 2 para VIS se presentan en la Figura 129 y Figura 130 respectivamente.

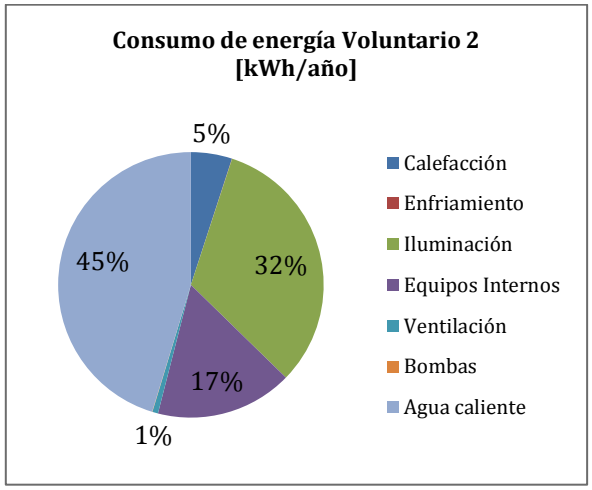


Figura 129 Torta de consumo de energía paquete voluntario 2 VIS

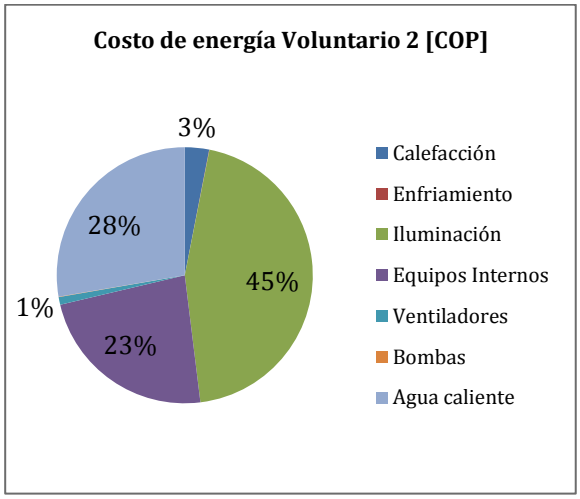


Figura 130 Torta de costo de energía paquete voluntario 2 VIS

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero usando todos los parámetros del paquete voluntario de la Tabla 144 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 147.

Tabla 147 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 3 VIS

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,24	2274,1	2274,34	$ 259.082
Enfriamiento	280,27	0	280,27	$ 72.738
Iluminación	129436,09	0	129436,09	$ 33.592.548
Equipos Internos	66953,05	0	66953,05	$ 17.376.325
Ventiladores	382,69	0	382,69	$ 99.320
Bombas	34,18	0	34,18	$ 8.871
Agua caliente	0	181614,81	181614,81	$ 20.685.927
Total	197086,52	183888,91	380975,43	$ 72.094.811

Con base en los consumos presentados en la Tabla 147, se genera una torta de consumos y de costos, a través de las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete voluntario 3 para VIP se presentan en la Figura 131 y Figura 132 respectivamente.

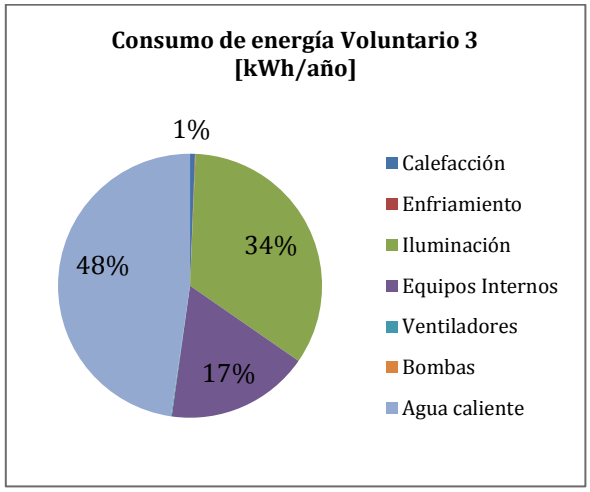


Figura 131 Torta de consumo de energía paquete voluntario 3 VIS

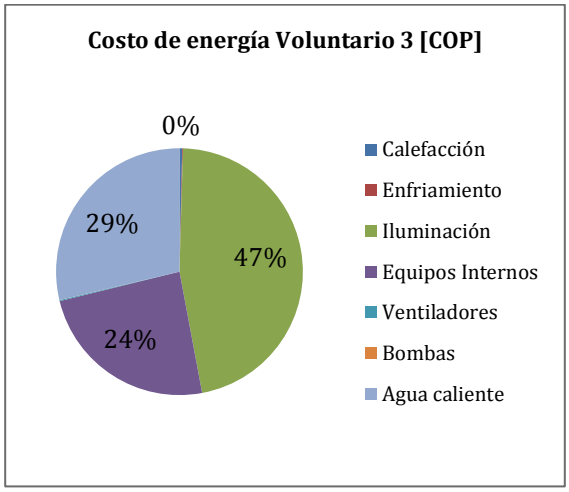


Figura 132 Torta de costo de energía paquete voluntario 3 VIS

5.2.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario VIS

En la Tabla 148 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIS, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 1 propuesto.

Tabla 148 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2110,58	$ 7.032.439,23
Lavamanos	1948,22	$ 6.491.482,37
Duchas	4870,56	$ 16.228.705,92
Lavaplatos	3368,80	$ 11.224.854,93
Total	12298,16	$ 40.977.482,45

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 148, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIS para el paquete voluntario 1 se encuentra en la Figura 133. La Figura 134 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

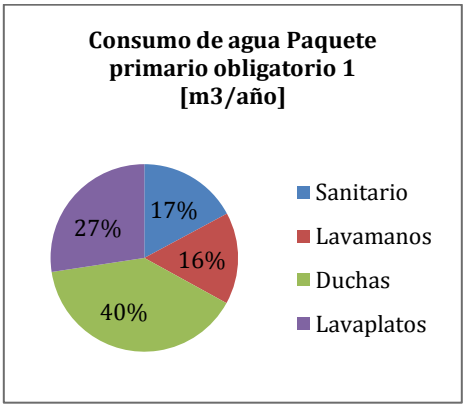


Figura 133 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS

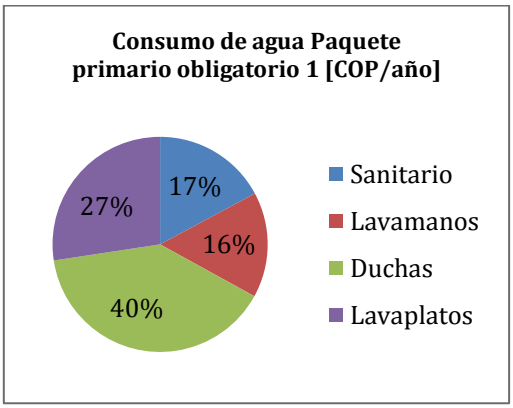


Figura 134 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda VIS

En la Tabla 149 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda VIS, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 149 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 vivienda VIS

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1542,34	$ 5.139.090,21
Lavamanos	1217,64	$ 4.057.176,48
Duchas	4870,56	$ 16.228.705,92
Lavaplatos	2435,28	$ 8.114.352,96
Total	10065,82	$ 33.539.325,57

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 149, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda VIS para el paquete

voluntario 2 se encuentra en la Figura 135. La Figura 136muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

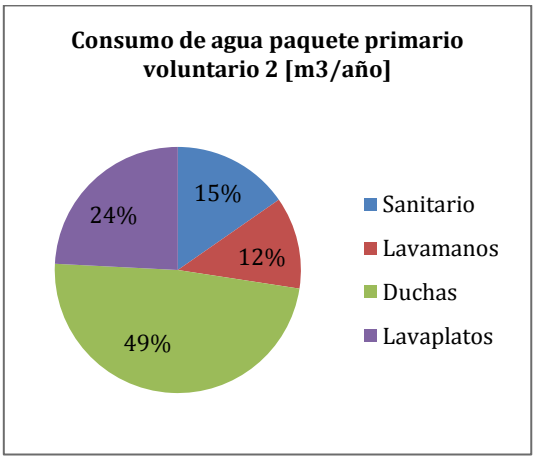


Figura 135 Torta de consumo de agua voluntario 2 vivienda VIS

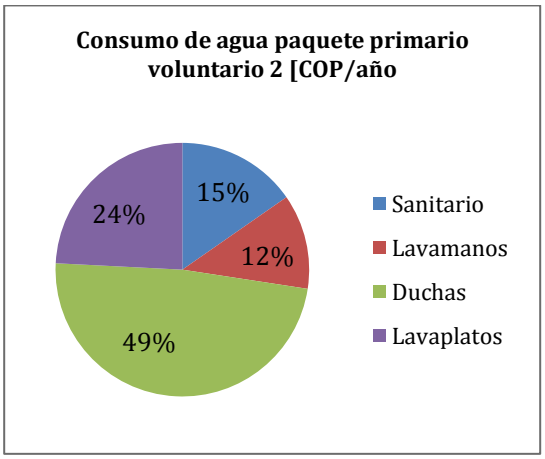


Figura 136 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 vivienda VIS

5.2.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para VIS

La Tabla 150 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete voluntario 1 2 y 3 con respecto a la línea base ajustada para VIS, además de los porcentajes de inversión objetivo y real así como el periodo de retorno.

Tabla 150 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para vivienda VIS

	Paq. Voluntario 1				Paq. Voluntario 2				Paq. Voluntario 3		
	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 3	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	28%	0.5	0.36	0.6	37%	1	0.9	1	40%	3.91	4.4
Agua	17%				34%				NA		

Para la tipología VIS, en el paquete primario voluntario 1 se tiene una ducha con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 17%.

Se evidencia que el ahorro energético alcanzado se debe a la reducción en el consumo de agua caliente y de iluminación en el paquete primario obligatorio, lo cual está en línea con lo expuesto anteriormente pues por una parte se seleccionó una medida que ahorra tanto en agua como en energía como es el caso de la grifería de duchas y así mismo se seleccionó una medida de mejora tecnológica en la iluminación.

En cuanto al paquete voluntario 2, se observa un aumento en el ahorro con respecto al ahorro obligatorio debido a la disminución en el consumo de agua caliente. En cuanto al ahorro de agua, en el paquete primario voluntario se tiene un sanitario, una ducha, un lavaplatos y un lavamanos con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 34%. Aunque en este caso la ducha disminuye su consumo con respecto a la línea base ajustada, su consumo es el mismo del paquete voluntario 1. Se propone para este paquete el cambio del sanitario y de los otros aparatos de flujo para mejorar la eficiencia en el consumo del recurso. Esta decisión se basa en que en la torta de consumos del paquete de práctica común el lavaplatos correspondía a más del 20% de la torta de consumo, por lo cual constituye también una oportunidad de ahorro importante. La restricción económica de esta tipología permite que se especifiquen los aparatos ahorradores.

Con respecto al ahorro voluntario obtenido del paquete voluntario 3, se observa una mejora de 3% solo por tener un mejor aislamiento en el muro, debido a la disminución del consumo de calefacción. Un estimado muy preliminar de temperaturas muestra un aumento de 1.8°C en la temperatura operativa del paquete voluntario 2 versus el paquete voluntario 3.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 1 y 2 esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 150.

5.3. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Vivienda Estrato 3-4

5.3.1. Paquetes de simulación energética voluntarios vivienda estrato 3-4

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 85 muestra el paquete de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 1 de vivienda estrato 3 y 4. Esta tabla incluye el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico de la medida y finalmente el parámetro propuesto que luego será utilizado en la modelación energética.

Tabla 151 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para vivienda estrato 3-4

Medida	Ítem	Parámetro
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	4,2 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz natural	si
Control horario para corredores y exteriores	Temporizadores o control por horario	si

Medida	Ítem	Parámetro
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.l
Colectores solares para calentamiento de agua	Colector solar	Atender el 32% de la demanda de agua caliente
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario 1de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, por una parte todas las medidas del paquete obligatorio, y por otra parte aquellas que esten dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología vivienda estrato 3 y 4 es de 1% sobre el costo directo de construcción. Para el caso particular de vivienda de estrato 3 y 4, para el paquete voluntario 1 no es posible incluir medidas adicionales a las ya incluidas dentro del paquete obligatorio pues la restricción económica no lo permite.

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 152 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 2 de estrato 3 y 4. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 152 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de estrato 3 y 4

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	4,2 W/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,43 W/m2
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz natural	si
Control horario para corredores y exteriores	Temporizadores o control por horario	si
Control por atenuación para parqueaderos de sótanos	Sistema de atenuación de iluminación	Si

Medida	Ítem	Parámetro
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62,1 2010
Colectores solares para calentamiento de agua	Colectores solares	Atender el 40% de la demanda
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI
Tratamiento aguas grises y reciclaje de agua	Planta tratamiento aguas grises	Tratamiento y reuso de aguas grises de lavamanos en descarga de sanitarios

El paquete voluntario 2 de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 152 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas obligatorias incluidas en el paquete primario obligatorio las cuales fueron descritas y justificadas en la sección 4.3 b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipo de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología vivienda estrato 3 y 4 para el paquete voluntario 2 es de 2% sobre el costo directo de construcción. Dado que el paquete voluntario 2 permite tener un sobre costo mas alto que el paquete voluntario 1, es posible incluir medidas adicionales.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Colectores solares para agua caliente: esta medida fue escogida por su alta oportunidad de ahorro en el sistema de agua caliente, en este caso el porcentaje de la demanda que debe ser atendido es del 40% (10% mas que en el caso del paquete obligatorio).

- Tratamiento de aguas grises: teniendo en cuenta que en esta tipología existe un flujo constante de aguas grises provenientes de las unidades residenciales y las oportunidades de aprovechamiento de este recurso, se incluye un sistema de recolección del agua gris de lavamanos, para su tratamiento y reutilización en la descarga de sanitarios y orinales. Se define la recolección del agua de lavamanos únicamente, debido a que el procedimiento busca reducir la inversión inicial en la red de conducción del agua gris capturada hasta el tanque de aguas crudas.

Paquete primario voluntario 3

Para esta tipología se generó un paquete voluntario adicional con el fin de estimar los costos y los ahorros asociados a mejorar las condiciones de confort de la vivienda, teniendo en cuenta los problemas que se infieren a partir de los resultados del paquete primario de la práctica común. El conjunto de medidas de este paquete se muestra en Tabla 153.

Tabla 153 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 3 de vivienda estrato 3 y 4

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	4,2 W/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,43 W/m2
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz natural	si
Control horario para corredores y exteriores	Temporizadores o control por horario	si
Control por atenuación para parqueaderos de sótanos	Sistema de atenuación de iluminación	Si
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
Valor U de muro exterior	Aislamiento en muro exterior	1,2W/m²°C
Ventilación natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62,1 2010
Colectores solares para calentamiento de agua	Colectores solares	Atender el 40% de la demanda
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando

Medida	Ítem	Parámetro
		alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm
Tratamiento aguas grises y reciclaje de agua	Planta tratamiento aguas grises	Tratamiento y reuso de aguas grises de lavamanos en descarga de sanitarios

Como se puede ver en la Tabla 153, este paquete incluye las medidas del paquete voluntario 2 y adicionalmente incluye una medida de mejora del aislamiento del muro exterior y del vidrio exterior, ya que según lo encontrado en los resultados del paquete primario de la practica tradicional, una de las principales razones por las cuales se presentan problemas de confort es debido a la falta de aislamiento en la envolvente en los edificios de esta tipología.

5.3.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario viviendas estrato 3-4

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario obligatorio propuesto de vivienda estrato 3 y 4 mostrados en la Tabla 85 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 87.

Tabla 154 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Res 549 [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,15	17903,95	17905,1	$ 2.765.373
Enfriamiento	92,22	0	92,22	$ 37.370
Iluminación	135093,64	0	135093,64	$ 54.743.996
Equipos Internos	110408,27	0	110408,27	$ 44.740.743
Ventiladores	5186,7	0	5186,7	$ 2.101.806
Bombas	118,49	0	118,49	$ 48.016
Agua caliente	0	241920	241920	$ 37.359.706
Total	250900,47	259823,95	510724,42	$ 141.797.010

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 87, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario voluntario 1propuesto para vivienda estrato 3 y4 se presentan en la Figura 63 y Figura 64 respectivamente.

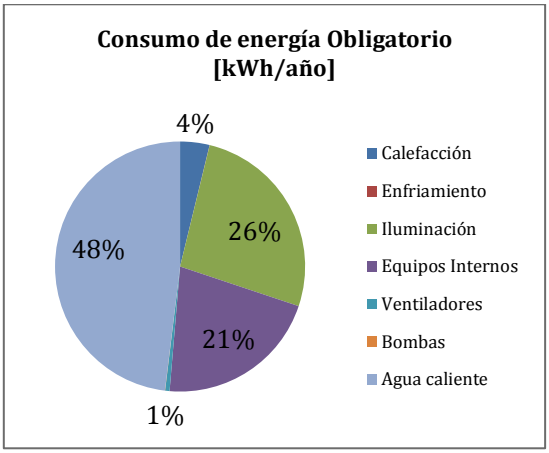


Figura 137 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4

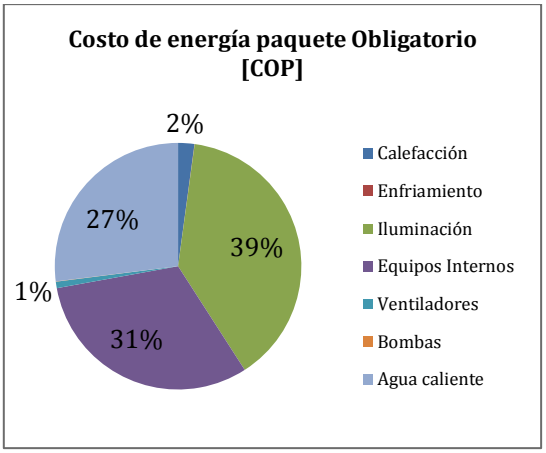


Figura 138 Torta de costo de energía paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4

En la Tabla 155 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de vivienda de estrato 3 y 4 utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros del paquete voluntario 2 de vivienda estrato 3 y 4.

Tabla 155 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 vivienda estrato 3 y 4

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,17	18161,28	18162,45	$ 2.805.121
Enfriamiento	83,37	0	83,37	$ 33.784
Iluminación	121278,56	0	121278,56	$ 49.145.711
Equipos Internos	98053,67	0	98053,67	$ 39.734.289
Ventiladores	2651,1	0	2651,1	$ 1.074.305
Bombas	125,75	0	125,75	$ 50.958
Agua caliente	0	193536,94	193536,94	$ 29.887.910
Total	222193,62	211698,22	433891,84	$ 122.732.077

Con base en los consumos presentados en la Tabla 155, se generan dos tortas en las cuales se puede observar como se distribuyen los consumos y los costos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos para vivienda estrato 3 y 4 del paquete voluntario 2 se muestran Figura 139 y en la Figura 140.

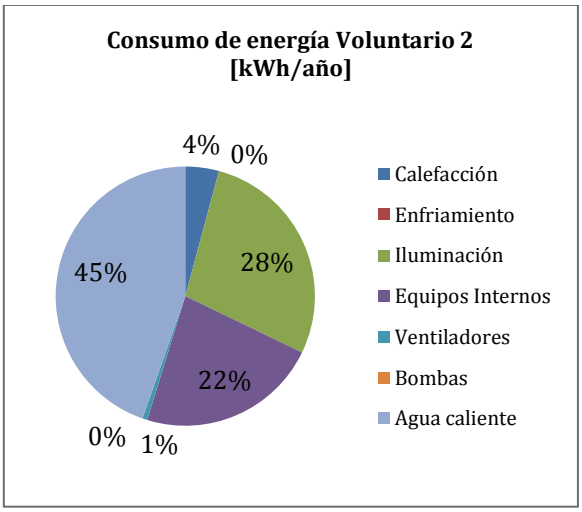


Figura 139 Torta de consumo de energía paquete voluntario 2 estrato 3 y 4

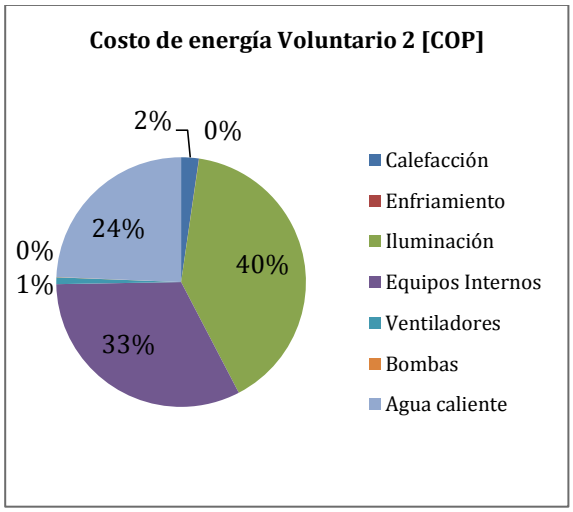


Figura 140 Torta de costo de energía paquete voluntario 2 estrato 3 y 4

Usando la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero incluyendo todos los parámetros del paquete voluntario 3 de vivienda estrato 3 y 4 mostrados en la Tabla 153 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 156.

Tabla 156 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 3 estratos 3 y 4

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,41	5109,1	5109,51	$ 789.164
Enfriamiento	314,16	0	314,16	$ 127.307
Iluminación	121278,56	0	121278,56	$ 49.145.711
Equipos Internos	98053,67	0	98053,67	$ 39.734.289
Ventiladores	940,32	0	940,32	$ 381.046
Bombas	46,59	0	46,59	$ 18.880
Agua caliente	0	193536,95	193536,95	$ 29.887.911
Total	220633,71	198646,05	419279,76	$ 120.084.308

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 156, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete voluntario 3 para estrato 3 y 4 se presentan en la Figura 141 y Figura 142 respectivamente.

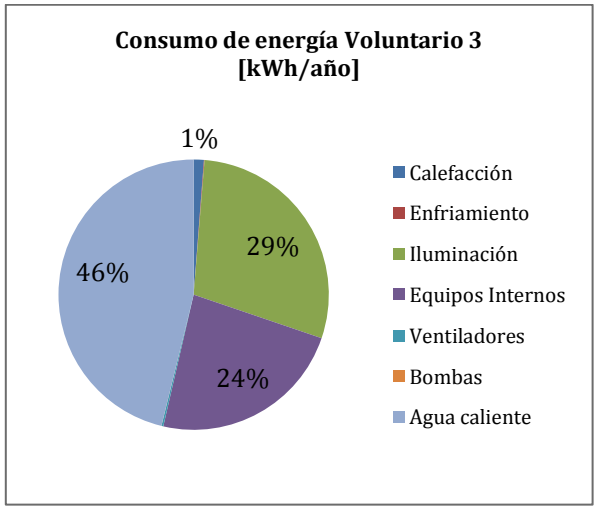


Figura 141 Torta de consumo de energía paquete voluntario 3 estrato 3 y 4

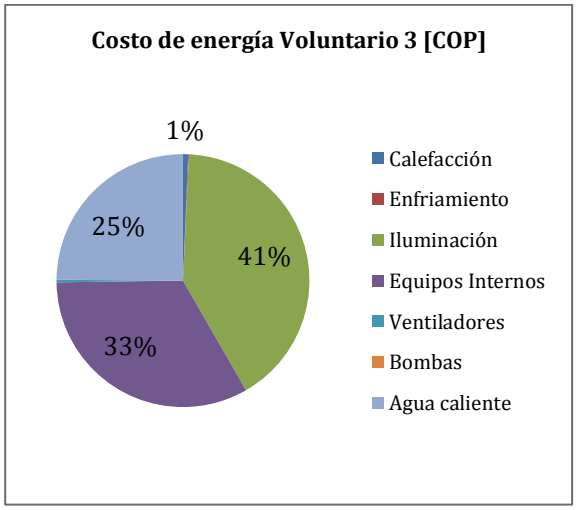


Figura 142 Torta de costo de energía paquete voluntario 3 estrato 3 y 4

5.3.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario viviendas estrato 3-4

En la Tabla 89 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda estrato 3-4, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 1 propuesto como parte de esta consultoría.

Tabla 157 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1502,12	$ 7.322.839,88
Lavamanos	2371,77	$ 11.562.378,75
Duchas	6324,72	$ 30.833.010,00
Lavaplatos	2371,77	$ 11.562.378,75
Total	12570,38	$ 61.280.607,38

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 89, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen dichos consumos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda Estrato 3-4 para el paquete voluntario 1 propuesto se encuentra en la Figura 67. La Figura 68 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

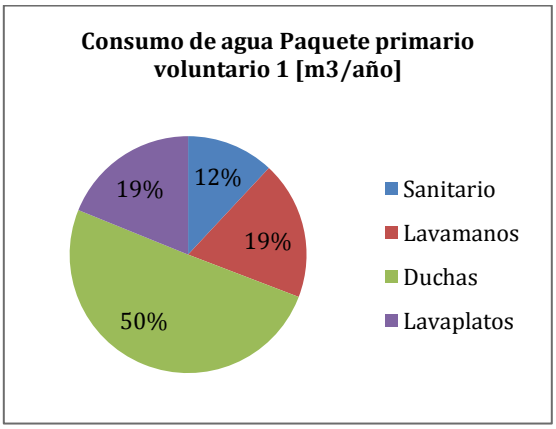


Figura 143 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4

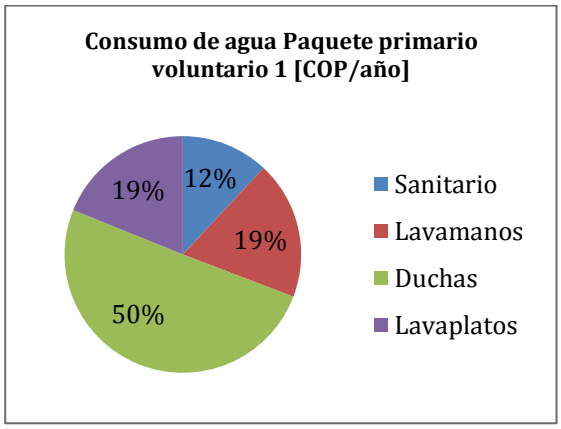


Figura 144 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 3-4

En la Tabla 158 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda Estrato 3-4, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 158 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 vivienda estrato 3-4

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	0,00	$ -
Lavamanos	2371,77	$ 11.562.378,75
Duchas	6324,72	$ 30.833.010,00
Lavaplatos	2371,77	$ 11.562.378,75
Total	11068,26	$ 53.957.767,50

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 158, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda Estrato 3-4 para el paquete voluntario 2 se encuentra en la Figura 123. La Figura 124 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

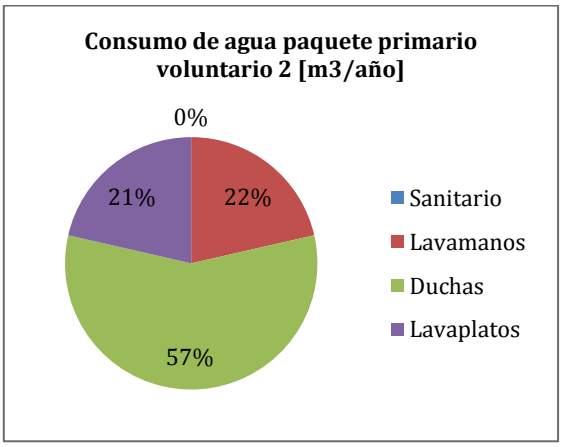


Figura 145 Torta de consumo de agua voluntario 2 vivienda estrato 3-4

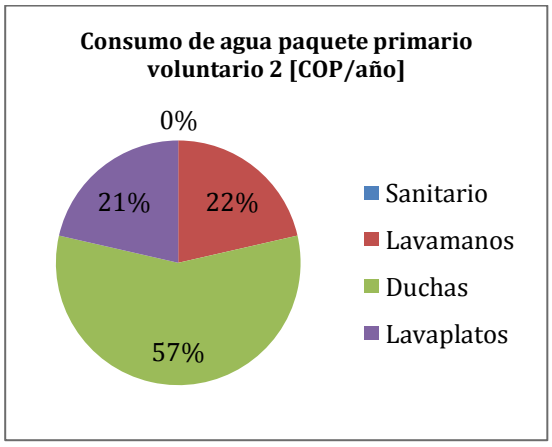


Figura 146 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 vivienda estrato 3-4

5.3.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para viviendas estrato 3-4

La Tabla 159 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete voluntario 1, 2 y 3 con respecto a la línea base ajustada para vivienda estrato 3 y 4, además de los porcentajes de inversión objetivo y real así como el periodo de retorno.

Tabla 159 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para vivienda estrato 3-4

	Paq. Voluntario 1				Paq. Voluntario 2				Paq. Voluntario 3		
	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 3	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	34%	1	1.04	1.9	43%	2	1.63	2.5	45%	2.35	3.5
Agua	33%				41%				NA		

En cuanto al paquete voluntario 1, como se puede ver, los ahorros requeridos son iguales alos requeridos para el paquete obligatorio. Como se explicó anteriormente, no es posible buscar mas ahorros en esta tipología en el paquete voluntario 1 debido a la restricción presupuestal pues el paquete obligatorio al necesariamente equipararse con la resolución no dejo cabida para inversiones adicionales en el caso particular de esta tipología.

En cuanto al paquete voluntario 2, se observa un aumento en el ahorro con respecto al ahorro obligatorio debido a la disminución en el consumo de agua caliente. Con el sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises y la disminución de consumos en sanitarios, lavamanos, ducha y lavaplatos con respecto a la línea base ajustada, se alcanza un ahorro de 41%.

Con respecto al ahorro voluntario obtenido del paquete voluntario 3, se observa una mejora de 2% solo por tener un mejor aislamiento en el muro, debido a la disminución del consumo de calefacción lo cual no es tan significativo como en el caso de VIP y VIS debido a que este tipo de vivienda ya cuenta actualmente con algunas practicas de aislamiento de envolvente. Un estimado muy preliminar de temperaturas muestra un aumento de 1°C en la temperatura operativa del paquete voluntario 2 versus el paquete voluntario 3.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete obligatorio esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 159.

5.4. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Vivienda Estrato 5-6

5.4.1. Paquetes de simulación energética voluntarios viviendas estrato 5-6

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 160 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 1 de vivienda estrato 5 y 6. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 160 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para vivienda estrato 5-6

Medida	Ítem	Parámetro
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	5,3 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	Sistema central para el 100% de usos de agua caliente
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Sensores CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
Colectores solares para calentamiento de agua	Colector solar	Atender el 35% de la demanda de agua caliente
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	Eficiencia de minimo 75%
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 143 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas incluidas en el paquete primario obligatorio las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología vivienda estrato 5 y 6 es de 1 % sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Se aumenta la demanda de agua caliente por colectores solares a 35%

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 161 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 2 de vivienda estrato 5 y 6. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 161 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 propuesto para vivienda estrato 5 y 6

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	3,9 W/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,43 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Control por atenuación para parqueaderos de sótanos	Sistema de atenuación de iluminación	si
Uso de electrodomésticos eficientes	Electrodomésticos	Sellos de eficiencia energética en consumo.
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	40% ventana 60% muro
Valor U de muro exterior	Aislamiento en muro exterior	1,2W/m²°C
Sensores CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
Colectores solares para calentamiento de agua	Colectores solares	Atender el 40% de la demanda
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	Sistema central para el 100% de usos de agua caliente
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	Eficiencia de minimo 75%
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	3,8 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI
Tratamiento aguas grises y reciclaje de agua	Planta tratamiento aguas grises	Tratamiento y reuso de aguas grises de lavamanos en descarga de sanitarios

El paquete voluntario de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 161 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas incluidas en el paquete voluntario 1 las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología vivienda estrato 5 y 6 en el paquete voluntario 2 es de 3% sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Electrodomésticos eficientes: esta medida busca disminuir el consumo asociado a la carga de tomas, esta medida se selecciono además teniendo en cuenta que esta tipología el constructor entrega algunos electrodomésticos.
- Colectores solares para agua caliente: esta medida fue escogida por su alta oportunidad de ahorro en el sistema de agua caliente, en este caso el porcentaje de la demanda que debe ser atendido aumenta al 40%.
- Control de iluminación por atenuación en sótanos con el fin de disminuir e consumo de iluminación artificial en sótanos.
- LED para exteriores lo cual contribuye a disminuir el consumo por iluminación.
- Valor U del muro exterior: dado que en esta tipología se tiene un porcentaje de inversión mas alto, la medida de aislamiento del muro exterior puede incluirse dentro del paquete voluntario sin necesidad de generar un nuevo paquete como fue el caso de las viviendas VIS y VIP.
- Tratamiento de aguas grises y reciclaje de agua: los recursos económicos disponibles en esta tipología permiten implementar un sistema de recolección de aguas grises de los lavamanos en la totalidad de las unidades residenciales para la descarga de sanitarios.

5.4.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario viviendas estrato 5-6

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario voluntario 1 de vivienda estrato 5 y 6 mostrados en la Tabla 160 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 162

Tabla 162 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 5-6

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,01	101,46	101,47	$ 18.299
Enfriamiento	5481,63	0	5481,63	$ 2.858.560
Iluminación	119523,55	0	119523,55	$ 62.329.141
Equipos Internos	184414,26	0	184414,26	$ 96.168.348
Ventiladores	1184,6	0	1184,6	$ 617.745
Bombas	10,51	0	10,51	$ 5.481

Agua caliente	0	104838,52	104838,52	$ 18.903.434
Total	310614,56	104939,98	415554,54	$ 180.901.009

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 162, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario voluntario 1 propuesto para vivienda estrato 5 y 6 se presentan en la Figura 147 y Figura 148 respectivamente.

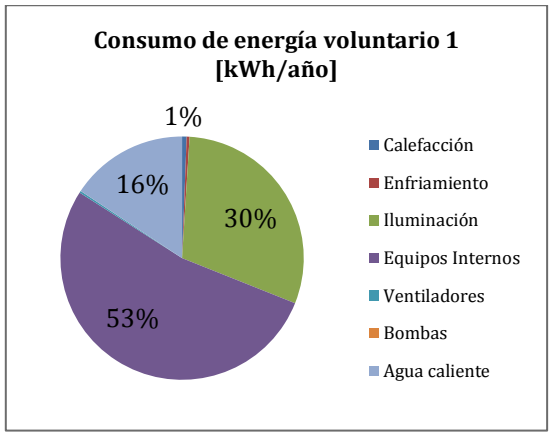


Figura 147 Torta de consumo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6

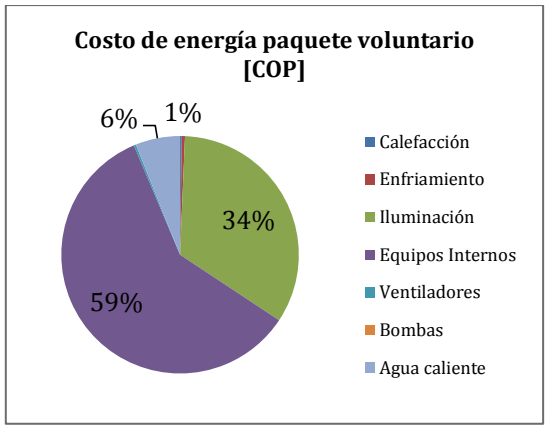


Figura 148 Torta de costo de energía paquete obligatorio propuesto vivienda estrato 5-6

En la Tabla 163 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología de vivienda de estrato 5 y 6 utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros del paquete voluntario 2 de vivienda estrato 5 y 6.

Tabla 163 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 estrato 5 y 6

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,16	2399,05	2399,21	$ 432.656
Enfriamiento	1527,63	0	1527,63	$ 796.628
Iluminación	119523,55	0	119523,55	$ 62.329.141
Equipos Internos	210805,62	0	210805,62	$ 109.930.915
Ventiladores	1004,04	0	1004,04	$ 523.587
Bombas	25,65	0	25,65	$ 13.376
Agua caliente	0	62376,2	62376,2	$ 11.247.053
Total	332886,65	64775,25	397661,9	$ 185.273.356

Con base en los consumos presentados en la Tabla 163, se generan dos tortas en las cuales se puede observar como se distribuyen los consumos y los costos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos para vivienda estrato 5 y 6 del paquete voluntario se muestran Figura 149 y en la Figura 150.

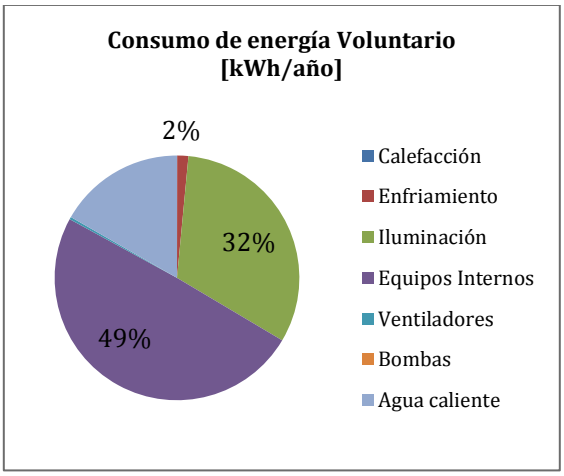


Figura 149 Torta de consumos energéticos paquete voluntario estrato 5 y 6

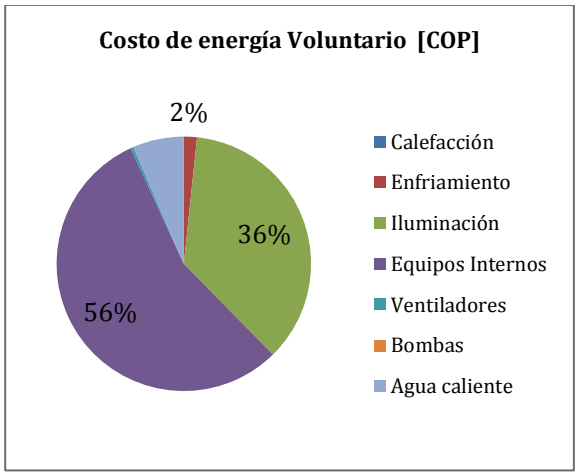


Figura 150 Torta de consumos energéticos paquete voluntario estrato 5 y 6

5.4.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario viviendas estrato 5-6

En la Tabla 164 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda Estrato 5-6, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto.

Tabla 164 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 5-6

Aparato sanitario	Consumo Paquete Voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	961,19	$ 8.334.487,16
Lavamanos	1517,67	$ 13.159.716,57
Duchas	4047,12	$ 35.092.577,52
Lavaplatos	1517,67	$ 13.159.716,57
Total	8043,65	$ 69.746.497,82

Tomando como base los consumos presentados en laTabla 164, se genera una torta de consumos y costos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda estrato 5-6 para el paquete voluntario 1 propuesto, la.Figura 151 y la Figura 152 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

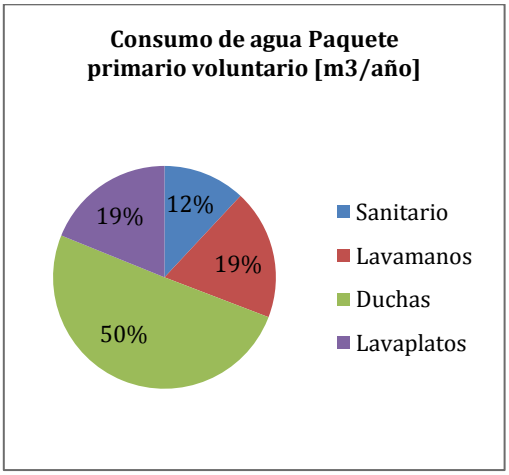


Figura 151 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 5-6

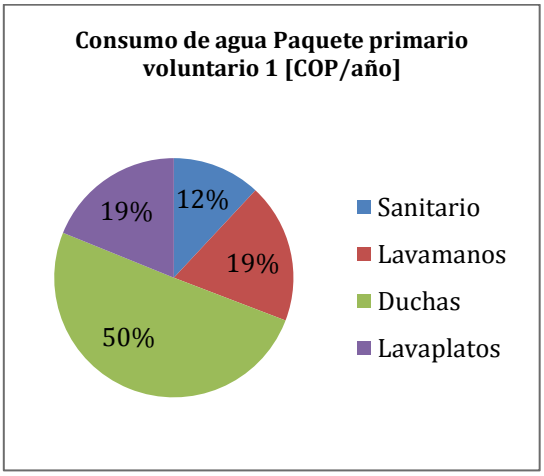


Figura 152 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto vivienda estrato 5-6

En la Tabla 165 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de vivienda Estrato 5-6, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 165 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 vivienda estrato 5-6

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	0,00	$ -
Lavamanos	1517,67	$ 13.159.716,57
Duchas	4047,12	$ 35.092.577,52
Lavaplatos	1517,67	$ 13.159.716,57
Total	7082,46	$ 61.412.010,66

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 165, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para vivienda Estrato 5-6 para el paquete voluntario 2 se encuentra en la Figura 153. La Figura 154 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

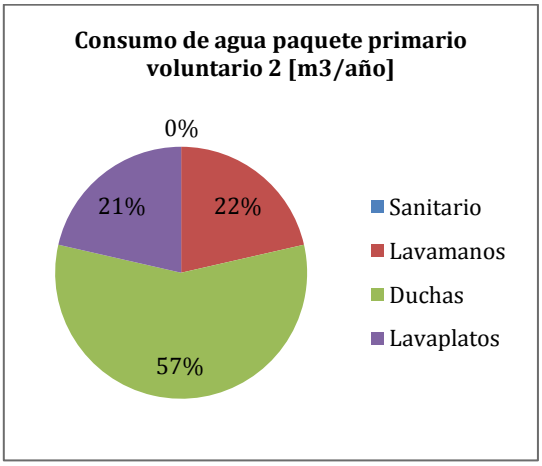


Figura 153 Torta de consumo de agua voluntario vivienda estrato 5-6

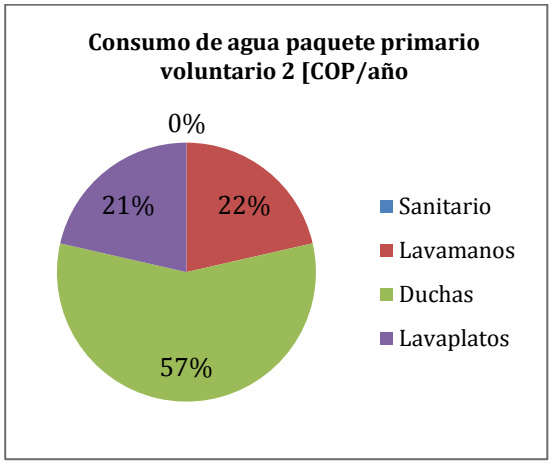


Figura 154 Torta de costo de consumo de agua voluntario vivienda estrato 5-6

5.4.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para viviendas estrato 5-6

La Tabla 166 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete voluntario con respecto a la línea base ajustada para vivienda estrato 5 y 6, además de los porcentajes de inversión objetivo y real, así como el periodo de retorno.

Tabla 166 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para vivienda estrato 5-6

	Paq. Voluntario 1				Paq. Voluntario 2			
	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	35%	1	0.47	0.8	38%	3	1.38	2
Agua	33%				41%			

Para la tipología Estrato 5-6, en el paquete primario voluntario 1 se tienen lavamanos, lavaplatos, sanitario y ducha con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 33%. En cuanto a energia se evidencia que el ahorro energético alcanzado se debe a la reducción en el consumo de agua caliente ya que se aumento el porcentaje de demanda de agua caliente atendida por paneles solares. Todo lo anterior enmarcado en la restricción de inversión definida para esta tipología en el presente estudio.

En relación al paquete voluntario 2, se observa un aumento en el ahorro energético con respecto al ahorro voluntario 1 debido a la disminución en el consumo calefacción, en la carga de tomas y en iluminación, la diferencia en el consumo de calefacción no es tan grande comparada con lo observado en VIP y VIS dado que la práctica común de vivienda 5 y 6 ya incluye algunas características de aislamiento. En cuanto al ahorro de agua, los aparatos sanitarios en el paquete voluntario 2 son los mismos que en el paquete obligatorio. Esto se debe a que el estudio busca mantener la funcionalidad y comodidad de uso de los sistemas de suministro de agua en los proyectos y a que luego de variar los consumos de los aparatos de flujo y descarga, no se obtuvieron ahorros importantes. Con el sistema de tratamiento de aguas grises y la disminución de consumos en sanitarios, lavamanos, ducha y lavaplatos con respecto a la línea base ajustada, se alcanza un ahorro de 41%.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 1 y 2 esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la .Tabla 166.

5.5. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Oficinas

5.5.1. Paquetes primarios voluntario oficinas

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 167 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 1 de oficinas. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 167 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para oficinas

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	10 W/m2 para oficinas, 3,5 W/m2 para parqueaderos en sótanos.
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando

Medida	Ítem	Parámetro
		alguna actividad por más de 1 hora al día.
Control de cargas de stand-by	Control de tomas no reguladas	Para el 50% de la carga de tomas no reguladas
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilación natural para el 50% del área del edificio. Incluir sensores de CO2.
Sensores de CO en parqueaderos	sensores de CO	si
Relación ventana pared	Diseño arquitectónico	máximo 50% ventana 50% muro
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1,9 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario 1 de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 167 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas incluidas en el paquete primario obligatorio las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología oficinas para el paquete voluntario 1 es de 1 % sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Control de cargas de estánd by
- Aumentar el área de ventilacion natural al 50%

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 168 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 2 de oficinas. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 168 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de oficinas

Medida	Ítem	Parámetro

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	10 W/m2 para oficinas, 3,5 W/m2 para parqueaderos en sótanos.
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,61 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Control de cargas de stand-by	Control de tomas no reguladas	Para el 50% de las cargas tomas no reguladas
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Sensores de CO en parqueaderos	sensores de CO	si
Relacion ventana pared	Diseño arquitectónico	maximo 50% ventana 50% muro
Sanitario ahorrador	Sanitario	4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	0,5 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI
Recolección de aguas lluvias y reutilización	Planta tratamiento aguas lluvias	Recolección y reuso de aguas lluvias provenientes del 50% de la cubierta en descarga de sanitarios y orinales.

El paquete voluntario de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 168 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas obligatorias incluidas en el paquete primario voluntario 1 las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de oficinas para el paquete voluntario 2 es de 3% sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Ventilación natural para el 100% de los espacios, lo cual disminuye la carga de aire acondicionado y ventilación mecánica que corresponde al 30% de la torta de consumos de l paquete primario de la practica tradicional.
- Sanitario y orinal: Los aparatos de descarga en este paquete tienen consumos más bajos que los del paquete obligatorio debido a que al analizar la Figura 83 (torta de consumos del paquete primario obligatorio) se observa que el consumo en sanitario y orinal corresponde al 78%, por lo que aumentar su eficiencia genera grandes impactos en el consumo.
- Recolección de aguas lluvias y reutilización: Los recursos económicos disponibles en esta tipología permiten implementar también un sistema de recolección de aguas lluvias en el 25% de la cubierta para su aprovechamiento en la descarga de sanitarios y orinales.

5.5.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario oficinas

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario voluntario 1 propuesto de oficinas mostrados en la Tabla 167 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 169.

Tabla 169 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto oficinas

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	2,37	25799,99	25802,36	$ 4.282.548
Enfriamiento	37932,07	0	37932,07	$ 16.643.834
Iluminación	134012,13	0	134012,13	$ 58.801.842
Equipos Internos	158013	0	158013	$ 69.332.944
Ventiladores	72376,71	0	72376,71	$ 31.757.453
Bombas	54,2	0	54,2	$ 23.782
Total	402390,48	25799,99	428190,47	$ 180.842.403

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 169, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario voluntario 1 para oficinas se presentan en la Figura 155 y Figura 156 respectivamente.

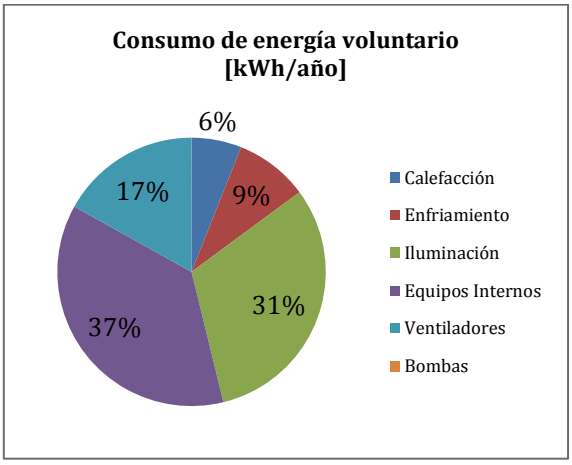


Figura 155 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 oficinas

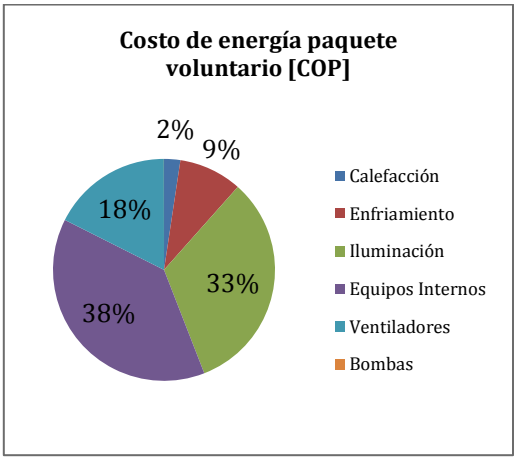


Figura 156 Torta de costo de energía paquete voluntario 1 oficinas

En la Tabla 170 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología oficinas utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros del paquete voluntario 2 de oficinas.

Tabla 170 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 oficinas

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	2,56	27852,99	27855,55	$ 4.623.327
Enfriamiento	34534,86	0	34534,86	$ 15.153.206
Iluminación	134012,13	0	134012,13	$ 58.801.842
Equipos Internos	158013	0	158013	$ 69.332.944

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Ventiladores	39788,3	0	39788,3	$ 17.458.310
Bombas	59,68	0	59,68	$ 26.186
Rechazo de calor	0	0	0	$ -
Total	366410,53	27852,99	394263,52	$ 165.395.816

Con base en los consumos presentados en la Tabla 170, se generan dos tortas en las cuales se puede observar como se distribuyen los consumos y los costos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos para oficinas del paquete voluntario 2 se muestran Figura 157 y en la Figura 158 respectivamente.

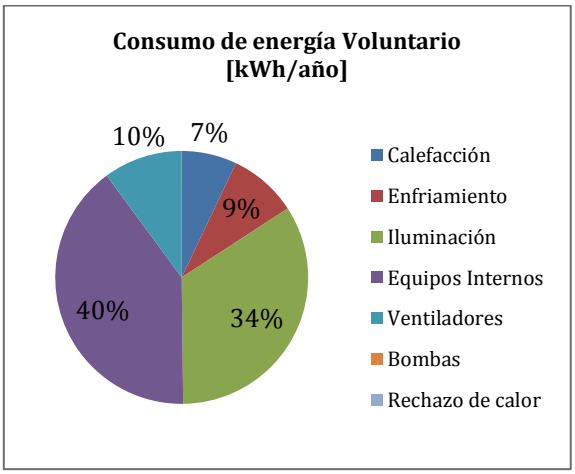


Figura 157 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 oficinas

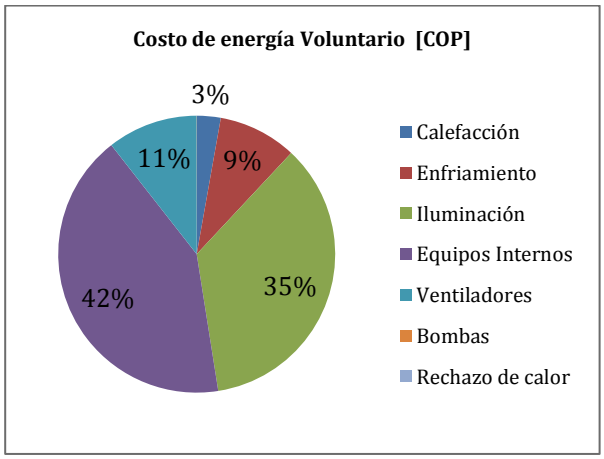


Figura 158 Torta de costos energéticos paquete voluntario 2 oficinas

5.5.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario oficinas

En la Tabla 171 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de oficinas, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 1 propuesto.

Tabla 171 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 oficinas

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2262	$ 17.747.652,00
Orinal	413.25	$ 3.242.359,50

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Lavamanos	652,5	$ 5.119.515,00
Lavaplatos	108,75	$ 853.252,50
Total	3436.5	$ 26.962.779,00

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 103, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para oficinas para el paquete voluntario1 se encuentra en la Figura 159. La Figura 160 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

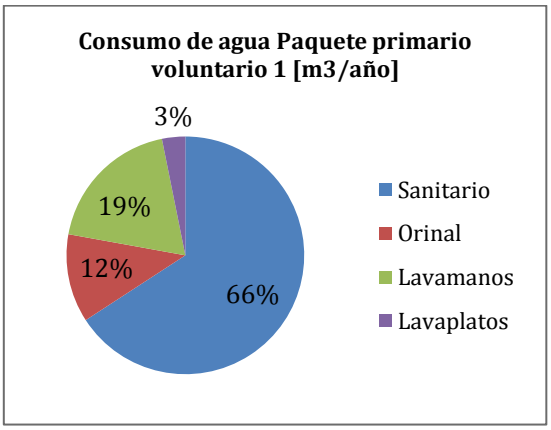


Figura 159 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto oficinas

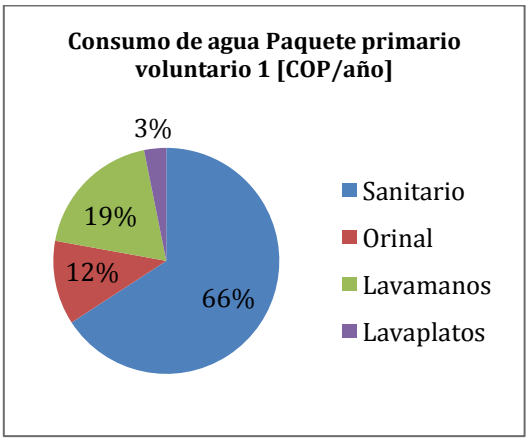


Figura 160 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto oficinas

En la Tabla 172 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología Oficinas, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 172 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 Oficinas

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	2008,48	$ 15.758.524,03
Orinal	104,61	$ 820.756,46
Lavamanos	652,5	$ 5.119.515,00
Lavaplatos	108,75	$ 853.252,50
Total	2874,34	$ 22.552.047,99

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 172, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para Oficinas para el paquete voluntario 2 se encuentra en la Figura 161. La Figura 162 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

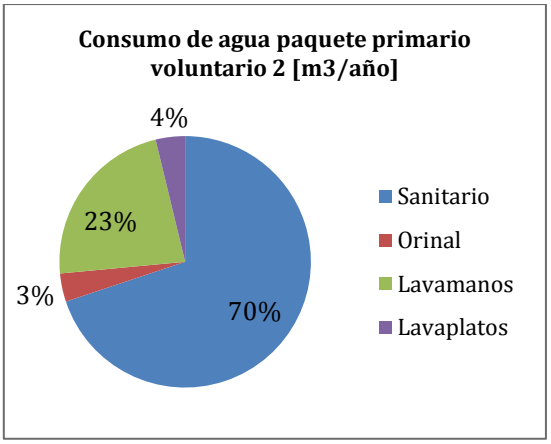


Figura 161 Torta de consumo de agua voluntario 2 Oficinas

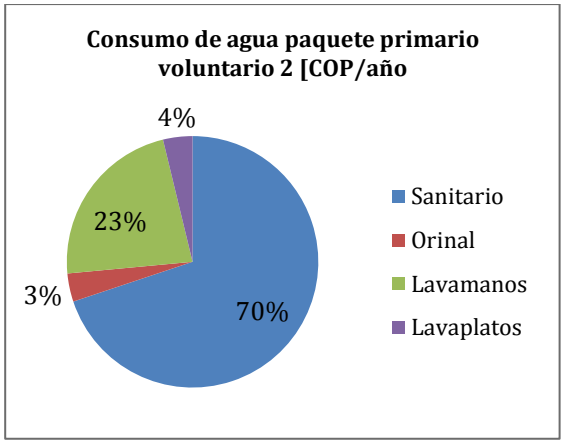


Figura 162 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 Oficinas

5.5.4. Porcentajes voluntario de agua y energía recomendados para oficinas

La Tabla 173 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua de los paquetes voluntarios con respecto a la línea base ajustada para oficinas, además de los porcentajes de inversión objetivo y real, así como el periodo de retorno.

Tabla 173 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para oficinas

	Paq. Voluntario 1				Paq. Voluntario 2			
	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	25%	1	0.6	1	31%	3	0.79	1
Agua	44%				53%			

Para el apquete voluntario 1, gracias a que la selección de medidas estuvo encaminada a sistemas con grandes oportunidades de ahorro en la torta de consumos de energía del paquete primario (iluminación, tomas, HVAC) y que además fuesen costo efectivas, se obtuvieron ahorros en dichos sistemas y por tanto en el desempeño global del edificio. En cuanto al ahorro de agua, en el paquete primario obligatorio tiene lavamanos y lavaplatos con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 44%. El aumento del consumo frente a la línea base del sanitario de doble descarga se compensa con la gran reducción en equipos de flujo, al pasar de un lavamanos de 9.6 lpm en la línea base ajustada a 2 lpm en el paquete obligatorio y de un lavaplatos de 8.3 lpm a 2 lpm.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 1 está enmarcado en la restricción de inversión definida para esta tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 173.

En cuanto al paquete voluntario 2, se observa un aumento en el ahorro energético con respecto al ahorro voluntario debido a la disminución en el consumo de enfriamiento y ventiladores gracias a la ventilación natural. En cuanto al ahorro de agua, gracias al sistema de recolección y reúso de aguas lluvias y la disminución de consumos en orinales, lavamanos y lavaplatos con respecto a la línea base ajustada, se alcanza un ahorro de 53%.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 173.

5.6. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Centros Comerciales

5.6.1. Paquetes de simulación energética voluntarios centros comerciales

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 106 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro valountario 1 de centros comerciales. Esta tabla contiene inicialmente el

nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 174 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para centros comerciales

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	16,52 W/m2; Parqueadero 1,45 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si, para parqueaderos y zonas de servicio
Control de iluminación por incidencia de luz natural	Sensores de luz día	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Sensores de CO en parqueaderos	sensores de CO	si
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilación natural para zonas comunes. Incluir sensores de CO2.
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario 1 de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, por una parte todas las medidas del paquete obligatorio, y por otra parte aquellas que esten dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología centro comercial es de 1% sobre el costo directo de construcción. Para el caso particular de centros comerciales, para el paquete voluntario 1 no es posible incluir medidas adicionales a las ya incluidas dentro del paquete obligatorio pues la restricción económica no lo permite.

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 175 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 2 de centros comerciales. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 175 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de centros comerciales

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	16,52 W/m2; Parqueadero 1,45 W/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	2 W/ m2
Control de iluminación por atenuación en parqueaderos de sótanos	Sistema de atenuación de iluminación	si
Control de iluminacion por incidencia de luz natural	Sensores de luz día	si
Control de ocupación en espacios interiores	Sensores de ocupación	si, parqueaderos y zonas de servicio
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Energía solar fotovoltaíca	Paneles fotovoltaicos	Abastecer el 3% de la carga total del edificio
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2016
Economizadores de aire	Economizadores	100% aire exterior
Sensores de CO en parqueaderos	sensores de CO	si
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilación natural para zonas comunes
Sanitario ahorrador	Sanitario	4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	0,5 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI
Recolección de aguas lluvias y reutilización	Planta tratamiento aguas lluvias	Recolección y reuso de aguas lluvias provenientes del 10% de la cubierta en descarga de sanitarios y orinales.

El paquete voluntario 2 de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 175 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas obligatorias incluidas en el paquete primario voluntario 1 que corresponden a las medidapaquete obligatorio las cuales fueron descritas y justificadas en la sección 4.6 b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de centros comerciales paquete voluntario 2 es de 3% sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Control de iluminación por atenuación en sótanos con el fin de disminuir e consumo de iluminación artificial en sótanos.
- Energía solar fotovoltaica: Un 3% de la energía total consumida en el edificio proviene de energía solar lo cual disminuye el consumo de energía total del edificio.
- Economizadores de aire y COP para equipos de aire acondicionado con el fin de mejorar la eficiencia energética del sistema de aire condicionado.
- Sanitario y orinal: Los aparatos de descarga en este paquete tienen consumos más bajos que los del paquete obligatorio debido a que al analizar la Figura 83 (torta de consumos del paquete primario obligatorio) se observa que el consumo en sanitario y orinal corresponde al 78%, por lo que aumentar su eficiencia genera grandes impactos en el consumo.
- Recolección de aguas lluvias y reutilización: Los recursos económicos disponibles en esta tipología permiten implementar también un sistema de recolección de aguas lluvias en el 10% de la cubierta para su aprovechamiento en la descarga de sanitarios y orinales.

5.6.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario centros comerciales

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario voluntario 1 de centros comerciales mostrados en la Tabla 174 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 176.

Tabla 176 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto centros comerciales

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,59	24900,22	24900,81	$ 4.132.397
Enfriamiento	182731,5	0	182731,5	$ 63.504.678
Iluminación	1433266,71	0	1433266,71	$ 498.103.180
Equipos Internos	261657,29	0	261657,29	$ 90.933.758
Ventiladores	34524,34	0	34524,34	$ 11.998.244

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Bombas	121,96	0	121,96	$ 42.385
Total	1912302,39	24900,22	1937202,61	$ 668.714.641

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 176, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio para centros comerciales se presentan en la Figura 163 y Figura 164 respectivamente.

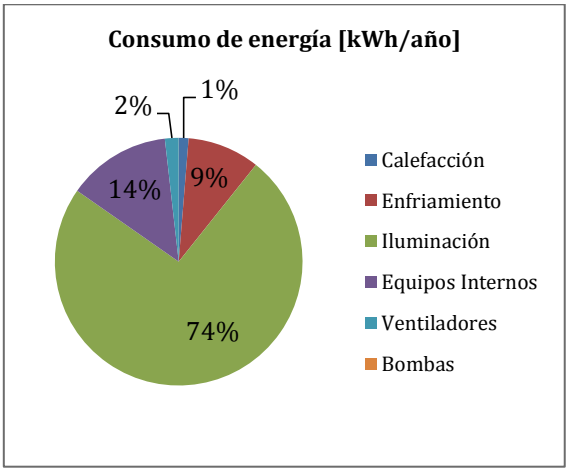


Figura 163 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto centros comerciales

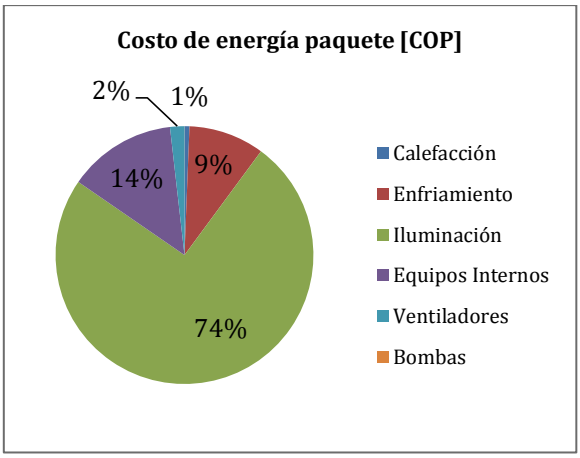


Figura 164 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto centros comerciales

En la Tabla 177 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología centros comerciales utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros del paquete voluntario 2 de centros comerciales.

Tabla 177 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 centros comerciales

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario[kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	0,64	26805,49	26806,13	$ 4.448.593
Enfriamiento	134327,25	0	134327,25	$ 46.682.749
Iluminación	1337604,53	0	1337604,53	$ 464.857.702
Equipos Internos	261657,29	0	261657,29	$ 90.933.758
Ventiladores	34348,21	0	34348,21	$ 11.937.033
Bombas	130,57	0	130,57	$ 45.377
Fotovoltaica	-53042,0547	0	-53042,0547	-$ 18.433.705
Total	1715026,435	26805,49	1741831,925	$ 600.471.508

Con base en los consumos presentados en la Tabla 177, se generan dos tortas en las cuales se puede observar como se distribuyen los consumos y los costos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos para centros comerciales del paquete voluntario 2 se muestran Figura 165 y en la Figura 166 respectivamente.

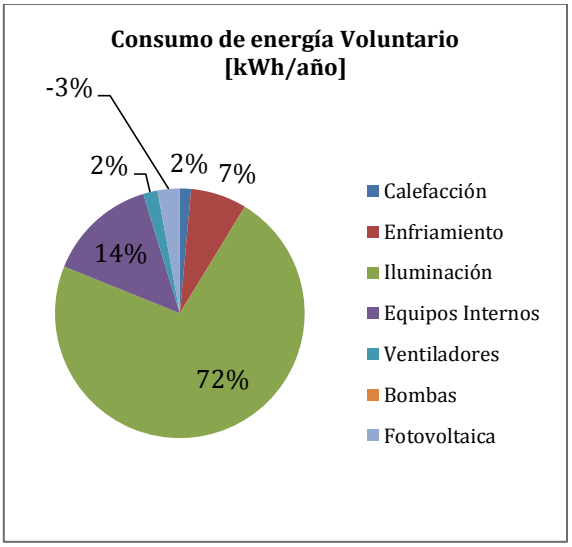


Figura 165 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 centro comercial

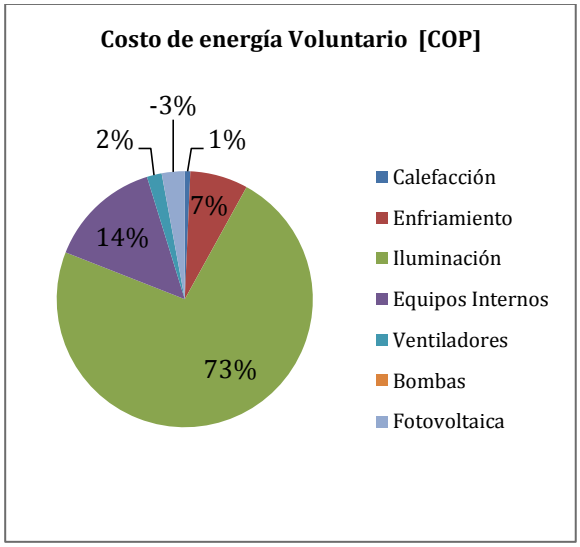


Figura 166 Torta de costos energéticos paquete voluntario 2 centro comerciales.

5.6.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario centros comerciales

En la Tabla 178 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de centros comerciales, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 1 propuesto.

Tabla 178 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto centro comercial

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	4191,07	$ 32.883.125,02
Orinal	331,80	$ 2.603.328,30
Lavamanos	1137,78	$ 8.927.006,19
Lavaplatos	284,15	$ 2.229.460,52
Total	5944,80	$ 46.642.920,02

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 178, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para centros comerciales para el paquete voluntario 1 propuesto se encuentra en la Figura 167. La Figura 168 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

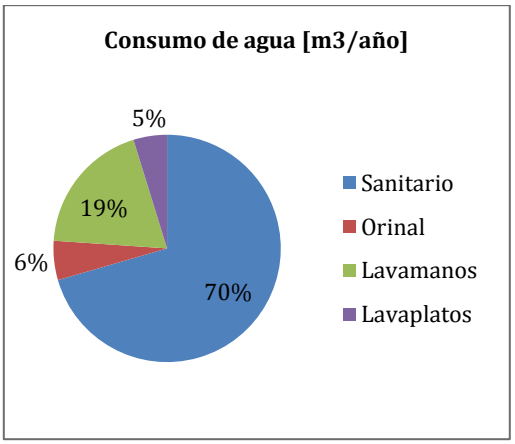


Figura 167 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto centro comercial

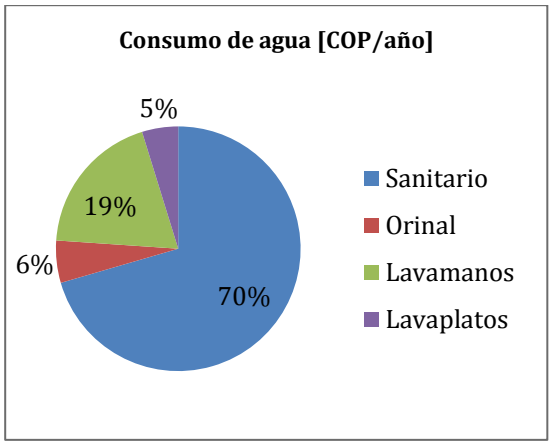


Figura 168 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto centro comercial

En la Tabla 179 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología Centros Comerciales utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 179 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 centros comerciales

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	3420,64	$ 26.838.348,75
Orinal	146,69	$ 1.150.916,35
Lavamanos	1137,78	$ 8.927.006,19
Lavaplatos	284,15	$ 2.229.460,52
Total	4989,26	$ 39.145.731,80

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 179, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para Centros Comerciales para el paquete voluntario 2 se encuentra en la Figura 169. La Figura 170 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

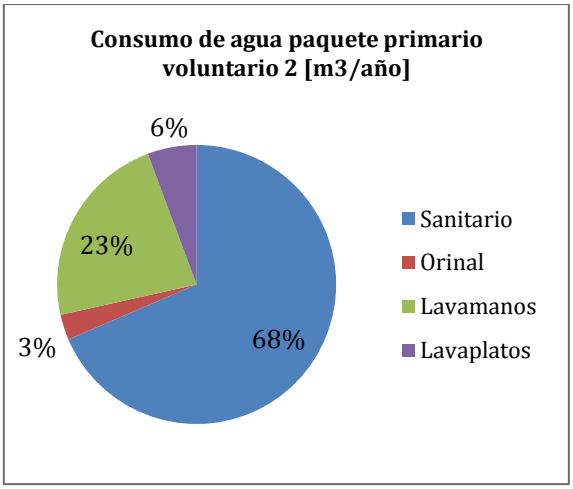


Figura 169 Torta de consumo de agua voluntario 2 centros comerciales

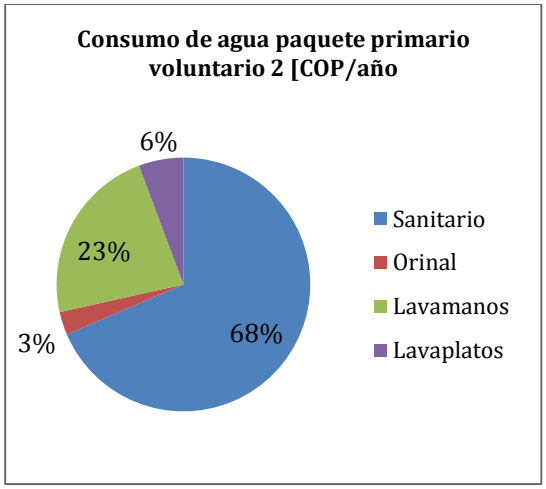


Figura 170 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 centros comerciales

5.6.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para centros comerciales

La Tabla 180 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua de los paquetes voluntarios con respecto a la línea base ajustada para centros comerciales, además de los porcentajes de inversión objetivo y real, así como el periodo de retorno.

Tabla 180 Porcentajes voluntarios de agua recomendados para centros comerciales

	Paq. Voluntario 1				Paq. Voluntario 2			
	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	20%	1	0.44	1.6	28%	3	0.77	2.2
Agua	39%				48%			

En cuanto al paquete voluntario 1, como se puede ver, los ahorros requeridos son iguales alos requeridos para el paquete obligatorio. Como se explico anteriormente, no es posible buscar mas ahorros en esta tipología en el paquete voluntario 1 debido a la restricción presupuestal pues el paquete obligatorio al necesariamente equipararse con la resolución no dejo cabida para inversiones adicionales en el caso particular de esta tipología.

Para el paquete valuntario 2, al comparar los resultados de consumo energético del paquete voluntario 1 y voluntario 2 de centros comerciales, se observa una disminución en el consumo de iluminación, de aire acondicionado, ventilación mecánica y del general de consumo por el aporte de energía solar fotovoltaica lo cual hace que el ahorro aumente de 20% a 28% . En cuanto al ahorro de agua, gracias al sistema de recolección y reúso de aguas lluvias y la disminución de consumos en orinales, lavamanos y lavaplatos con respecto a la línea base ajustada, se alcanza un ahorro de 48%.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 2 esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 180.

5.7. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Hoteles

5.7.1. Paquetes primarios voluntarios hoteles

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 181 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 1 de hoteles. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 181 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para hoteles

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	11 W/ m2

Medida	Ítem	Parámetro
Control de iluminación por atenuación en parqueaderos de sótanos	Sistema de atenuación de iluminación	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.l
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	ASHRAE 90.1 2016
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	Sistemas centrales
Economizadores de Aire	Economizadores	100% aire exterior
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilación natural para zonas comunes. Incluir sensores de CO2.
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2016
Valor SHGC del vidrio	Coeficiente de desempeño	0,4
Valor U del vidrio	Coeficiente de desempeño	1,8
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1,9 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario 1 de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 181 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas incluidas en el paquete primario obligatorio las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a

su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología hoteles para el paquete voluntario 1 es de 1 % sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Sensores de luz dia para corredores y exteriores

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 182 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 2 de hoteles. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 182 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 de hoteles

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	11 W/ m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,6 W/m2
Control de iluminación por atenuación en parqueaderos de sótanos	Sistema de atenuación de iluminación	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Control de ocupación para espacios interiores	Sensores de ocupación	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Valor SHGC del vidrio	Coeficiente de desempeño	0,4
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	ASHRAE 90.1 2016
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	sistemas centrales	sistemas centrales
Colectores solares para calentamiento de agua	Colectores solares	Atender el 40% de la demanda
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2016
Economizadores de Aire	Economizadores	100% aire exterior
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	si

Medida	Ítem	Parámetro
Valor U del vidrio	Coeficiente de desempeño	1,8
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilación natural para zonas comunes
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario ahorrador	Sanitario	4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	0,5 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI
Tratamiento aguas grises y reciclaje de agua	Planta tratamiento aguas grises	Tratamiento y reuso de aguas grises de lavamanos del 50% de las habitaciones en descarga de sanitarios y orinales

El paquete voluntario de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 182 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas incluidas en el paquete primario voluntario 1 las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión del pquete voluntario 2 de hoteles la cual es de 3% sobre el costo directo de construcción.

Para el caso de los aparatos sanitarios, los aparatos de flujo en el paquete voluntario 2 son los mismos que en el paquete obligatorio. Aunque en la Figura 99 (torta de consumos del paquete primario obligatorio) se observa que el consumo en lavamanos, lavaplatos y duchas corresponde al 81%, disminuir los caudales de estos aparatos tendría consecuencias que afectarían su funcionalidad y la comodidad de los usuarios.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Colectores solares para atender el 40% de la demanda de agua caliente, lo cual impacta en el consumo de este sistema que corresponde al 37% del consumo total de energía para los hoteles.
- Sistema de recolección de aguas grises en el 50% de los lavamanos de las habitaciones, para su aprovechamiento en la descarga de sanitarios y orinales
- Orinales y sanitarios ahorradores , lo cual disminuye el consumo total de agua en el edificio

5.7.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario hoteles

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario voluntario 1 propuesto para hoteles presentados en la Tabla 181, se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 183.

Tabla 183 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto hoteles

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	4352,3	958,36	5310,66	$ 2.068.394
Enfriamiento	6464,33	0	6464,33	$ 2.835.902
Iluminación	358758,78	0	358758,78	$ 157.387.477
Equipos Internos	90451,54	0	90451,54	$ 39.681.091
Ventiladores	59725,43	0	59725,43	$ 26.201.546
Bombas	17,9	0	17,9	$ 7.853
Agua Caliente	0	166349,95	166349,95	$ 27.605.774
Total	519770,28	167308,31	687078,59	$ 255.788.036

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 183, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario obligatorio propuesto para hoteles se presentan en la Figura 171 y Figura 172 respectivamente.

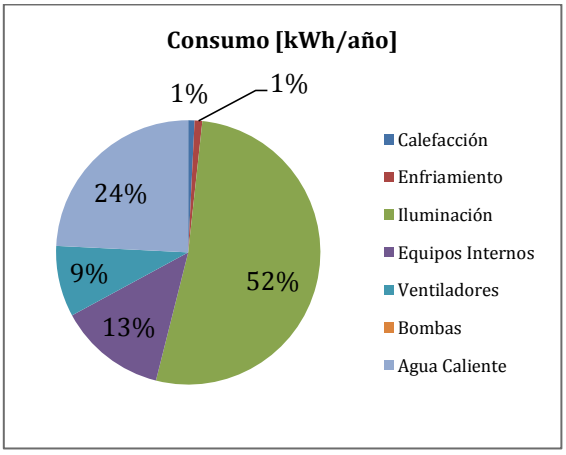


Figura 171 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto hoteles

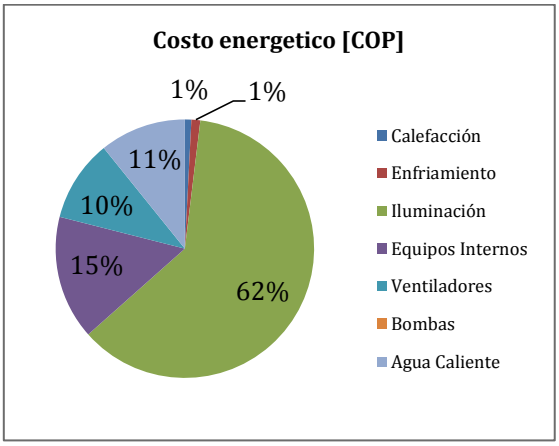


Figura 172 Torta de costos de energía paquete voluntario 1 propuesto hoteles

En la Tabla 184 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología hoteles utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros del paquete voluntario 2 de hoteles.

Tabla 184 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 hoteles

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	4352,3	958,36	5310,66	$ 2.068.394
Enfriamiento	6464,33	0	6464,33	$ 2.835.902
Iluminación	358758,78	0	358758,78	$ 157.387.477
Equipos Internos	90451,54	0	90451,54	$ 39.681.091
Ventiladores	59725,43	0	59725,43	$ 26.201.546
Bombas	17,9	0	17,9	$ 7.853
Agua Caliente	0	99746,07	99746,07	$ 16.552.860
Total	519770,28	100704,43	620474,71	$ 244.735.122

Con base en los consumos presentados en la Tabla 184, se generan dos tortas en las cuales se puede observar como se distribuyen los consumos y los costos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos para hoteles del paquete voluntario 2 se muestran Figura 173 y en la Figura 174 respectivamente.

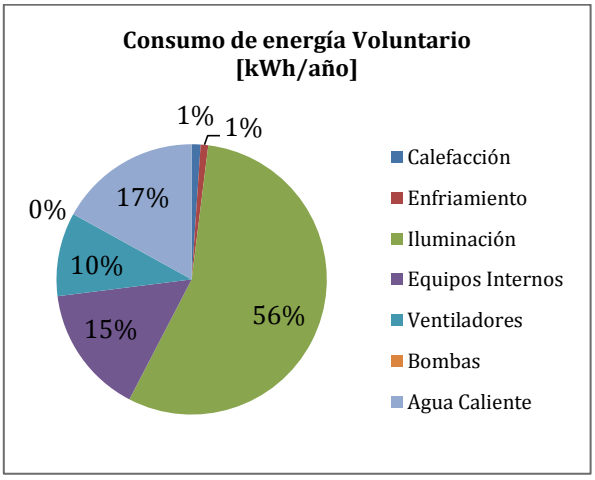


Figura 173 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 hoteles

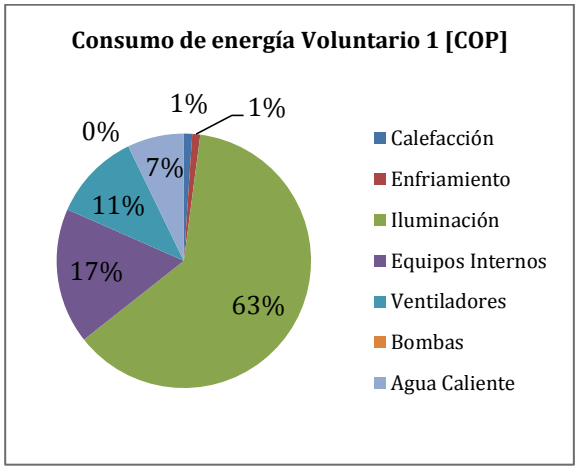


Figura 174 Torta de costos energéticos paquete voluntario 2 hoteles

5.7.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario hoteles

En la Tabla 185 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de hoteles utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 1 propuesto.

Tabla 185 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto hoteles

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	1311,52	$ 10.290.170,23
Orinal	15,95	$ 125.147,62
Lavamanos	1437,74	$ 11.280.468,81
Ducha	3766,80	$ 29.554.312,80
Lavaplatos	483.44	$ 3.793.089,86
Total	7015.45	$ 55.043.189,32

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 185, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para hoteles para el paquete obligatorio propuesto se encuentra en la Figura 175. La Figura 176 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

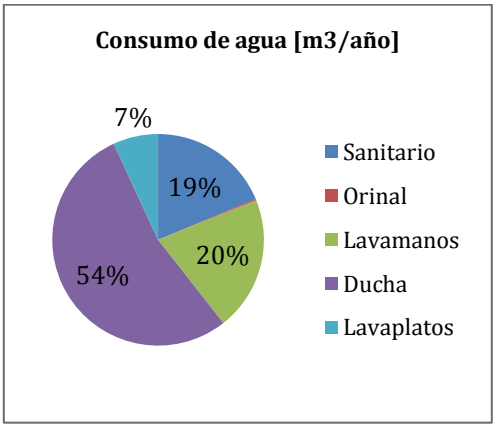


Figura 175 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto hoteles

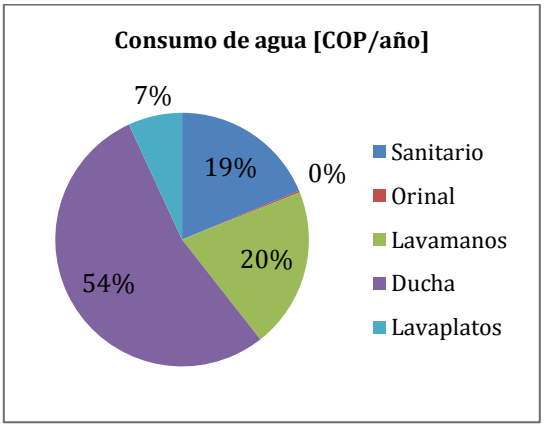


Figura 176 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto hoteles

En la Tabla 186 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología Hoteles, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 186 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 hoteles

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	600,79	$ 4.713.812,27
Orinal	1,93	$ 15.164,16
Lavamanos	1437,74	$ 11.280.468,81
Ducha	3766,80	$ 29.554.312,80
Lavaplatos	483,44	$ 3.793.089,86
Total	6290,70	$ 49.356.847,89

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 186, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para Hoteles para el paquete voluntario 2 se encuentra en la Figura 177. La Figura 178 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

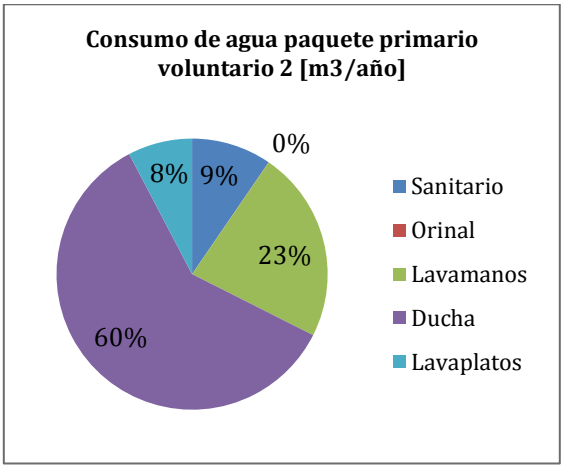


Figura 177 Torta de consumo de agua voluntario 2 hoteles

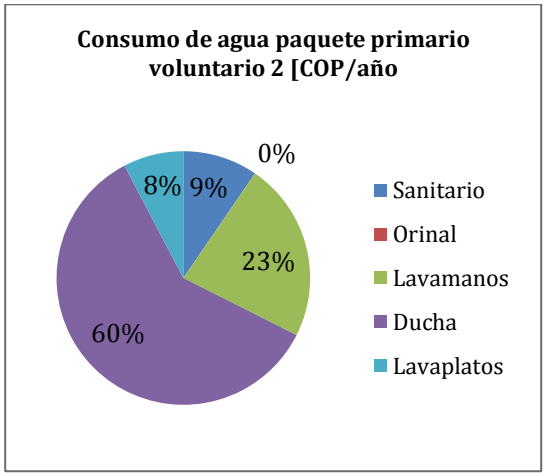


Figura 178 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 hoteles

5.7.4. Porcentajes voluntario de agua y energía recomendados para hoteles

La Tabla 187 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua del paquete voluntario 1 y 2 con respecto a la línea base ajustada para hoteles, además de los porcentajes de inversión objetivo y real, así como el periodo de retorno.

Tabla 187 Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para hoteles

	Paq. Voluntario 1				Paq. Voluntario 2			
	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	24%	1	0.37	1.4	32%	3	0.88	2.7
Agua	24 %				32%			

Los porcentajes de ahorro resultantes responden a la intensión de buscar medidas costo efectivas que impacten en los sistemas con mayor oportunidad de ahorro. En el caso del ahorro energético del hotel la disminución en los consumos de agua caliente, iluminación y HVAC logró hacer que se alcanzara el ahorro de 24%. En cuanto al ahorro en agua, para la

tipología de hotel, en el paquete primario obligatorio propuesto se tienen lavamanos y lavaplatos con menor consumo que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 24%.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 1 está enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 187.

Para el caso del ahorro voluntario 2, al comparar los resultados de consumo energético del paquete obligatorio y voluntario de hoteles, se observa una disminución en el consumo de agua caliente debido a la estrategia de implementación de colectores solares lo cual hace que el ahorro aumente de 24% a 32%. En cuanto al ahorro de agua, los ahorros obtenidos en el paquete voluntario de esta tipología se deben a la especificación de aparatos de descarga con consumos más bajos que los del paquete obligatorio (excepto el sanitario privado). Esta estrategia, junto a un sistema de recolección de aguas grises en el 50% de los lavamanos de las habitaciones, para su aprovechamiento en la descarga de sanitarios y orinales, permiten alcanzar un ahorro de 32%.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 187.

5.8. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Colegios

5.8.1. Paquetes de simulación energética voluntarios colegios

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 188 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 1 de colegios. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 188 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para colegios

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	11 W/ m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por

Medida	Ítem	Parámetro
		más de 1 hora al día.l
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016 para todas las áreas. Incluir sensores de CO2.
Sanitario ahorrador	Sanitario	6/4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1,9 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario 1 de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 181 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas incluidas en el paquete primario obligatorio las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de la tipología colegios para el paquete voluntario 1 es de 0.5 % sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Ventilación natural para todos los espacios, la cual trae beneficios energéticos al mejorar las condiciones térmicas de los espacios, así como beneficios en la salud de las personas que ocupan el edificio garantizando una calidad de aire adecuada. De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 120 esta medida debe ser realizada mediante un diseño bioclimático cumpliendo con un estándar internacional como el ASHRAE 62.1 2016 o similar y adicionalmente debe ser complementada con el uso de sensores de CO2 con el fin de que el sistema pueda operarse de la forma mas adecuada.
- Control de ocupación para zonas comunes lo cual contribuye al ahorro energético en el sistema de iluminación el cual corresponde a una porción del 57% en el paquete primario de la práctica tradicional.

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 189 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 2 de colegios. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 189 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 propuesto para colegios

Medida	Ítem	Parámetro

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	11 W/ m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	2 W/m2
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	si
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si, para el 50% de los espacios
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Control de cargas de stand-by	Control de tomas no reguladas	Para el 50% de las cargas tomas no reguladas
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016
Sanitario ahorrador	Sanitario	4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	0,5 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	2 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario 2 de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 189 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas obligatorias incluidas en el paquete primario voluntario 1 las cuales fueron descritas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de colegios es de 1% sobre el costo directo de construcción.

Para el caso de los aparatos sanitarios, los aparatos de flujo en el paquete voluntario son los mismos que en el paquete obligatorio. Aunque en la Figura 99 (torta de consumos del paquete primario obligatorio) se observa que el consumo en lavamanos, lavaplatos y duchas corresponde al 81%, disminuir los caudales de estos aparatos tendría consecuencias que afectarían su funcionalidad y la comodidad de los usuarios.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Control de luz día, el cual impacta en el consumo de iluminación que corresponde a un 57% en el consumo energético total del paquete primario de práctica tradicional.
- Control de cargas de stand by, esta medida permite obtener ahorros en la carga de equipos interiores, la cual corresponde a un 22% del consumo total de energía del paquete primario de la practica común.

- Los aparatos de descarga en este paquete tienen consumos más bajos que los del paquete obligatorio debido a que al analizar la Figura 107 (torta de consumos del paquete primario obligatorio) se observa que el consumo en sanitario y orinal corresponde al 78%, por lo que aumentar su eficiencia genera grandes impactos en el consumo. Los recursos económicos disponibles en esta tipología no permiten implementar sistemas de reciclaje de agua.

5.8.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario colegios

Siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario voluntario 1 de colegios mostrados en la Tabla 188 se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 190.

Tabla 190 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 propuesto colegios

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,1	16371,86	16372,96	$ 2.717.228
Enfriamiento	14212,08	0	14212,08	$ 4.105.586
Iluminación	343258,06	0	343258,06	$ 99.160.388
Equipos Internos	136701,35	0	136701,35	$ 39.490.286
Ventiladores	25400,92	0	25400,92	$ 7.337.818
Bombas	86,68	0	86,68	$ 25.040
Total	519660,19	16371,86	536032,05	$ 152.836.346

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 190, se genera una torta de consumos y de costos, con base en las cuales se puede observar como se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario voluntario 1 propuesto para colegios se presentan en la Figura 179y Figura 180 respectivamente.

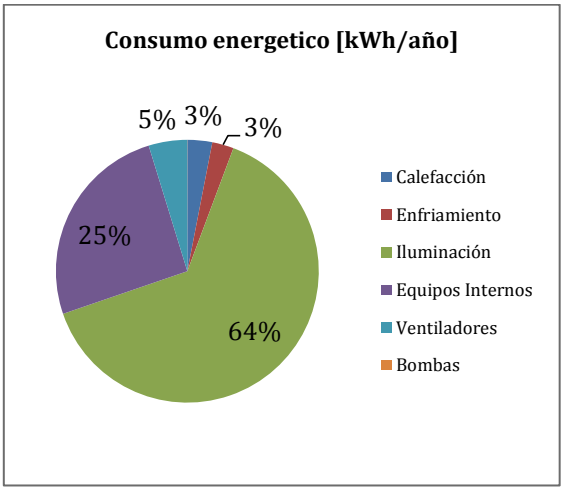


Figura 179 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto colegios

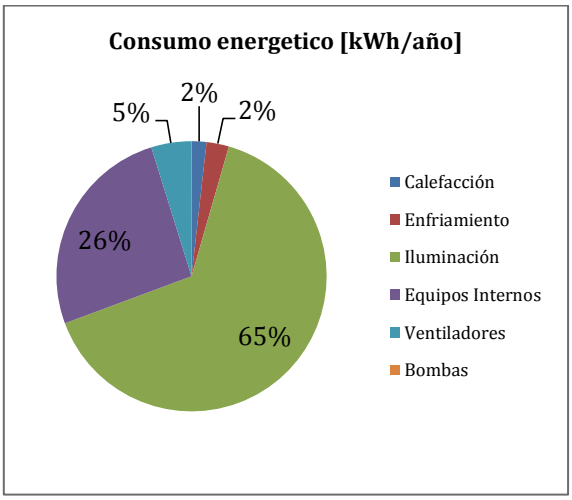


Figura 180 Torta de costo consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto colegios

En la Tabla 191 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología colegios utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros del paquete voluntario 2 de dicha tipología.

Tabla 191 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 colegios

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía Voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	1,23	18281,39	18282,62	$ 3.034.152
Enfriamiento	9556,33	0	9556,33	$ 2.760.633
Iluminación	303340,25	0	303340,25	$ 87.628.931
Equipos Internos	129586,78	0	129586,78	$ 37.435.029

Ventiladores	19089,02	0	19089,02	$ 5.514.436
Bombas	72,97	0	72,97	$ 21.080
Total	461646,58	18281,39	479927,97	$ 136.394.261

Con base en los consumos presentados en la Tabla 191, se generan dos tortas en las cuales se puede observar como se distribuyen los consumos y los costos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos para colegios del paquete voluntario 2 se muestran Figura 181 y en la Figura 182 respectivamente.

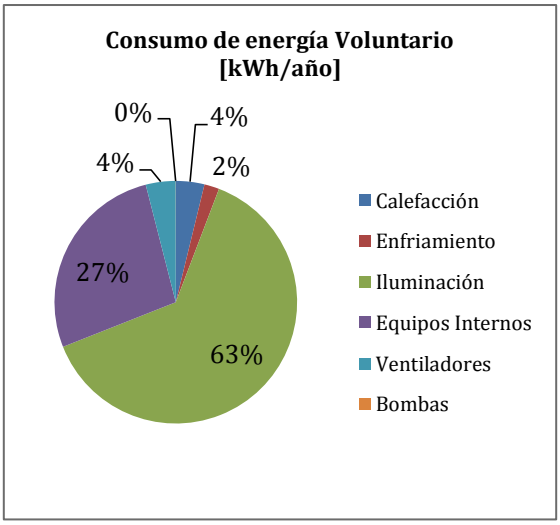


Figura 181 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 colegios

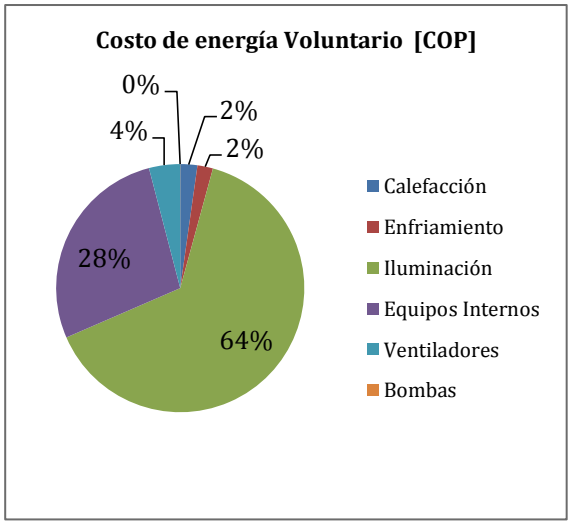


Figura 182 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 colegios

5.8.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario colegios

En la Tabla 192 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de colegios, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete obligatorio propuesto.

Tabla 192 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto colegios

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	13088,09	$ 68.463.788,33
Orinal	2391,09	$ 12.507.807,48

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Lavamanos	3775,41	$ 19.749.169,71
Lavaplatos	629,24	$ 3.291.528,29
Total	19883,83	$ 104.012.293,81

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 192, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar cómo se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para colegios para el paquete obligatorio 1 se encuentra en la Figura 183, La Figura 184muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

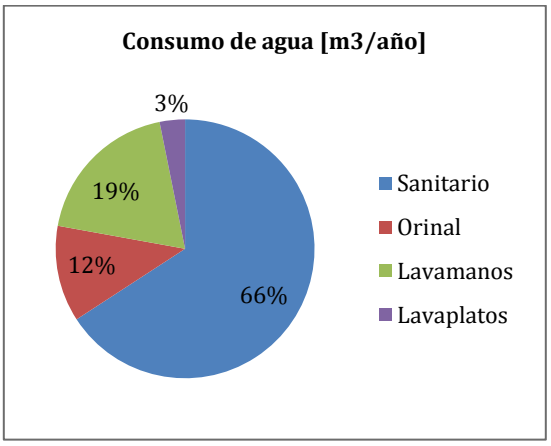


Figura 183 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto colegios

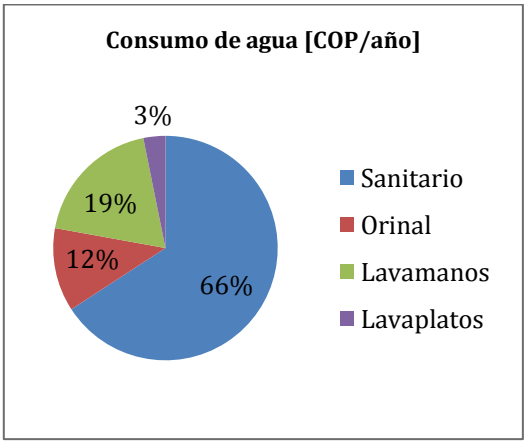


Figura 184 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto colegios

En la Tabla 193 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología Colegios utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 193 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 colegios

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	12081,31	$ 63.197.343,07
Orinal	629,24	$ 3.291.528,29
Lavamanos	3775,41	$ 19.749.169,71
Lavaplatos	629,24	$ 3.291.528,29
Total	17115,19	$ 89.529.569,35

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 193, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para Colegios para el paquete voluntario 2 se encuentra en la Figura 185. La Figura 186 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

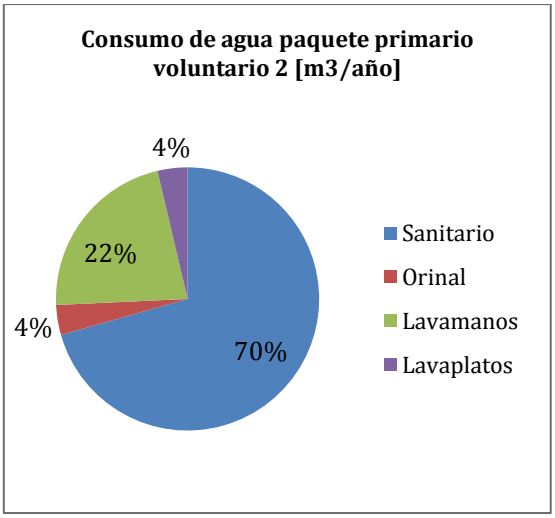


Figura 185 Torta de consumo de agua voluntario 2 colegios

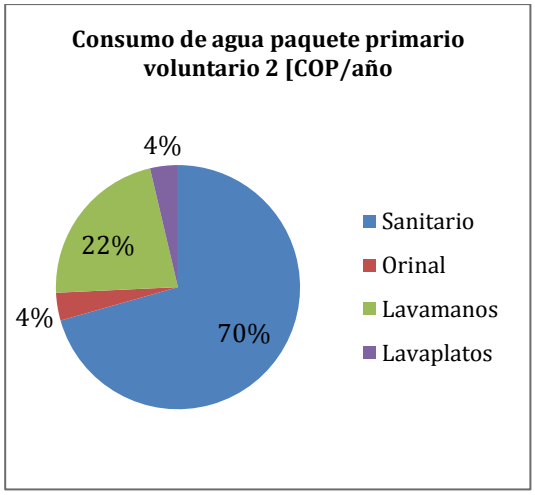


Figura 186 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 colegios

5.8.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para colegios

La Tabla 194 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua de los paquetes voluntarios con respecto a la línea base ajustada para colegios, además de los porcentajes de inversión objetivo y real, así como el periodo de retorno.

Tabla 194 Porcentajes voluntarios de agua recomendados para colegios

	Paq. Voluntario 1				Paq. Voluntario 2			
	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	14%	0.5	0.33	0.4	23%	1	0.59	0.6
Agua	40 %				48%			

Para el caso del paquete voluntario 1, las medidas energéticas propuestas estuvieron encaminadas hacia la mejora en el consumo de la iluminación, así como la mejora en el consumo de ventilación los cuales son los dos sistemas que tienen mayor oportunidad de ahorro según la distribución de consumos para la tipología (57% para iluminación y 11% para ventilación) y a partir de las cuales se obtiene el ahorro total de 14%. En cuanto al ahorro en agua, en el paquete primario voluntario 1 propuesto se tienen lavamanos y lavaplatos con consumos mucho menores que en la línea base ajustada, lo cual genera la diferencia en el consumo total de agua del 39.3%. El aumento del consumo frente a la línea base para el sanitario se compensa con la gran reducción en consumo de equipos de flujo, al pasar de un lavamanos de 8.3 lpm en la línea base ajustada a 2 lpm en el paquete obligatorio y de un lavaplatos de 8.3 lpm a 2 lpm.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 1 está enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 194.

Al comparar los resultados de consumo energético del paquete voluntario 1 y voluntario 2 de colegios, se observa una disminución en el consumo de iluminación y carga de equipos lo cual hace que el ahorro aumente de 14% a 23%. En cuanto al ahorro de agua, con la disminución de consumos en orinales, lavamanos y lavaplatos con respecto a la línea base ajustada, se alcanza un ahorro de 48%.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 2 esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 194.

5.9. Porcentaje Voluntario de Ahorro para Hospitales

5.9.1. Paquetes de simulación energética voluntarios hospitales

Paquete primario voluntario 1

La Tabla 195 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 1 de hospitales. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la

medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 195 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 1 propuesto para hospitales

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	8 W/m2
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.l
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1, ventilación natural para zonas de servicio y oficinas. Incluir sensores de CO2.
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	Sistemas centrales
Economizadores de aire	Economizadores	100 % aire exterior
Eficiencia en Calentadores a gas	Calentadores a gas	ASHRAE 90.1 2016
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2016, equipos eficientes para zonas criticas
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	30% ventana 70% muro
Control de ocupación para iluminación en espacios interiores	Sensores de ocupación	Si, en zonas de servicio
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario privado ahorrador	Sanitario	5,2 lpd
Sanitario público ahorrador	Sanitario	4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	1,9 lpd
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI

El paquete voluntario 1 de medidas de eficiencia está compuesto por dos tipos de medidas, por una parte todas las medidas del paquete obligatorio, y por otra parte aquellas que esten dentro de la restricción de inversión la cual para el caso de pquete voluntario 1 en la tipología hospital es de 1% sobre el costo directo de construcción. Para el caso particular de hospitales, para el paquete voluntario 1 no es posible incluir medidas adicionales a las ya incluidas dentro del paquete obligatorio pues la restricción económica no lo permite.

Paquete primario voluntario 2

La Tabla 196 muestra el listado de medidas de eficiencia seleccionadas como propuesta para generar el ahorro voluntario 2 de hospitales. Esta tabla contiene inicialmente el nombre de la medida, luego una columna con el ítem especifico en estudio de la medida y finalmente con el parámetro propuesto el cual será utilizado en la modelación energética.

Tabla 196 Conjunto de medidas de eficiencia de paquete primario voluntario 2 propuesto para hospitales

Medida	Ítem	Parámetro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	8 w/m2
LED para exteriores	Luminarias tipo LED	1,7 W/m2
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	si
Control de iluminacion por incidencia de luz natural	Sensores de luz día	si
Control de ocupación para iluminación en espacios interiores	Sensores de ocupación	Si, en zonas de servicio
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	ASHRAE 62.1 2016, ventilacion natural en zonas de servicio
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	Sistemas Centrales
Economizadores de aire	Economizadores	100 % aire exterior
Eficiencia en Calentadores a gas	Calentadores a gas	ASHRAE 90,1 2016
VSD Bombas	Variadores de velocidad	si
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	si
COP	Equipos de aire acondicionado	ASHRAE 90,1 2016, equipos eficientes para zonas criticas
Relación Ventana Pared	Diseño arquitectónico	30% ventana 70% muro
Ducha ahorradora	Ducha	6 lpm a 60 PSI
Sanitario privado ahorrador	Sanitario	5,2 lpd
Sanitario público ahorrador	Sanitario	4,8 lpd
Orinal ahorrador	Orinal	0,5 lpd

Medida	Ítem	Parámetro
Grifería de lavaplatos ahorradora	Lavaplatos	6 lpm a 60 PSI
Lavamanos privado ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI
Lavamanos público ahorrador	Lavamanos	2 lpm a 60 PSI
Recolección de aguas lluvias y reutilización	Planta tratamiento aguas lluvias	Recolección y reuso de aguas lluvias provenientes del 50% de la cubierta en descarga de sanitarios y orinales.

El paquete voluntario de medidas de eficiencia mostrado en la Tabla 196 esta compuesto por dos tipos de medidas: a) todas las medidas obligatorias incluidas en el paquete primario voluntario 1 las cuales fueron descritas y justificadas anteriormente b) aquellas que se incluyen debido a su impacto positivo en el desempeño energético. Estos dos tipos de medidas están además enmarcadas dentro de la restricción de inversión para el paquete voluntario 2 la cual para el caso de hospitales es de 3% sobre el costo directo de construcción.

Las nuevas medidas que se incorporaron en este paquete son las siguientes:

- Control de luz día para espacios interiores, lo cual contribuye a disminuir os consumos en iluminación que corresponden al 39% del consumo total de energía.
- Variadores de velocidad para bombas, lo cuales contribuyen al ahorro en el sistema de HVAC el cual tiene un peso de 28% en el consumo de energía del edificio.
- Los aparatos de flujo en el paquete voluntario son los mismos que en el paquete obligatorio, excepto por el lavamanos en las habitaciones. Aunque en la Figura 115 (torta de consumos del paquete primario obligatorio) se observa que el consumo en sanitarios corresponde al 43%, disminuir los caudales de estos aparatos tendría consecuencias que afectarían la flexibilidad del constructor en cuanto a especificación.
- Orinal con consumos más bajos que los del paquete obligatorio
- Recolección de aguas lluvias en el 50% de la cubierta para su aprovechamiento en la descarga de sanitarios y orinales

5.9.2. Resultados modelación energética para cada paquete de simulación voluntario hospitales

Siguiendo la metodología del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero utilizando todos los parámetros del paquete primario voluntario 1 de hospitales mostrados en la Tabla 195se genera un modelo energético cuyos resultados se presentan en la Tabla 197.

Tabla 197 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 1 hospitales

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energía voluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	25,22	226194,7	226219,92	$ 37.548.076
Enfriamiento	182139,75	0	182139,75	$ 79.919.280
Iluminación	785862,12	0	785862,12	$ 344.820.581
Equipos Internos	839318,01	0	839318,01	$ 368.275.956
Ventiladores	245532,04	0	245532,04	$ 107.734.549
Bombas	9001,74	0	9001,74	$ 3.949.783
Agua caliente	0	103685,15	103685,15	$ 17.206.551
Total	2061878,88	329879,85	2391758,73	$ 959.454.776

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 197, se genera una torta de consumos y de costos, en las cuales se puede observar cómo se distribuyen dichos consumos y costos de energía a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos del paquete primario voluntario 1 propuesto para hospitales se presentan en la Figura 187 y Figura 188 respectivamente.

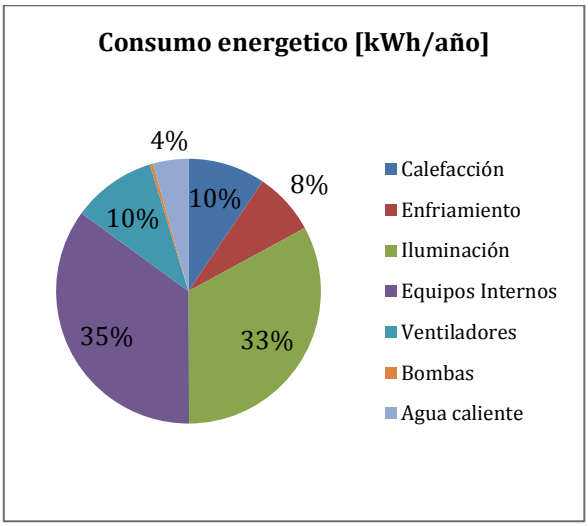


Figura 187 Torta de consumo de energía paquete voluntario 1 propuesto hospitales

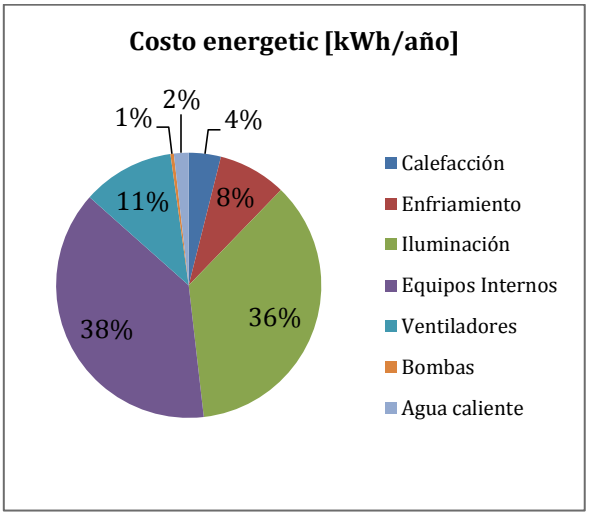


Figura 188 Torta de costos de energía paquete voluntario 1 propuesto hospitales

En la Tabla 198 se muestran los resultados obtenidos a partir de la modelación energética para la tipología hospitales utilizando la geometría de los paquetes primarios de la práctica tradicional y los parámetros del paquete voluntario 2 de dicha tipología.

Tabla 198 Resultados consumo de energía para paquete voluntario 2 hospitales

Subsistema	Electricidad [kWh/año]	Gas Natural [kWh/año]	Consumo energíaVoluntario [kWh/año]	Consumo [COP]
Calefacción	24,59	23197,6	23222,19	$ 3.860.431
Enfriamiento	156519,92	0	156519,92	$ 68.677.810
Iluminación	532814,41	0	532814,41	$ 233.788.307
Equipos Internos	839318,01	0	839318,01	$ 368.275.956
Ventiladores	212548,9	0	212548,9	$ 93.262.206
Bombas	8232,77	0	8232,77	$ 3.612.375
Agua caliente	0	103685,15	103685,15	$ 17.206.551
Total	1749458,6	126882,75	1876341,35	$ 788.683.637

Con base en los consumos presentados en la Tabla 198, se generan dos tortas en las cuales se puede observar como se distribuyen los consumos y los costos a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos y costos para hospitales del paquete voluntario 2 se muestran Figura 189 y en la Figura 190 respectivamente.

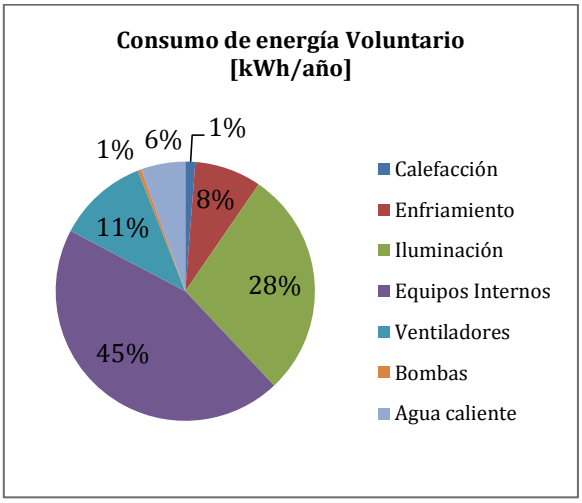


Figura 189 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 hospitales

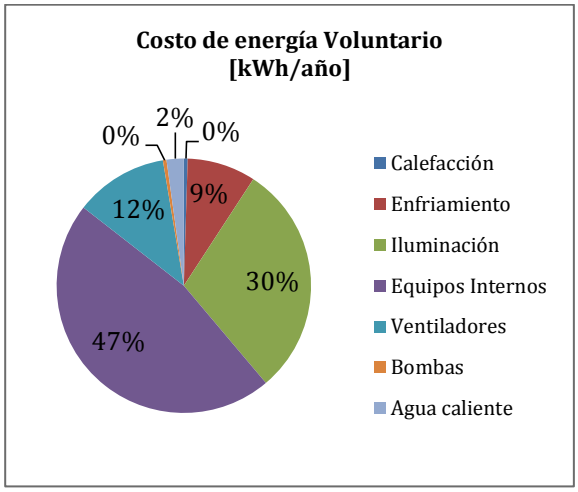


Figura 190 Torta de consumos energéticos paquete voluntario 2 hospitales

5.9.3. Resultados de cálculos de consumo de agua para cada paquete voluntario hospitales

En la Tabla 199 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología de hospitales, utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 1 propuesto.

Tabla 199 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 1 propuesto hospitales

Aparato sanitario	Consumo Paquete voluntario 1 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	4919,98	$ 25.736.392,68
Orinal	881,95	$ 4.613.493,44
Lavamanos	2296,74	$ 12.014.262,35
Ducha	2628,00	$ 13.747.068,00
Lavaplatos	780,84	$ 4.084.560,76
Total	11507,51	$ 60.195.777,23

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 199, se genera una torta de consumos, en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje durante un año de operación. La torta de consumos para hospitales para el paquete voluntario 1 propuesto se encuentra en la.Figura 191 La Figura 192muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

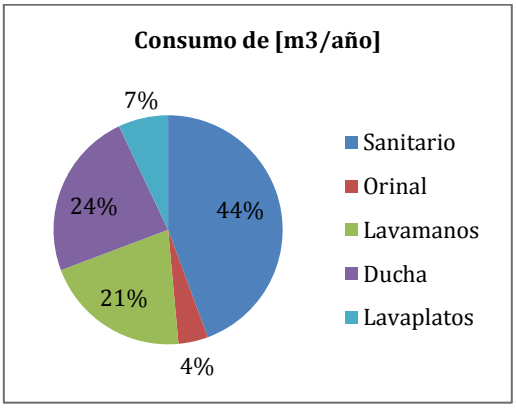


Figura 191 Torta de consumo de agua paquete voluntario 1 propuesto hospitales

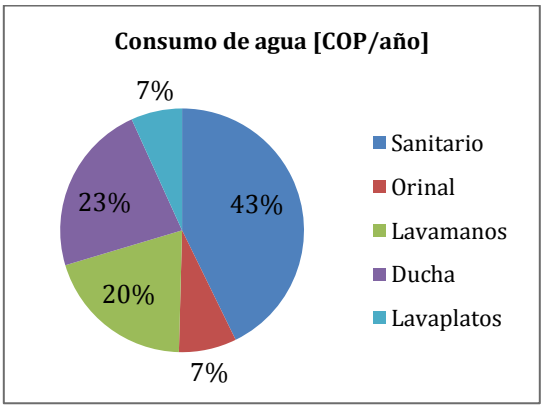


Figura 192 Torta de costo de consumo de agua paquete voluntario 1propuesto hospitales

En la Tabla 200 se muestran los resultados de los cálculos de agua para la tipología Hospitales utilizando los caudales de los aparatos sanitarios del paquete voluntario 2.

Tabla 200 Resultados cálculo consumo de agua para paquete voluntario 2 hospitales

Aparato sanitario	Consumo paquete voluntario 2 [m3/año]	Consumo [COP]
Sanitario	3917,36	$ 20.491.717,20
Orinal	184,80	$ 966.667,22
Lavamanos	1639,74	$ 8.577.495,35
Ducha	2628,00	$ 13.747.068,00
Lavaplatos	780,84	$ 4.084.560,76
Total	9150,74	$ 47.867.508,52

Tomando como base los consumos presentados en la Tabla 200, se genera una torta de consumos, con base en la cual se puede observar como se distribuyen a nivel de porcentaje

durante un año de operación. La torta de consumos para Hospitales para el paquete voluntario 2 se encuentra en la Figura 193. La Figura 194 muestra la distribución del costo de consumo de agua por aparato en esta tipología.

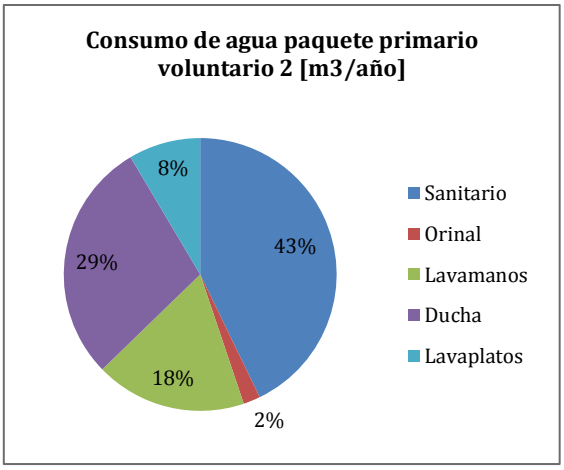


Figura 193 Torta de consumo de agua voluntario 2 hospitales

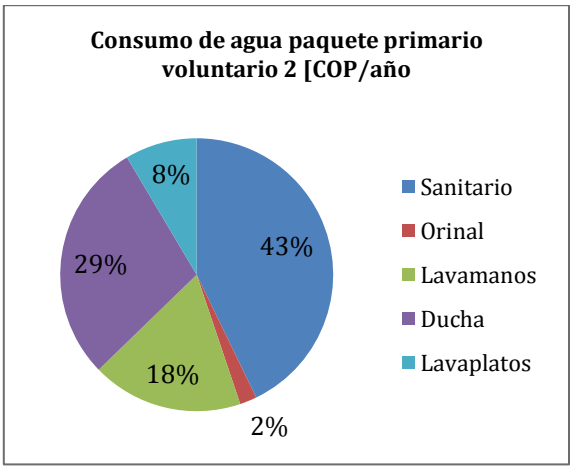


Figura 194 Torta de costo de consumo de agua voluntario 2 hospitales

5.9.4. Porcentajes voluntarios de agua y energía recomendados para hospitales

La Tabla 201 indica los porcentajes de ahorro de energía y agua de los paquetes voluntarios con respecto a la línea base ajustada para hospitales, además de los porcentajes de inversión objetivo y real, así como el periodo de retorno.

Tabla 201 Porcentajes voluntarios de agua y energia recomendados para hospitales

	Paq. Voluntario 1				Paq. Voluntario 2			
	Ahorro Paq Vol 1	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Paq Volunt 2	Objetivo de Inversión [%]*	Inversión [%]*	Periodo de Retorno [años]
Energía	21%	1	0.3	0.5	38%	3	0.67	0.7
Agua	35 %				49%			

En cuanto al paquete voluntario 1, se obtiene un ahorro con respecto al paquete tradicional y mayor al paquete obligatorio debido a la disminución de consumo energético en iluminación pues se incluyo una medida de control de iluminación lo cual genera ahorros en este sistema.

En cuanto al paquete voluntario 2, al comparar los resultados de consumo energético del paquete voluntario y voluntario 2 de hospitales, se observa una disminución en el consumo de iluminación y HVAC lo cual hace que el ahorro aumente de 21% a 38%. Los ahorros de agua obtenidos en el paquete voluntario 2 de esta tipología se deben a la especificación de un lavamanos para las habitaciones y un orinal con consumos más bajos que los del paquete obligatorio. Esta estrategia, junto a un sistema de recolección de aguas lluvias en el 50% de la cubierta para su aprovechamiento en la descarga de sanitarios y orinales, permiten alcanzar un ahorro de 49%.

Adicionalmente, el resultado de inversión del paquete voluntario 2 esta enmarcado en la restricción de inversión definida para la tipología en el presente estudio tal y como lo muestra la Tabla 201.

5.10. Conclusiones y Recomendaciones Paquete Primario Voluntario

Las principales conclusiones que se logran después de analizar los resultados logrados a partir de los diferentes paquetes de medidas voluntarias planteadas son:

- Teniendo en cuenta el tope estabecido por la Secretaría de Planeación Distrital para el paquete voluntario 1 se encuentra que para las tipologías estrato 3 y 4, hospitales, centros comerciales a nivel energético, y estrato 3 y 4, estrato 5 y 6, oficina, colegio y hospital a nivel de consumo de agua, los paquetes de medidas de ahorro no pueden incluir medidas adicionales a las ya definidas para el paquete obligatorio. Lo anterior indica que este tipo de edificaciones ya están realizando un esfeuerzo importante para

cumplir con los ahorros obligatorios, por lo tanto, se sugiere que el incentivo se de sin incluir medidas adicionales para este tipo de proyectos.

- Los constructores de vivienda VIP podrían lograr los ahorros voluntarios requeridos solamente entregando instaladas las duchas de la unidad residencial y que estas sean ahorradoras, ya que el consumo de agua caliente es el mayor consumo de energía y de agua para esta tipología.
- Por su parte los constructores de vivienda VIS podrían lograr los ahorros voluntarios si entregan la iluminación instalada y que esta sea tipo LED, al igual que las duchas ahorradoras.
- Es posible lograr aumentos en los porcentajes de ahorro de agua y energía, cuando se aumenta el porcentaje de inversión en costos directos del proyecto aceptables como se puede ver en el caso del paquete voluntario 2 para todas las tipologias. Estos ahorros pueden ser utilizados para desarrollar una serie de incentivos o beneficios para los proyectos que los logren. Los porcentajes de inversión adicional planteados pueden servir como insumo para lograr cuantificar como deberían ser dichos incentivos o beneficios para no afectar a los constructores y por el contrario premiar su liderazgo.
- Otra opción que se sugiere adicional o en vez de un programa de incentivos para cubrir esas inversiones adicionales que se deben hacer para lograr los mayores ahorros que sugieren los resultados de los paquetes voluntarios, es pensar en un programa de microcréditos negociados por el constructor, por medio de los cuales los mismos usuarios, quienes serán los directos beneficiados de los ahorros mayores, puedan invertir en las mejoras.
- En todos los casos se logró enmarcar las inversiones adicionales con respecto a los costos directos del paquete voluntario 1 y del paquete voluntario 2 dentro de las pactadas para este estudio, sin embargo, el paquete voluntario 3, que solo se presenta para VIP, VIS y estratos 3 y 4, que son las tipologías que evidenciaron mayores problemas de confort en el ejercicio de simulación de los paquetes primarios de las prácticas tradicionales, no se logró enmarcar dentro de dichas inversiones. Es importante resaltar que este tercer paquete involucraba solamente mejoras en el envolvente con miras a mejorar las condiciones de confort.
- Se lograron mejoras importantes en términos de confort cuando se compara el delta o diferencia de temperaturas operativas del paquete voluntario 2 con respecto al paquete voluntario 3 o de confort, logrando aumentar 2 grados centígrados para VIP, 1.8 grados centígrados para VIS y 1 grado centígrado para estratos 3 y 4. Por lo tanto es importante pensar en desarrollar una serie de incentivos que permitan mejorar las condiciones de envolvente de estas tipologías, teniendo en cuenta la importante repercusión que esta mejora en las condiciones de confort podría tener a nivel de bienestar y salud pública. Otra opción que puede entrar a estudiarse es la modificación de los topes máximos que existen para VIS y VIP, de forma que el constructor pueda absorber estas inversiones adicionales. El estudio térmico no hace parte del alcance de este proyecto, por lo tanto las diferencias en temperaturas son estimados tomados de la modelación energética y son solamente indicativas, por lo

que se recomienda hacer un estudio térmico y de condiciones de confort profundo de este tipo de viviendas, antes de tomar cualquier acción al respecto.

- Las diferencias de temperaturas operativas y de ahorro energético entre los paquetes voluntario 1 y 2 para VIS, VIP y estratos 3 y 4 son más notorias para la tipología VIP debido a las características de envolvente, ya que esta tipología tiene condiciones de envolvente con menos aislamiento.
- Al igual que los resultados de porcentaje obligatorio, estos resultados deben revisarse en un lapso de 5 años aproximadamente, con el fin de actualizarlos de acuerdo con los cambios que logre la industria y al impacto que tenga el protocolo de implementación propuesto.

6. Recomendaciones Técnicas Protocolo de Implementación de la Resolución 549 de 2015

6.1. Propuesta Introducción protocolo

La ciudad de Bogotá tiene un fuerte compromiso frente a la reducción de los consumos energéticos y de agua de las edificaciones de la ciudad, y por consiguiente con la reducción de consumo de recursos naturales y la generación de emisiones y de impactos asociados al sector de la construcción. Esto con miras a contribuir con los objetivos globales de cambio climático de una forma muy concreta. Cómo parte de este compromiso, el Programa BEA definió como meta principal formular un Protocolo de Implementación que busca en una primera instancia servir como mecanismo para demostrar el cumplimiento con la Resolución 549/15. Adicionalmente, el Protocolo de Implementación buscar ser una herramienta a la cadena de valor de la industria de la construcción para desarrollar proyectos que potencien sus ahorros energéticos y de consumo de agua sin generar impactos significativos en los costos directos de construcción.

El protocolo busca promover entre los proyectos el uso de herramientas de simulación y de cálculos de agua, que idealmente puedan ser usados como apoyo durante todo el proceso de diseño, para determinar las medidas de eficiencia de agua y energía que son más costo efectivas para el proyecto específico. Sin embargo, se incluye también un método prescriptivo que podrá ser utilizado por cualquier proyecto de las tipologías incluidas en este capítulo. Los proyectos que decidan usar el método prescriptivo pueden elegir implementar el protocolo por el método de prescriptivo tanto para ahorros de agua y energía, o solamente para ahorros de agua o de energía y usar el método de desempeño para calcular el otro ahorro.

Como parte de este protocolo se incluye una sección en el cual se hacen algunas recomendaciones para desarrollar proyectos innovadores y de alto desempeño; una sección con el paso a paso que deben seguir los proyectos de construcción para implementar este protocolo, esta sección se divide en dos opciones, una basada en el método de desempeño y otra en el método prescriptivo, de esta forma el proyecto deberá decidir cuál de las dos opciones es la más indicada para sus características específicas o si opta por demostrar los ahorros de agua o energía por una opción, y los otros por la otra opción; adicionalmente, se presenta un listado extenso de posibles medidas de efciencia que pueden ser estudiadas por los equipos de diseño de los proyectos; finalmente se incluyen como anexo los formatos que deberán ser diligenciados por el proyecto y por el verificador del cumplimiento para las dos opciones descritas anteriormente.

Se espera que, a través del uso masificado de este protocolo, se genere una transformación importante en la forma como se construyen las edificaciones en Bogotá, y se puedan lograr los compromisos que ha establecido la ciudad, así mismo que otras ciudades puedan tomarlo

como ejemplo para generar compromisos reales frente al cambio climático, contribuyendo a mejorar la sostenibilidad de todo el país.

6.2. Mejores prácticas para el desarrollo de proyectos innovadores y de alto desempeño

Varios estudios a nivel mundial han demostrado que, con el fin de potencializar la sostenibilidad de los proyectos, logrando resultados de alto desempeño, y sin generar impactos considerables a los presupuestos, lo que se debe hacer es buscar optimizar las sinergias que existen entre los diferentes sistemas que componen el proyecto. Es decir, tener una mirada sistémica, en donde se entiendan las relaciones que hay entre los sistemas y se busque potenciar estas relaciones. Para esto se han desarrollado los procesos integrativos o procesos integrados.

Un proceso integrativo o proceso integrado lo que busca es promover que los distintos diseñadores y tomadores de decisión entren al proyecto lo más temprano posible cuando sus conocimiento y experticia pueda tener la mayor influencia en la sostenibilidad del proyecto y los impactos en costos son los menores. De igual forma, se busca que la mayor parte de las decisiones sean tomadas en las primeras fases del proyecto apoyadas por diferentes herramientas de toma de decisión como son la modelación energética y los cálculos de consumo de agua.

Los procesos de modelación energética y los cálculos de consumo de agua buscan servir como herramientas para que los proyectos puedan evaluar los ahorros de un conjunto único de medidas de eficiencia que sea el que más se ajusta a las metas de sostenibilidad del proyecto. De igual forma sirven para evaluar diferentes opciones o alternativas para el proyecto. En este orden de ideas lo que se busca es que cada proyecto pueda generar su propia línea base, de acuerdo con sus condiciones propias de operación, y que pueda calcular los ahorros relativos a esta línea base.

6.3. Recomendaciones pasos para implementación del método prescriptivo

El método prescriptivo proporciona a los proyectos un conjunto de medidas de eficiencia de consumo de agua y/o de energía, las cuales han sido diseñadas para potencializar los ahorros. Se presenta un conjunto de medidas específicas para cada tipología, las cuales son las más adecuadas para esa tipología dada en general. Los proyectos elegibles para utilizar el método prescriptivo para el ahorro de agua y/o para el ahorro de energía, de acuerdo con lo determinado por la Secretaría Distrital de Planeación, son todos los proyectos comerciales, institucionales y de vivienda no VIP o VIS.

Es importante tener en cuenta que el proyecto puede optar por utilizar este método prescriptivo solo para cumplimiento con el ahorro de agua o para cumplimiento con el ahorro

de energía, o puede decidir usarlo para los dos. En caso de que solo lo use para uno de los dos ahorros, deberá utilizar el método de desempeño para demostrar el cumplimiento con el otro ahorro. Los proyectos de tipología VIS y VIP no están obligados a alcanzar un porcentaje determinado de ahorro de agua y energía, por lo que no se incluyen dentro del protocolo de implementación. Sin embargo, es muy importante describir el método de desempeño que los proyectos de estas tipologías pueden usar para determinar sus porcentajes de ahorro. Para esto, en el anexo técnico 6 se incluye el procedimiento de método de desempeño en vivienda VIP y VIS.

A continuación, se presentan los distintos conjuntos de medidas que constituyen el método prescriptivo para cada una de las tipologías y los parámetros requeridos en cada una de las medidas. Para los proyectos de uso mixto se recomienda utilizar para cada tipología dentro de la edificación las medidas que sean aplicables.

En las secciones 6.5 y 6.6 del protocolo se encuentra un listado extenso de medidas de eficiencia el cual puede ser consultado en caso de requerirse durante la implementación.

6.3.1. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Estratos 3 y 4

La Tabla 202 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro obligatorio para la vivienda estrato 3 y 4, estas medidas están tomadas del paquete obligatorio simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 202 Medidas requeridas método prescriptivo para vivienda estrato 3 y 4

Medida	Ítem	Requerimiento
Relación ventana-pared	Diseño arquitectónico	La relación ventana /muro no debe ser mayor a 40 % ventana, 60 % muro
LED para interiores	Luminarias tipo LED	Diseño de iluminación que demuestre una densidad de potencia de iluminación de máximo 4,2 W/m2. (calculado como la carga de iluminación de todo el apartamento por el área del apartamento). .
Controles de ocupación en corredores	Sensores de presencia o vacancia	Las zonas comunes interiores (corredores,) deben contar con sensores de ocupación para la iluminación.

Medida	Ítem	Requerimiento
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz natural	Las zonas comunes del edificio deben contar con controles de luz día para las zonas con acceso a luz natural.
Control horario para corredores y exteriores	Temporizadores o control por horario	La iluminación de corredores debe contar con horario de encendido y apagado automático.
Iluminación natural a través de fachadas o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Colectores solares para calentamiento de agua	Colector solar	Se deben instalar colectores solares para atender el 32 % de la demanda de agua caliente del edificio. Como alternativa a la implementación de esta medida se presenta el siguiente conjunto de medidas: • Sensores de ocupación para la iluminación en sótanos y • Caldera o calentadores a gas de por lo menos 80 % de eficiencia.
Ventilación natural	Diseño bioclimático	El diseño bioclimático debe cumplir con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.

La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.5. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento del Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Calculo que demuestre cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
- Planos de iluminación y control de iluminación.
- Fichas técnicas de luminarias.
- Cálculos de iluminación natural.
- Planos arquitectónicos.
- Diseño de sistema de agua caliente solar incluyendo especificaciones y fichas técnicas.
- Diseño de sistema de agua caliente incluyendo especificaciones y fichas técnicas

6.3.2. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Estratos 5 y 6

La Tabla 203 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro obligatorio para la vivienda estrato 5 y 6, estas medidas están tomadas del paquete obligatorio simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 203 Medidas requeridas método prescriptivo para vivienda estrato 5 y 6

Medida	Ítem	Requerimiento
Relación ventana-pared	Diseño arquitectónico	La relación ventana-muro no debe ser mayor a 40 % ventana 60 % muro.
LED para interiores	Luminarias tipo LED	Diseño de iluminación que demuestre una densidad de potencia de iluminación de máximo 5,3 W/m2.
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	Las zonas comunes deben contar con sensores de ocupación para la iluminación.
Iluminación natural a través de fachadas y/o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	El sistema de agua caliente debe ser central para el 100% de usos de agua caliente.
Ventilación Natural	Diseño bioclimático	El diseño bioclimático debe cumplir con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
Sensores CO en parqueaderos	Sensores de CO	El sistema de control para extracción de parqueadero debe usar sensores de CO.
Colectores solares para calentamiento de agua	Colector solar	Se deben instalar colectores solares para atender el 20% de la demanda de agua caliente del edificio. Como alternativa a la implementación de esta medida se presenta la siguiente

		opción: • Sensores de ocupación para la iluminación en sótanos
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	Los calentadores de gas deben tener una eficiencia de mínimo 75%.

La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.5. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Calculo o simulaciones que demuestren cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
- Planos de iluminación y control de iluminación, memorias de cálculo, fichas técnicas y especificaciones.
- Simulación o cálculos de iluminación natural.
- Planos arquitectónicos.
- Diseño de sistema de agua caliente solar incluyendo especificaciones, memorias de cálculo y fichas técnicas.
- Diseño de ventilación de sótanos.

El requerimiento de sensores de CO no aplica si el proyecto no tiene sótanos o si los sótanos son ventilados de forma natural en cuyo caso deberán entregarse cálculos o simulaciones del sistema bioclimático.

6.3.3. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Oficinas

La Tabla 204 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro obligatorio para oficinas, estas medidas están tomadas del paquete obligatorio simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 204 Medidas requeridas método prescriptivo para oficinas

Medida	Ítem	Requerimiento
LED para interiores	Luminarias tipo LED	Diseño de iluminación que demuestre una densidad de potencia de iluminación de máximo 10 W/m² para oficinas y 3,5 W/m² para parqueaderos en sótanos.
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	Las zonas comunes deben contar con sensores de ocupación para la iluminación.
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	Las oficinas deben contar con sensores de ocupación para la iluminación.

Medida	Ítem	Requerimiento
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	Las zonas comunes deben contar con sensores de luz día para la iluminación.
Iluminación natural a través de fachadas o cielos	Iluminancia	Se deben demostrar mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados con iluminación natural.
Ventilación natural	Diseño bioclimático	El diseño bioclimático debe cumplir con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente. Al menos el 30 % del área del edificio debe tener ventilación natural. Adicionalmente, las áreas con ventilación natural deben usar sensores de CO2.
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	El sistema de control para extracción de parqueadero debe usar sensores de CO.
Relación ventana-pared	Diseño arquitectónico	La relación ventana-muro debe ser de máximo a 50 % ventana, 50 % muro.

La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.5. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento del Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Calculo o simulaciones que demuestren cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
- Planos de iluminación y control de iluminación, fichas técnicas de luminarias.
- Simulación o cálculos de iluminación natural.
- Planos arquitectónicos.
- Diseño de ventilación de sótanos.

El requerimiento se de sensores de CO no aplica si el proyecto no tiene sótanos o si los sótanos son ventilados de forma natural en cuyo caso deberán entregarse cálculos o simulaciones del sistema bioclimático.

Estas medidas deben ser cumplidas por la totalidad del edificio. En el caso de los edificios que son desarrollados sólo en las zonas comunes por el constructor y se entregan para futura adecuación, se deben incluir estos requerimientos dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan dentro de sus espacios.

6.3.4. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Centros Comerciales

La Tabla 205 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro obligatorio para centros comerciales, estas medidas están tomadas del paquete obligatorio simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 205 Medidas requeridas método prescriptivo para centro comercial

Medida	Ítem	Requerimiento
LED para interiores	Luminarias tipo LED	Diseño de iluminación que demuestre una densidad de potencia de iluminación máximo de 16,52 W/m² para centro comercial 1,45 W/m² para parqueadero.
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	Los parqueaderos y las zonas de servicio deben contar con control de ocupación para la iluminación.
Control de iluminación por incidencia de luz natural	Sensores de luz día	Todos los espacios con acceso a luz natural deben contar con control de luz día.
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	Las zonas comunes deben contar con control de luz día para la iluminación.
Iluminación natural a través de fachadas o cielos	Iluminancia	Se deben demostrar mínimo 105 Lux en el 15 % de espacios regularmente ocupados con iluminación natural
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	El sistema de control para extracción de parqueadero debe usar sensores de CO.
Ventilación natural	Diseño bioclimático	El diseño bioclimático debe cumplir con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente. La ventilación natural debe ser al menos para zonas comunes. Adicionalmente las áreas con ventilación natural deben usar sensores de CO2.

La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.5. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento del Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Cálculo que demuestre cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
- Planos de iluminación y control de iluminación, fichas técnicas de luminarias,
- Cálculos de iluminación natural.
- Diseño de ventilación de sótanos.

El requerimiento de sensores de CO no aplica si el proyecto no tiene sótanos o si los sótanos son ventilados de forma natural en cuyo caso deberán entregarse cálculos o simulaciones del sistema bioclimático.

La totalidad del edificio debe cumplir estas medidas. Si se trata de los edificios que son desarrollados solo en las zonas comunes por el constructor y se entregan para futura

adecuación, se deben incluir estos requerimientos dentro del manual de vitrinismo, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan dentro de sus espacios.

6.3.5. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Hoteles

La Tabla 206 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro obligatorio para hoteles, estas medidas están tomadas del paquete obligatorio simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 206 Medidas requeridas método prescriptivo para hoteles

Medida	Ítem	Requerimiento
LED para interiores	Luminarias tipo LED	Diseño de iluminación que demuestre una densidad de potencia de iluminación de máximo 11 W/ m².
Control de iluminación por atenuación en parqueaderos de sótanos	Sistema de atenuación de iluminación	Toda la iluminación de sótanos debe contar con sistema de atenuación.
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	Los espacios interiores deben contar con controles de ocupación para la iluminación.
Iluminación natural a través de fachadas o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	Los calentadores a gas deben cumplir con las eficiencias de ASHRAE 90.1 2016 o una eficiencia mejor.
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	El agua caliente debe entregarse a través de sistemas centrales.
Economizadores de Aire	Economizadores	El sistema de aire acondicionado debe usar economizadores de aire.
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	El sistema de control para extracción de parqueadero debe usar sensores de CO.
Ventilación natural	Diseño bioclimático	El diseño bioclimático debe cumplir con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente. La ventilación natural debe ser al menos para zonas comunes. Adicionalmente las áreas con ventilación natural deben usar sensores de CO2.
COP	Equipos de aire acondicionado	Los equipos de aire acondicionado deben cumplir con las eficiencias de ASHRAE 90,1 2016 o una eficiencia mejor.
Valor SHGC del vidrio	Coeficiente de desempeño	El valor de SHGC del vidrio debe ser de máximo 0,4.

Medida	Ítem	Requerimiento
Valor U del vidrio	Coeficiente de desempeño	El valor U del vidrio debe ser de máximo 1,8 W/m² °C.

La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.5. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento del Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Cálculo que demuestre cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
- Planos de iluminación y control de iluminación, fichas técnicas de luminarias y especificaciones.
- Cálculos de iluminación natural.
- Diseño de ventilación de sótanos.
- Diseño de sistema de agua caliente incluyendo especificaciones, memorias de cálculo y fichas técnicas.
- Diseño de HVAC del proyecto incluyendo diagramas de control y fichas técnicas.
- Fichas técnicas de vidrios usados en el proyecto indicando coeficientes térmicos (al menos U y SHGC).

El requerimiento de sensores de CO no aplica si el proyecto no tiene sótanos o si los sótanos son ventilados de forma natural en cuyo caso deberán entregarse cálculos o simulaciones del sistema bioclimático.

6.3.6. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Colegios

La Tabla 207 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro obligatorio para colegios, estas medidas están tomadas del paquete obligatorio simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 207 Medidas requeridas método prescriptivo para colegios

Medida	Ítem	Requerimiento
LED para interiores	Luminarias tipo LED	Diseño de iluminación que demuestre una densidad de potencia de iluminación de máximo 11 W/ m².
Iluminación natural a través de fachadas o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.

Medida	Ítem	Requerimiento
Ventilación natural	Diseño bioclimático	El diseño bioclimático debe cumplir con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente. Al menos el 70 % del área del edificio debe tener ventilación natural. Adicionalmente las áreas con ventilación natural deben usar sensores de CO2.

La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.5. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento del Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Calculo o simulaciones que demuestren cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
- Planos de iluminación y control de iluminación, fichas técnicas de luminarias y especificaciones.
- Simulación o cálculos de iluminación natural.

Lo anterior aplica para edificios de atención de primera infancia, preescolar, educación básica primaria y educación básica secundaria.

6.3.7. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Hospitales

La Tabla 208 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro obligatorio para hospitales, estas medidas están tomadas del paquete obligatorio simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 208 Medidas requeridas método prescriptivo para hospital

Medida	Ítem	Requerimiento
LED para interiores	Luminarias tipo LED	Diseño de iluminación que demuestre una densidad de potencia de iluminación de máximo 8 W/m^2
Iluminación natural a través de fachadas o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.

Medida	Ítem	Requerimiento
Ventilación natural	Diseño bioclimático	El diseño bioclimático debe cumplir con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente. Se debe tener ventilación natural para al menos zonas de servicio y oficinas. Adicionalmente las áreas con ventilación natural deben usar sensores de CO2.
Sistemas de calentamiento de agua - centrales	Sistemas centrales	El agua caliente debe entregarse a través de sistemas centrales.
Economizadores de aire	Economizadores	El sistema de aire acondicionado debe usar economizadores de aire.
Eficiencia en calentadores a gas	Calentadores a gas	Los calentadores a gas deben cumplir con las eficiencias de ASHRAE 90.1 2016 o una eficiencia mejor.
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	El sistema de control para extracción de parqueadero debe usar sensores de CO.
COP	Equipos de aire acondicionado	Los equipos para zonas críticas deben cumplir con las eficiencias de ASHRAE 90,1 2016 o una eficiencia mejor.
Relación ventana pared	Diseño arquitectónico	La relación ventana /muro no debe ser mayor a 40 % ventana 60 % muro.

La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.5. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento del Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Calculo o simulaciones que demuestren cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
- Planos de iluminación, fichas técnicas de luminarias y especificaciones.
- Simulación o cálculos de iluminación natural.
- Diseño de ventilación de sótanos.
- Diseño de sistema de agua caliente incluyendo especificaciones, memorias de cálculo y fichas técnicas.

- Diseño de HVAC del proyecto incluyendo diagramas de control y fichas técnicas.
- Planos arquitectónicos.

El requerimiento se de sensores de CO no aplica si el proyecto no tiene sótanos o si los sótanos son ventilados de forma natural en cuyo caso deberán entregarse cálculos o simulaciones del sistema bioclimático.

Lo anterior aplica para edificios de servicios médicos u hospitalarios.

6.3.8. Método Prescriptivo Ahorro de Energía Educación Superior

La Tabla 209 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro obligatorio para educación superior.

Tabla 209 Medidas requeridas método prescriptivo para educación superior

Medida	Ítem	Requerimiento
LED para interiores	Luminarias tipo LED	Diseño de iluminación que demuestre una densidad de potencia de iluminación de máximo 10 W/m² para oficinas y 3,5 W/m² para parqueaderos en sótanos.
Controles de ocupación en corredores y exteriores	Sensores de presencia o vacancia	Las zonas comunes deben contar con sensores de ocupación para la iluminación.
Controles de ocupación en espacios interiores	Sensores de presencia o vacancia	Las oficinas deben contar con sensores de ocupación para la iluminación.
Control de iluminación por luz día en corredores y exteriores	Sensores de luz día	Las zonas comunes deben contar con sensores de luz día para la iluminación.
Iluminación natural a través de fachadas o cielos	Iluminancia	Mínimo 105 Lux en el 75 % de espacios regularmente ocupados, entendidos como espacios donde hay permanencia de personas desarrollando alguna actividad por más de 1 hora al día.
Ventilación natural	Diseño bioclimático	El diseño bioclimático debe cumplir con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente. Al menos el 50 % del área del edificio debe tener ventilación natural. Adicionalmente las áreas con ventilación natural deben usar sensores de CO2.
Sensores de CO en parqueaderos	Sensores de CO	El sistema de control para extracción de parqueadero debe usar sensores de CO.
Relación ventana pared	Diseño arquitectónico	La relación ventana /muro no debe ser de máximo a 50 % ventana, 50 % muro.

La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.5. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento del Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Calculo o simulaciones que demuestren cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
- Planos de iluminación y control de iluminación, fichas técnicas de luminarias,
- Simulación o cálculos de iluminación natural.
- Planos arquitectónicos.
- Diseño de ventilación de sótanos.

El requerimiento se de sensores de CO no aplica si el proyecto no tiene sótanos o si los sótanos son ventilados de forma natural en cuyo caso deberán entregarse cálculos o simulaciones del sistema bioclimático.

6.3.9. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Estratos 3 y 4

La Tabla 210 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología vivienda Estrato3-4. Estas medidas están tomadas del paquete obligatorio calculado en este estudio, a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 210 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de vivienda estrato 3-4

Medida	Ítem	Requerimiento
Accesorios eficientes: ducha	Ducha	Instalar duchas con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios eficientes: sanitario privado ahorrador	Sanitario	Instalar sanitarios de uso privado de tanque con un caudal máximo de 3,8 lpd.
Accesorios eficientes: grifo lavaplatos	Lavaplatos	Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.
Accesorios eficientes: grifo lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.6. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que

se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo, que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto donde se indique el consumo.

6.3.10. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Estratos 5 y 6

La Tabla 211 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología vivienda Estrato 5-6. Estas medidas están tomadas del paquete obligatorio calculado en este estudio, a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 211 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de vivienda estrato 5-6

Medida	Ítem	Requerimiento
Accesorios eficientes: ducha	Ducha	Instalar duchas con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios eficientes: sanitario privado ahorrador	Sanitario	Instalar sanitarios de uso privado de tanque con un caudal máximo de 3,8 lpd.
Accesorios eficientes: grifo lavaplatos	Lavaplatos	Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.
Accesorios eficientes: grifo lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.6. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo, que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto donde se indique el consumo.

6.3.11. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Oficinas

La Tabla 212 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Oficinas. Estas medidas están tomadas del paquete

obligatorio calculado en este estudio, a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 212 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de oficinas

Medida	Ítem	Requerimiento
Accesorios eficientes: sanitario doble descarga	Sanitario	Instalar sanitario de doble descarga (máximo de 6/4,8 lpd), ya sea de tanque o de fluxómetro. A efectos de los cálculos se usa el caudal ponderado del sanitario (para 6/4,8 lpd es 5,2 lpd estableciendo un total de 3 usos con 2 líquidos y 1 sólido).
Orinal convencional	Orinal	Instalar orinal con un consumo máximo de 1,9 lpd.
Accesorios ultraeficientes: grifo lavaplatos	Lavaplatos	Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios ultraeficientes: grifo lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. Los proyectos con arrendatarios en los espacios de oficinas deberán incluir los requerimientos descritos por el protocolo dentro del reglamento de propiedad horizontal. La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.6. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo, que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto donde se indique el consumo.

6.3.12. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Centros Comerciales

La Tabla 213 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Centros Comerciales. Estas medidas están tomadas del

paquete obligatorio calculado en este estudio, a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 213 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de centros comerciales

Medida	Ítem	Requerimiento
Accesorios eficientes: sanitario doble descarga	Sanitario	Instalar sanitario de doble descarga (máximo de 6/4,8 lpd), ya sea de tanque o de fluxómetro. A efectos de los cálculos se usa el caudal ponderado del sanitario (para 6/4,8 lpd es 5,2 lpd calculando un total de 3 usos con 2 líquidos y 1 sólido).
Accesorios eficientes: orinal	Orinal	Instalar orinal con un consumo máximo de 1 lpd.
Lavaplatos convencional	Lavaplatos	Instalar un lavaplatos con un consumo máximo de 8.3 lpm.
Accesorios ultraeficientes: Grifo lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. Los proyectos con arrendatarios en los espacios de oficinas deberán incluir los requerimientos descritos por el protocolo dentro del manual de vitrinismo. La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.6. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo, que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto donde se indique el consumo.

6.3.13. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Hoteles

La Tabla 214 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Hoteles. Estas medidas están tomadas del paquete obligatorio calculado en este estudio, a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 214 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de hoteles

Medida	Ítem	Requerimiento

Medida	Ítem	Requerimiento
Accesorios eficientes: ducha	Ducha	Instalar duchas con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios eficientes: sanitario doble descarga	Sanitario	Instalar sanitario de doble descarga (máximo de 6/4,8 lpd), ya sea de tanque o de fluxómetro. A efectos de los cálculos se usa el caudal ponderado del sanitario (para 6/4,8 lpd es 5,2 lpd calculando un total de 3 usos con 2 líquidos y 1 sólido).
Orinal convencional	Orinal	Instalar orinal con un consumo máximo de 1,9 lpd.
Lavaplatos convencional	Lavaplatos	Instalar un lavaplatos con un consumo máximo de 8.3 lpm.
Accesorios eficientes: grifo privado lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.
Accesorios ultraeficientes: grifo público lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.6. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo, que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto donde se indique el consumo.

6.3.14. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Colegios

La Tabla 215 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Colegios. Estas medidas están tomadas del paquete obligatorio calculado en este estudio, a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 215 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de colegios

Medida	Ítem	Requerimiento
Accesorios eficientes: sanitario doble descarga	Sanitario	Instalar sanitario de doble descarga (máximo de 6/4,8 lpd), ya sea de tanque o de fluxómetro. A efectos de los cálculos se usa el caudal ponderado del sanitario (para 6/4,8 lpd es 5,2 lpd calculando un total de 3 usos con 2 líquidos y 1 sólido).
Orinal convencional	Orinal	Instalar orinal con un consumo máximo de 1,9 lpd.
Accesorios ultraeficientes: grifo lavaplatos	Lavaplatos	Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios ultraeficientes: grifo público lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.6. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo, que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto donde se indique el consumo.

Lo anterior aplica para edificios de atención de primera infancia, preescolar, educación básica primaria y educación básica secundaria.

6.3.15. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Hospitales

La Tabla 216 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Hospitales. Estas medidas están tomadas del paquete obligatorio calculado en este estudio, a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 216 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de hospitales

Medida	Ítem	Requerimiento
Accesorios eficientes: ducha	Ducha	Instalar duchas con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios eficientes: sanitario privado doble descarga	Sanitario	Instalar sanitario de doble descarga (máximo de 6/4,8 lpd), ya sea de tanque o de fluxómetro. A efectos de los cálculos se usa el caudal ponderado del sanitario (para 6/4,8 lpd es 5,2 lpd calculando un total de 3 usos con 2 líquidos y 1 sólido).
Accesorios eficientes: sanitario público fluxómetro ahorrador	Sanitario	Instalar sanitarios de uso público con fluxómetro con un caudal máximo de 4,8 lpd..
Orinal convencional	Orinal	Instalar orinal con un consumo máximo de 1,9 lpd.
Accesorios eficientes: grifo lavaplatos	Lavaplatos	Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.
Accesorios eficientes: grifo privado lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.
Accesorios ultraeficientes: grifo público lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.6. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo, que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto donde se indique el consumo.

Lo anterior aplica para edificios de servicios médicos u hospitalarios.

6.3.16. Método Prescriptivo Ahorro de Agua Educación Superior

La Tabla 217 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Educación Superior. Estas medidas están tomadas del paquete obligatorio calculado en este estudio, a través del cual se determinó el ahorro obligatorio para la tipología.

Tabla 217 Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de educación superior

Medida	Ítem	Requerimiento
Accesorios eficientes: sanitario doble descarga	Sanitario	Instalar sanitario de doble descarga (máximo de 6/4,8 lpd), ya sea de tanque o de fluxómetro. A efectos de los cálculos se usa el caudal ponderado del sanitario (para 6/4,8 lpd es 5,2 lpd calculando un total de 3 usos con 2 líquidos y 1 sólido).
Orinal convencional	Orinal	Instalar orinal con un consumo máximo de 1,9 lpd.
Accesorios ultraeficientes: grifo lavaplatos	Lavaplatos	Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios ultraeficientes: grifo lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción detallada de cada medida se encuentra en la sección 6.6. Estas medidas deberán documentarse a través del formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo, que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto donde se indique el consumo.

6.4. Recomendaciones pasos para implementación del método de desempeño

Este protocolo promueve el uso de un método de desempeño por medio del cual cada proyecto pueda seleccionar las medidas de eficiencia y conceptos de diseño que más se

adecúen a la realidad misma del proyecto y sugiere el uso del Apéndice G del ASHARE 90.1 2016 para desarrollar una modelación energética de una línea base estable específica para el proyecto y del caso específico de diseño del proyecto dado para el caso de energía, y de una metodología propuesta y los parámetros de consumo de la NTC 1500 (tercera actualización) para generar una línea base del proyecto a nivel de consumo de agua y poder generar unos cálculos de consumo de agua para dicho proyecto específico. En los dos casos línea base debe ser ajustada a las condiciones locales antes de calcular los ahorros del proyecto. Los proyectos que deseen utilizar una metodología diferente a la sugerida pueden hacerlo, demostrando siempre la equivalencia de los ahorros obtenidos con el método propuesto. Aunque el protocolo solo exige la presentación de los resultados finales de simulación y cálculos de agua una vez el el proceso de diseño esté finalizado, se recomienda usar esta metodología como herramienta de diseño desde las primeras fases del mismo.

En las secciones 6.5 y 6.6 de este protocolo se encuentra un listado extenso de medidas de eficiencia las cuales pueden ser consultadas o evaluadas por el equipo del proyecto. En todos los casos se espera que se seleccionen las medidas de eficiencia y estrategias que mejor se adapten a los requerimientos de operación de la edificación.

A continuación, se presentan los pasos sugeridos para implementar el método de desempeño tanto para los ahorros de agua, como los de energía para cada una de las tipologías. Para proyectos de uso mixto, se sugiere seguir la metodología de simulación y cálculo aplicable para cada tipología y hacer un cálculo ponderado de ahorro tomando como base la proporción de áreas, tanto para los ahorros de la línea base, como para los ahorros del caso de diseño.

6.4.1. Método de Desempeño Ahorro de Energía Estratos 3 y 4

En esta sección se describe la forma como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Vivienda de estratos 3 y 4 de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda de estratos 3 y 4

El consumo energético de la línea base debe ser ajustado usando un factor de ajuste a las condiciones locales específicas de la tipología Vivienda Estrato 3 y 4[1] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología Vivienda de estratos 3 y 4 corresponde a 1.005.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de con los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y así generar el caso de diseño. En la sección 6.5 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que pueden ser usadas por el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto. La Tabla 218 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 218 Resumen de metodología caso de diseño. Vivienda de estratos 3 y 4

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

[1] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 40. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 219.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 219 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente domestica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 219. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 219.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 218 se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación del proyecto debe referirse a la Tabla 219, la cual contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 219 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Vivienda de estratos 3 y 4

Ítem	**Parámetro**
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 07:00: 100 % Desde 08:00 hasta 16:00: 0 % Desde 17:00 hasta 24:00: 100 %
Densidad de ocupación	3,5 personas/Unidad residencial
Carga de tomas	2,69 W/m²
Rango de confort	18,5 °C - 25,5 °C
Carga de iluminación interior	5,04 W/m²

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

Así, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal y como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios.

Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro requerido obligatorio para la tipología Vivienda de estratos 3 y 4[2] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro requerido

Para el caso de vivienda de estratos 3 y 4 el ahorro requerido obligatorio es de 34 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 0.7352 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Una vez superado el desempeño objetivo se deben utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía que se encuentran en el Anexo 5.

[2] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

6.4.2. Método de Desempeño Ahorro de Energía Estratos 5 y 6

En esta sección se describe la forma como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Vivienda de estratos 5 y 6 de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar su desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según con los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda estrato 5 y 6

El consumo energético de la línea base debe ser ajustado usando un factor de ajuste a las condiciones locales específicas de la tipología Vivienda de estratos 5 y 6[3] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología Vivienda estratos 5 y 6 corresponde a 0.88.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de con los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y generar el caso de diseño. En la sección 6.5 se encuentra un listado de

[3] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

posibles medidas de eficiencia que pueden ser usadas por el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto. La Tabla 220 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 220 Resumen de metodología caso de diseño. Viviendas de estratos 5 y 6

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 221. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 221.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 221 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente domestica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 221. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
	221.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 220 se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la Tabla 221, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 221 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño viviendas de estratos 5 y 6

Ítem	Parámetro
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 07:00: 100 % Desde 08:00 hasta 16:00: 25 % Desde 17:00 hasta 24:00: 100 %
Densidad de ocupación	3 personas/Unidad residencial
Carga de tomas	2.69 W/m^2
Rango de confort	18.5 °C - 25.5 °C
Carga de Iluminación interior	4,68 W/m^2

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

Por tanto, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro requerido obligatorio para la tipología Vivienda de estratos 5 y 6 [4] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro requerido

Para el caso de vivienda estrato 5 y 6 el ahorro requerido obligatorio es de 31%.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos

[4] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

y selecciones las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 0.806 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Una vez superado el desempeño objetivo se deben utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía que se encuentran en el Anexo 5.

6.4.3. Método de Desempeño Ahorro de Energía Oficinas

En esta sección se describe la forma como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Oficinas según el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar la línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Oficinas

El consumo energético de la línea base debe adecuarse mediante el empleo de un factor de ajuste a las condiciones locales específicas de la tipología Oficinas[5] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

[5] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHARE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología oficinas corresponde a 1.037.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante, empleando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y generar el caso de diseño. En la sección 6.5 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que se pueden emplear con arreglo a las prioridades del proyecto. La Tabla 222 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 222 Resumen de metodología caso de diseño oficinas

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la **¡Error! o se encuentra el origen de la referencia.**223. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**223.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la **¡Error! No se encuentra el origen de la eferencia.**223 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente doméstica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**223. La cupación debe ser la que tendrá el proyecto o en su defecto la referenciada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la eferencia.**223.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 222 se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.**223 que contiene un listado de medidas sugeridas.

Tabla 223. Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Oficinas

Ítem	Parámetro
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 07:00: 0 % Desde 08:00 hasta 19:00: 100 % Desde 20:00 hasta 24:00: 0 %
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Carga de tomas	8.07 W/m^2
Rango de confort	18.5 °C-24 °C

Ítem	Parámetro
Carga de iluminación interior	12 W/m^2

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales del caso de diseño:

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

Por tanto, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá

multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que solo son desarrollados en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de modo que los arrendatarios o propietarios también los cumplan dentro de sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se debe usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$\boldsymbol{A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA}} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro requerido obligatorio para la tipología Oficinas[6] con base en la ecuación 5:

$$\boldsymbol{A_p \geq A_r} \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

[6] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro requerido

Para el caso de Oficinas el ahorro requerido obligatorio es de 20 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, insistir con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

Si el proyecto no logra alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Cuando se advierta que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 1.5 para obtener el ahorro ajustado, comparable con el requerido por la Resolución 549 de 2015.

Si se supera el desempeño objetivo se deben emplear los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía que se encuentran en el Anexo 5.

6.4.4. Método de Desempeño Ahorro de Energía Centros Comerciales

En esta sección se describe la forma como debe determinarse el ahorro de energía para la tipología Centros comerciales de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base según el parámetro de ajuste de la tipología Centros comerciales

El consumo energético de la línea base debe ser ajustado mediante un factor de ajuste según las condiciones locales específicas de la tipología Centros comerciales[7] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología Centros comerciales corresponde a 0.86.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante usando los parámetros de diseño definidos para el edificio, con lo cual se genera el caso de diseño. En la sección 6.5 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear acorde con las prioridades del proyecto. La Tabla 224 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 224 Resumen de metodología caso de diseño. Centros comerciales

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

[7] Factor de ajuste estimado en el Estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 225. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 225.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 225 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente domestica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 225. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la **¡Error! No se encuentra el rigen de la referencia.**225.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 224 se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la Tabla 225, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 225 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Centros comerciales

Ítem	Parámetro
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 08:00: 0 % Desde 09:00 hasta 12:00: 20 % Desde 13:00 hasta 20:00: 100 % Desde 20:00 hasta 24:00: 0 %
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Carga de tomas	2,69 W/m^2
Rango de confort	18,5° C-25,5 °C
Carga de iluminación interior	19,82 W/m^2; parqueaderos 1,74W/m^2

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales del caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

Por tanto, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal y como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario, se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño:

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que solo son desarrollados en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de modo que los arrendatarios o propietarios también los cumplan dentro de sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se debe usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro requerido obligatorio para la tipología Centros comerciales[8] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro requerido

Para el caso de Centros comerciales el ahorro requerido obligatorio es de 20 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la

[8] Ahorro obligatorio estimado en el *estudio de Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015.*

implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 1.25 para obtener el ahorro del proyecto comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015. Una vez superado el desempeño objetivo se deben utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía que se encuentran en el Anexo 5.

6.4.5. Método de Desempeño Ahorro de Energía Hoteles

En esta sección se describe la forma de establecer el ahorro de energía para la tipología Hoteles según el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño energético del mismo.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en dicho estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Hoteles

El consumo energético de la línea base debe ser ajustado usando un factor de ajuste a las condiciones locales específicas de la tipología Hoteles[9] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

[9] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología Hoteles corresponde a 0.83.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y generar el caso de diseño. En la sección 6.5 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que pueden ser usadas por el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto.

La Tabla 226 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 226 Resumen de metodología caso de diseño. Hoteles

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1: Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2: Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3: Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 4: Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 227. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5: Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6: Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 227.
Sección 7: Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8: Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 9: Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10: Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 227 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11: Agua caliente domestica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12: Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 227. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 227.
Sección 13: Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14: Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15: Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16: Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17: Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 226 se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la Tabla 227 que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 227 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Hoteles

Ítem	Parámetro
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 24:00 65 %
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Carga de tomas	2,69 W/m^2
Rango de confort	18,5 °C-24 °C

Carga de iluminación interior	13,2 W/m^2

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales del caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

En consecuencia, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal y como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá

multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro requerido obligatorio para la tipología Hoteles[10] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro requerido

Para el caso de hoteles el ahorro requerido obligatorio es de 19 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

[10] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 1.0526 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Una vez superado el desempeño objetivo se debe utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía que se encuentran en el Anexo 5.

6.4.6. Método de Desempeño Ahorro de Energía Colegios

En esta sección se describe la forma en como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Colegios según con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño energético del mismo.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Colegios

El consumo energético de la línea base debe ser ajustado usando un factor de ajuste a las condiciones locales específicas de la tipología Colegios[11] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

[11] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, Calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología Colegios corresponde a 0.89.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de con los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y generar el caso de diseño. En la sección 6.5 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que pueden ser usadas por el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto. La Tabla 228 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 228. Resumen de metodología caso de diseño. Colegios

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 229. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 229.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 229 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente domestica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 229. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 229.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 228 se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación del proyecto debe referirse a la Tabla 229, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 229 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño colegios

Ítem	Parámetro

Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 07:00 0 % Desde 08:00 hasta 17:00 95 % Desde 18:00 hasta 24:00 0 %
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Carga de tomas	5,38 W/m²
Rango de confort	18,5 °C - 25,5 °C
Carga de iluminación interior	13,2 W/m²

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

Por tanto, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal y como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede ser llevado hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la

ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro requerido obligatorio para la tipología Colegios[12] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

[12] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el Protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

A_r: Es el ahorro requerido

Para el caso de colegios el ahorro requerido obligatorio es de 8 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Todo lo anterior aplica para edificios de atención de primera infancia, preescolar, educación básica primaria y educación básica secundaria.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 5.625 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Una vez superado el desempeño objetivo se deben utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía del Anexo 5.

6.4.7. Método de Desempeño Ahorro de Energía Hospitales

En esta sección se describe la forma como debe determinarse el ahorro de energía para la tipología Hospitales según el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Hospitales

El consumo energético de la línea base debe ser ajustado usando un factor de ajuste a las condiciones locales específicas de la tipología Hospitales[13] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología Hospitales corresponde a 1.11.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y generar el caso de diseño. En la sección 6.5 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que pueden ser usadas por el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto.

La Tabla 230 resume la metodología a seguir por el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 230. Resumen de metodología caso de diseño. Hospitales

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

[13] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 231. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 231.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 231 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente doméstica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 231. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 231.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 230 se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la Tabla 231 que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 231 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño hospitales

Ítem	Parámetro
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 24:00 60 %
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Carga de tomas	10,76 W/m²
Rango de confort	18,5 °C - 24 °C
Carga de iluminación interior	14,82 W/m²

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

De esta forma, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal y como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro requerido obligatorio para la tipología Hospitales[14] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

[14] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro requerido

Para el caso de hospitales el ahorro requerido obligatorio es de 18 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y selecciones las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Todo lo anterior aplica para edificios de servicios médicos u hospitalarios.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 1.944 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Una vez superado el desempeño objetivo se deben utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía del Anexo 5.

6.4.8. Método de Desempeño Ahorro de Energía Educación Superior

En esta sección se describe la forma como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Educación superior de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño energético del mismo.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Educación superior

El consumo energético de la línea base debe ser ajustado usando un factor de ajuste a las condiciones locales específicas de la tipología Educación superior[15] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología Educación superior corresponde a 1.037.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y generar el caso de diseño. En la sección 6.5 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que pueden ser usadas por el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto. La Tabla 232 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 232. Resumen de metodología caso de diseño. Educación superior

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

[15] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 233. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 233.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 233 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente domestica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 233. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 233.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 232 se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación del proyecto debe referirse a la Tabla 233, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 233 Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Educación superior

Ítem	Parámetro
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 07:00: 0 % Desde 08:00 hasta 19:00: 100 % Desde 20:00 hasta 24:00: 0 %
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Carga de tomas	8,07 W/m^2
Rango de confort	18,5 °C - 24 °C
Carga de iluminación interior	12 W/m^2

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

Por tanto, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base, tal como se explicó anteriormente. Además, es

importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar la operación anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro requerido obligatorio para la tipología Educación superior[16] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro requerido

Para el caso de Educación superior el ahorro requerido obligatorio es de 20 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y selecciones las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 1.5 para obtener el ahorro ajustado, comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Una vez superado el desempeño objetivo se deben utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía que se encuentran en el Anexo 5.

[16] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

6.4.9. Método de Desempeño Ahorro de Agua Estratos 3 y 4

En esta sección se describirá la forma como se debe calcular el ahorro de agua para la tipología Vivienda de estratos 3 y 4, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que debe desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la cantidad de unidades residenciales y la densidad de ocupación en estas unidades para obtener la ocupación total de residentes. En caso de no poder obtener el valor de densidad de ocupación por favor referirse a la Tabla 234 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua. Para esta tipología solo es necesario calcular la ocupación residente del proyecto.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar en el proyecto. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, lavamanos, lavaplatos y duchas.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso, para asignarle a cada grupo sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene un sanitario de doble descarga y otro de descarga sencilla, se deben generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de aparato.

Duraciones y frecuencias de uso: si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 234 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 234 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas de estratos 3 y 4

Ítem	Parámetro
Densidad de ocupación	3,5 personas/Unidad residencial
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 1 min/uso Duchas 8 min/uso Lavaplatos 1 min/uso

Usos diarios por persona	Sanitarios 3 usos/día Lavamanos 3 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 3 usos/día

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC1500).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen\left(\frac{litros}{día}\right) \times No.\frac{días}{año}}}{\boldsymbol{1000\,\frac{litros}{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto\ \frac{m3}{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \text{ [Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen} \left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.} \frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000} \ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto} \ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \text{ [Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y por lo tanto cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda estrato 3 y 4

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología Vivienda de estratos 3 y 4[17] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología Vivienda de estratos 3 y 4 es de 0.99.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la sección 6.6 se encuentra un

[17] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*. Calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que reutilicen el agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que se desarrollan solamente en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se deben usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

A_a: Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, que es de 33 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas para el proyecto deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 33 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 0.7575 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

6.4.10. Método de Desempeño Ahorro de Agua Estratos 5 y 6

En esta sección se describirá la forma como se debe calcular el ahorro de agua para la tipología Vivienda de estratos 5 y 6, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que debe desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua del mismo.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la cantidad de unidades residenciales y la densidad de ocupación en estas unidades residenciales para obtener la ocupación total de residentes. En caso de no poder obtener el valor de densidad de ocupación por favor referirse a la Tabla 235 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua. Para esta tipología solo es necesario calcular la ocupación residente del proyecto.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar en el proyecto. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, lavamanos, lavaplatos y duchas.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene un sanitario de doble descarga y otro de descarga sencilla, se deben generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de aparato.

Duraciones y frecuencias de uso: si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 235 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 235 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas de estratos 5 y 6

Ítem	**Parámetro**
Densidad de ocupación	3 personas/Unidad residencial.
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 1 min/uso Duchas 8 min/uso Lavaplatos 1 min/uso.
Usos diarios por persona	Sanitarios 3 usos/día Lavamanos 3 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 3 usos/día.

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base, deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC1500).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): Para calcular los consumos se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia

de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen\left(\frac{litros}{día}\right) \times No.\frac{días}{año}}}{\boldsymbol{1000\ \frac{litros}{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto\ \frac{m3}{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): Para calcular los consumos se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \text{ [Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y por lo tanto cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda de estratos 5 y 6

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología Vivienda de estratos 5 y 6[18] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología Vivienda de estratos 5 y 6 es de 0.99.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la sección 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que reutilicen el agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con

[18] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que solo son desarrollados en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se deben usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

A_a: Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, que es de 33 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la

implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas para el proyecto deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 33 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 0.7575 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

6.4.11. Método de Desempeño Ahorro de Agua Oficinas

En esta sección se describirá la forma de determinar el ahorro de agua para la tipología Oficinas, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se describirán siete pasos que debe desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la ocupación del proyecto, si se conoce. De lo contrario, se debe usar la densidad de ocupación según la NSR10 y el área del edificio (sin parqueaderos) para obtener la ocupación total de empleados. Esta ocupación debe asignar población femenina y masculina, si el proyecto cuenta con orinales.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En este último caso se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Es necesario incluir sanitarios, orinales, lavamanos y lavaplatos.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso, para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene sanitario y orinal y otro solo el sanitario, se deben generar

dos grupos de uso, uno por cada tipo de baño, dado que la población de hombres que use el segundo baño tendrá que usar el sanitario todas las veces que requiera ya que no hay orinal.

Duraciones y frecuencias de uso: si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 236 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 236 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua Oficinas

Ítem	**Parámetro**
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Distribución de géneros	Hombres 50 %, mujeres 50 %
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Lavaplatos 0,25 min/uso
Usos diarios por persona*	Sanitarios mujeres 3 usos/día Sanitarios hombres 1 usos/día Orinal hombres 2 usos/día Lavamanos 3 usos/día Lavaplatos 1 uso/día

Fuente: elaboración propia

*Los usos están calculados para una permanencia de 8 horas. Si la dedicación de la ocupación es diferente estos se deben ajustar.

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC 1500).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Para establecer el consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen\ \left(\frac{litros}{día}\right) \times No.\frac{días}{año}}}{\boldsymbol{1000\ \frac{litros}{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto\ \frac{m3}{año}} \quad \text{[Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \quad \text{[Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\boldsymbol{\sum Volumen\ \left(\frac{litros}{día}\right) \times No.\frac{días}{año}}}{\boldsymbol{1000\ \frac{litros}{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto\ \frac{m3}{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al establecer los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y por lo tanto cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Oficinas

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología de Oficinas[19] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología de Oficinas es de 0.92.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la sección 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en caso de diseño

- Proyectos que reutilizan el agua tratada como estrategia de ahorro de agua: cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán en virtud de la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua: se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 - % de ahorro dado por el por el proveedor del variador de velocidad) para establecer el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que se desarrollan solamente en las zonas comunes y en los que las zonas privadas se entregan para futura adecuación: se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se deben aplicar –dentro de la modelación energética del caso de diseño– los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

---

[19] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015,* calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

Paso 5: Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

$A_{a:}$ Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, que es de 44 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo tendrá que buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 44 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 0.6818 para obtener el ahorro del proyecto ajustado que sea comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

6.4.12. Método de Desempeño Ahorro de Agua Centros Comerciales

En esta sección se describirá la forma como se debe establecer el ahorro de agua para la tipología Centros Comerciales, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que debe desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la ocupación del proyecto, si se conoce. De lo contrario, se debe usar la densidad de ocupación según la NSR10 y el área del edificio (sin parqueaderos) para obtener la ocupación total de empleados y clientes. Esta ocupación debe asignar población femenina y masculina si el proyecto cuenta con orinales. La cantidad de empleados versus clientes se puede obtener de acuerdo a la cantidad de locales o asignando una distribución estimada.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, orinales, lavamanos y lavaplatos.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso, para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene sanitario y orinal y otro baño tiene solo el sanitario, se deben generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de baño, dado que la población de hombres que use el segundo baño tendrá que usar el sanitario todas las veces que requiera ya que no hay orinal.

Duraciones y frecuencias de uso: si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 237 de Parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 237 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en Centros comerciales

Ítem	Parámetro
Densidad de ocupación	Consultar NSR10

Ítem	Parámetro
Distribución de géneros	Hombres 50 %, mujeres 50 %
Distribución de tipo de ocupantes	15:1 Clientes: Empleado
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Lavaplatos 0,25 min/uso
Usos diarios por empleados*	Sanitarios mujeres 3 usos/día Sanitarios hombres 1 usos/día Orinal hombres 2 usos/día Lavamanos 3 usos/día Lavaplatos 1 uso/día
Usos diarios por cliente	Sanitarios mujeres 0,2 usos/día Sanitarios hombres 0,1 usos/día Orinal hombres 0,1 usos/día Lavamanos 0,2 usos/día

Fuente: elaboración propia

*Los usos están calculados para una permanencia de 8 horas. Si la dedicación de la ocupación es diferente estos se deben ajustar.

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC1500).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 7]}$$

Determinar consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \quad \text{[Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y por lo tanto cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Centros comerciales

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología Centros comerciales[20] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología Centros comerciales es de 0.86.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la sección 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales del cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que usen reutilización de agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar., lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que se desarrollan solamente en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

[20] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en de sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se deben usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

A_a: Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, que es de 37 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas para el proyecto deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 37 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 0.6756 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

6.4.13. Método de Desempeño Ahorro de Agua Hoteles

En esta sección se describirá la forma como se debe calcular el ahorro de agua para la tipología Hoteles, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que debe desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua del mismo.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la cantidad y la densidad de ocupación de las habitaciones y la cantidad de empleados del proyecto. En caso de no poder obtener la distribución por favor referirse a la Tabla 238 de Parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua. Esta ocupación debe asignar población femenina y masculina si el proyecto cuenta con orinales.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar en el proyecto. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, orinales, duchas, lavamanos y lavaplatos.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso, para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene sanitario y orinal y otro baño tiene solo el sanitario, se deben generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de baño, dado que la población de hombres que use el segundo baño tendrá que usar el sanitario todas las veces que requiera ya que no hay orinal.

Duraciones y frecuencias de uso: si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y ducha) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 238 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 238 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua. Hotel

Ítem	Parámetro
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Distribución de géneros	Hombres 50 %, mujeres 50 %
Distribución de tipo de ocupantes	8:1 Huéspedes: empleado
Duración aparatos de flujo	Lavamanos huésped 1 min/uso Lavamanos público 0,5 min/uso Lavaplatos 1 min/uso Ducha 8 min/uso
Usos diarios por empleados*	Sanitarios mujeres 3 usos/día Sanitarios hombres 1 usos/día Orinal hombres 2 usos/día Lavamanos 3 usos/día Lavaplatos 1 uso/día
Usos diarios por huésped	Sanitarios 3 usos/día Ducha 1 uso/día Lavamanos 3 usos/día Lavaplatos 1 uso/día

Fuente: elaboración propia

*Los usos están calculados para una permanencia de 8 horas. Si la dedicación de la ocupación es diferente estos se deben ajustar.

Paso 2: Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 [ver página 94 de la NTC1500] (Icontec, 2017).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): Para calcular los consumos se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen\left(\frac{litros}{día}\right) \times No.\frac{días}{año}}}{\boldsymbol{1000\ \frac{litros}{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto\ \frac{m3}{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): Para calcular los consumos se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \text{ [Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al establecer los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y por lo tanto cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Hoteles

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología Hoteles[21] teniendo en cuenta a la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología Hoteles es de 0.91.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En l sección 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que reutilicen el agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

[21] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que se desarrollan solamente en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se deben usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

A_a: Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, que es de 22 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable

que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 22 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 1.1363 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

6.4.14. Método de Desempeño Ahorro de Agua Colegios

En esta sección se describirá la forma como se debe calcular el ahorro de agua para la tipología Colegios, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que debe desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua del mismo.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la ocupación del proyecto si se conoce. De lo contrario, se debe usar la densidad de ocupación según la NSR10 y el área del edificio (sin parqueaderos) para obtener la ocupación total. Esta ocupación se debe asignar población femenina y masculina si el proyecto cuenta con orinales.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, orinales, duchas, lavamanos y lavaplatos.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de

uso. Si por ejemplo un baño tiene sanitario y orinal y otro baño tiene solo el sanitario, se deben generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de baño, dado que la población de hombres que use el segundo baño tendrá que usar el sanitario todas las veces que requiera ya que no hay orinal.

Duraciones y frecuencias de uso: si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y ducha) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 239 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 239 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua. Colegios

Ítem	**Parámetro**
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Distribución de géneros (colegio mixto)	Hombres 50 %, mujeres 50 %
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Lavaplatos 0,25 min/uso
Usos diarios por persona*	Sanitarios mujeres 3 usos/día Sanitarios hombres 1 usos/día Orinal hombres 2 usos/día Lavamanos 3 usos/día Lavaplatos 1 uso/día

Fuente: elaboración propia

*Los usos están calculados para una permanencia de 8 horas. Si la dedicación de la ocupación es diferente estos se deben ajustar.

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base, deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC1500).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): Para calcular los consumos se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen\left(\frac{litros}{día}\right) \times No.\frac{días}{año}}}{\boldsymbol{1000\ \frac{litros}{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto\ \frac{m3}{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

Determinar consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \text{ [Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\mathbf{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al estimar los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y por lo tanto cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Colegios

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología Colegios[22] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología Colegios es de 0.86.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la sección 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que reutilicen el agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

[22] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

$A_{a:}$ Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, que es de 40 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 40 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 1.125 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

6.4.15. Método de Desempeño Ahorro de Agua Hospitales

En esta sección se describirá la forma como se debe calcular el ahorro de agua para la tipología Hospitales, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que debe llevar a cabo el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua del mismo.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la cantidad de habitaciones y su densidad de ocupación para establecer los pacientes internos, y adicionalmente se debe contar con la cantidad de empleados, pacientes externos y visitantes. De lo contrario, se debe usar la densidad de ocupación según la NSR10 y el área del edificio (sin parqueaderos) para obtener la ocupación total. Esta ocupación debe asignar población femenina y masculina si el proyecto cuenta con orinales.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, orinales, duchas, lavamanos y lavaplatos.

Grupos de uso: Según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso, para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene sanitario y orinal y otro baño tiene solo el sanitario, se deben generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de baño, dado que la población de hombres que use el segundo baño tendrá que usar el sanitario todas las veces que requiera ya que no hay orinal.

Duraciones y frecuencias de uso: si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y ducha) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 240 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 240 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua. Hospitales

Ítem	Parámetro
Densidad de ocupación total	Consultar NSR10
Densidad de pacientes internos	1 paciente/cama
Densidad de visitantes	2 visitantes/paciente interno
Densidad de pacientes externos	(Total-pacientes internos-visitantes) x70 %
Densidad de empleados	(Total-pacientes internos-visitantes) x30 %
Distribución de géneros	Hombres 50 %, mujeres 50 %
Duración aparatos de flujo	Lavamanos huésped 1 min/uso Lavamanos público 0,5 min/uso Lavaplatos 1 min/uso Ducha 8 min/uso
Usos diarios por empleados*	Sanitarios mujeres 3 usos/día Sanitarios hombres 1 usos/día Orinal hombres 2 usos/día Lavamanos 3 usos/día Lavaplatos 1 uso/día
Usos diarios por visitantes y pacientes externos	Sanitarios mujeres 0,5 usos/día Sanitarios hombres 0,1 usos/día Orinal hombres 0,4 usos/día Lavamanos 0,5 usos/día
Usos diarios por paciente interno	Sanitarios 3 usos/día Ducha 1 uso/día Lavamanos 3 usos/día Lavaplatos 1 uso/día

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base, deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 [ver página 94 de la NTC1500] (Icontec, 2017).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen\left(\frac{litros}{día}\right) \times No.\frac{días}{año}}}{\boldsymbol{1000\,\frac{litros}{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto\ \frac{m3}{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \text{ [Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\mathbf{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y por lo tanto cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Hospitales

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología Hospitales[23] teniendo en cuenta a la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología Hospitales es de 0.9.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la sección 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que reutilicen el agua tratada como estrategia de ahorro de agua

[23] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua:

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

A_a: Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, que es de 35 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 35 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 0.2857 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 3.

6.4.16. Método de Desempeño Ahorro de Agua Educación Superior

En esta sección se describirá como se debe calcular el ahorro de agua para la tipología Educación superior, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que debe desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la ocupación del proyecto si se conoce. De lo contrario, se debe usar la densidad de ocupación según la NSR10 y el área del edificio (sin parqueaderos) para obtener la ocupación total de empleados y estudiantes. Esta ocupación se debe asignar población femenina y masculina si el proyecto cuenta con orinales.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar en el proyecto. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, orinales, lavamanos y lavaplatos.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso, para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene sanitario y orinal y otro baño tiene solo el sanitario, se deben generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de baño, dado que la población de

hombres que use el segundo baño tendrá que usar el sanitario todas las veces que requiera ya que no hay orinal.

Duraciones y frecuencias de uso: si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 241 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 241 Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua Educación superior

Ítem	**Parámetro**
Densidad de ocupación	Consultar NSR10
Distribución de géneros	Hombres 50 %, mujeres 50 %
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Lavaplatos 0,25 min/uso
Usos diarios por persona*	Sanitarios mujeres 3 usos/día Sanitarios hombres 1 usos/día Orinal hombres 2 usos/día Lavamanos 3 usos/día Lavaplatos 1 uso/día

Fuente: elaboración propia

*Los usos están calculados para una permanencia de 8 horas. Si la dedicación de la ocupación es diferente estos se deben ajustar.

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC1500).

Cada consumo se establece de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): Para calcular los consumos se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \quad \text{[Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y por lo tanto cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Educación superior

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología Educación superior[24] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología Educación superior es de 0.92.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la sección 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que reutilicen el agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del

[24] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua.

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

$A_{a:}$ Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, que es de 44 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas para el proyecto deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 44 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro obligatorio para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá

multiplicarse por un factor de 0.6818 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

6.5. Posibles medidas de eficiencia energética

Con el fin de tener una guía sobre las diferentes medidas de eficiencia energética que podrían tomarse a consideración en el momento en que un proyecto decida ahorrar energía a continuación se entrega un listado de todas las posibles medidas de eficiencia energética que se podrían aplicar a os edificios. Es muy importante que cada proyecto realice un análisis detallado para determinar cuáles son aquellas medidas que más cubren las necesidades propias del proyecto, que tengan un impacto alto en el ahorro y asimismo una inversión adicional menor.

Tabla 242. Medidas de eficiencia de energía en iluminación y control de iluminación

Medidas de eficiencia de iluminación y control de iluminación		
Medida		**Descripción**
1	Ahorro por uso de tecnologías eficientes de iluminación tipo LED para interiores	*Aplica para todas las tipologías* Especificar iluminación de tipo LED, la cual reduce el consumo energético en la iluminación en una edificación, generando un aumento en la eficiencia energética y ganancias térmicas menores que reducen el consumo por enfriamiento. Adicionalmente, este tipo de tecnologías tiene vidas útiles superiores que las incandescentes y los costos de mantenimiento también se ven reducidos por esto. Se debe buscar que las luminarias tengan bajos consumos, pero altas eficiencias con la finalidad de cumplir con las normativas que establecen los niveles de iluminancia adecuados para distintas tipologías de espacios. Para vivienda VIS y VIP se sugiere que el constructor deje instaladas las luminarias eficientes.
2	Ahorro por uso de tecnologías eficientes de iluminación tipo CFL para interiores	*Aplica para vivienda VIP y VIS* Especificar iluminación CFL en proyectos como vivienda VIS y VIP, teniendo en cuenta que es una iluminación eficiente.
3	Ahorro por uso de tecnologías eficientes de iluminación en exteriores tipo LED	*Aplica para todas las tipologías* Especificar luminarias tipo LED para exteriores reduce el consumo energético en el proyecto. Se deben tener en cuenta los criterios de calidad de la iluminación en cuanto a CRI (Índice de reproducción cromática), niveles de iluminación de acuerdo a normativa y temperatura de color.

Medidas de eficiencia de iluminación y control de iluminación		
Medida		**Descripción**
4	Ahorro por uso de tecnologías eficientes de iluminación en exteriores tipo fluorescente	*Aplica para vivienda VIP y VIS* Especificar luminarias tipo Fluorescente para exteriores reduce el consumo energético en el proyecto. Se deben tener en cuenta los criterios de calidad de la iluminación en cuanto a CRI (Índice de reproducción cromática), niveles de iluminación de acuerdo a normativa y temperatura de color.
5	Controles horario para la iluminación de corredores y exteriores	*Aplica para todas las tipologías* Implementar estrategias de control de apagado automático en espacios exteriores como corredores compartidos y públicos con control horario, para evitar que se dejen encendidas éstas zonas cuando no sean requeridas.
6	Controles de ocupación para la iluminación de corredores y exteriores	*Aplica para todas las tipologías* Implementar estrategias de control de apagado automático con sensores de presencia en espacios exteriores como corredores compartidos y públicos con sensores de presencia, para evitar que se dejen encendidas estas zonas cuando no sean requeridas.
7	Controles de luz día para la iluminación de corredores y exteriores	*Aplica para todas las tipologías* Implementar estrategias de control de apagado automático en espacios exteriores como corredores compartidos y públicos con sensores de fotocelda, de tal manera que cuando el nivel de iluminación sea bajo (anochecer) se enciendan las luminarias exteriores y cuando sea suficiente (amanecer) se apaguen de manera automática, para evitar que se dejen encendidas estas zonas cuando no sean requeridas.
8	Control de ocupación para la iluminación en espacios interiores	*Aplica para Oficinas, colegios, Centros Comerciales, Hoteles.* Incluir estrategias de control de iluminación en espacios interiores, primordialmente en espacios de múltiples ocupantes reduce el consumo de energía de las edificaciones debido a que la iluminación esté encendida cuando no sea requerida. Espacios como baños, salas de reuniones puntos fijos y escaleras son espacios adecuados para incluir estrategias de control de apagado automático con sensores de presencia.
9	Control de iluminación por encendido/apagado automático por sensores de ocupación en parqueaderos de sótanos	*Aplica para Estrato 3-4, Oficinas, colegios, Centros Comerciales, Hoteles, Hospitales* La iluminación de parqueaderos es uno de los consumos de iluminación más significativos en los proyectos debido a las áreas que comprenden estos espacios y en la misma medida, son los más susceptibles a ineficiencias energéticas debido a uso de iluminación cuando no es requerido. Por tal motivo, incluir estrategias de control de encendido/apagado automático por sensores de ocupación es una medida que produce ahorros en el consumo energético.

Medidas de eficiencia de iluminación y control de iluminación		
Medida		**Descripción**
11	Control de iluminación por atenuación en parqueaderos de sótanos	*Aplica para Estrato 3-4, Oficinas, Centros Comerciales, Hoteles, Hospitales* Adicionalmente, se pueden contemplar estrategias de atenuación en sótanos, lo que no afecta los niveles de iluminancia exigidos y representa ahorros en horarios sin ocupación.
12	Control de iluminación por incidencia de luz natural	*Aplica para Estrato 3-4, Oficinas, Centros Comerciales, Hoteles, Hospitales* Para proyectos donde haya grandes espacios con acceso de luz natural ya sea de manera lateral o desde la parte superior, se recomienda incluir sensores de luz natural que gradúen la intensidad de iluminación artificial compensándolo con luz natural. Esto garantiza ahorros significativos en consumo energético ya que optimiza el uso de este recurso.
13	Tonalidad de colores al interior (muros) pintura	*Aplica para todas las tipologías* Se recomienda que los acabados interiores de los proyectos contemplen superficies de reflectancias altas, como pinturas claras, cielos claros y pisos no tan oscuros, con la finalidad de que haya un aprovechamiento mayor de la luz natural y artificial por efectos de reflexión interna de la luz, aumentando los niveles de iluminación.

Tabla 243 Medidas de eficiencia de energía en el sistema eléctrico

Medidas de eficiencia eléctricas		
Medida		**Descripción**
14	Energía solar fotovoltaica	*Aplica para todas las tipologías* Este tipo de estrategia busca minimizar la cantidad de energía requerida de la red y minimizar el impacto negativo ambiental por la generación de energía a partir de combustibles fósiles o métodos que emiten CO2. La energía solar fotovoltaica transforma la radiación solar en energía eléctrica mediante materiales fotoeléctricos. Para esta medida se recomiendan paneles solares poli cristalinos de silicio amorfo ya que son los más económicos en el mercado y además son los materiales que actualmente tienen mayores eficiencias. Existen dos sistemas de energía solar fotovoltaica, el primero corresponde a un sistema *grid-on* el cual cuenta como respaldo a la red eléctrica local, y un segundo sistema que es *grid-off* el cual no está conectado a la red local sino que debe disponer de un banco de baterías para almacenamiento de energía. Estos sistemas con baterías pueden ser contemplados para ser el respaldo eléctrico de los proyectos en ausencia de red.

Medidas de eficiencia eléctricas		
Medida		**Descripción**
15	Medición Inteligente	*Aplica para todas las tipologías* Esta estrategia posibilita conocer exactamente cuánta energía se está utilizando en una edificación, proyecto o vivienda para así optimizar el consumo energético o identificar comportamientos de consumo en distintos usos finales de energía. Una estrategia enmarcada en esta medida es, por ejemplo, tener medidores inteligentes para usos de energía separados como iluminación, equipos de fuerza, cargas de proceso, cargas de tomas. Otra estrategia para vivienda puede ser la de tener medidores inteligentes que suministren los datos de exactos en tiempo real, de manera remota o local para conocer el consumo exacto y así distribuir los consumos de manera más efectiva. Dentro de estos medidores inteligentes para hogar se encuentran también los medidores prepago, que de acuerdo a la recarga que se haga se tendrá disponibilidad energética para consumo.
16	Eficiencias de Ascensores y escaleras mecánicas	*Aplica para todas las tipologías* Seleccionar motores eficientes en mecanismos de escaleras mecánicas y en ascensores genera una reducción en el consumo energético de los proyectos.
17	Corrección de factor de potencia	*Aplica para todas las tipologías* El factor de potencia se define como la relación de la potencia real que fluye al sistema con la potencia aparente en el circuito. Entre más alto el factor de potencia, mayor será la eficiencia energética del sistema. Se pueden instalar bancos de condensadores dentro del sistema eléctrico del edificio para mejorar su eficiencia energética.
18	Puntos de carga de carros eléctricos	*Aplica para todas las tipologías* Esta estrategia incentiva el uso de vehículos eléctricos sobre vehículos basados en combustibles fósiles, lo que a su vez implica una reducción en emisiones de gases contaminantes, partiendo de que el sector transporte consume el 60% de la energía a nivel naciona,l poder ir cambiando la fuente energética fósil a energía eléctrica significará una mejora sustancial.
19	Puntos de carga de bicicletas y motos eléctricas	*Aplica para todas las tipologías* Esta estrategia incentiva el uso de bicicletas y motos eléctricas dejando puntos de carga para estos en las edificaciones residenciales, Centros Comerciales, Oficinas, Hospitales y Colegios, minimizando el uso de combustibles fósiles como fuente energética principal del transporte.
20	Biodigestores para generación de gas	*Aplica para todas las tipologías* Esta medida implica tener un contenedor cerrado, hermético e impermeable dentro del cual se pueden depositar residuos y materia orgánica, para que mediante la fermentación anaerobia y por acción de microorganismos se degraden estos residuos y se obtenga gas que pueda ser usado como fuente energética.
21	Medidores Bidireccionales	*Aplica para todas las tipologías*

Medidas de eficiencia eléctricas		
Medida		**Descripción**
		Los medidores bidireccionales se pueden tener en cuenta en sistemas de autogeneración donde los excedentes de energía pueden ser inyectados a la red. En en una dirección se mide la energía consumida de la red y en otra dirección la energía que se inyecta a la red.
22	Control de cargas vampiro	*Aplica para todas las tipologías* Hace referencia a un control de apagado para las cargas que quedan en stand by y no son críticas. Una manera de lograrlo es por ejemplo mediante un temporizador en los tableros de tomas que desconecte equipos como cargadores y equipos en modo stand-by en horas sin ocupación. Esto puede reducir el 7% del consumo de tomas normal de un proyecto. Aplica para tipologías como Hoteles, Oficinas, Centros Comerciales, y vivienda en cargas que no correspondan a electrodomésticos de 24h de uso.
23	Ahorro energético en electrodomésticos	*Aplica para todas las tipologías* Hace referencia a usar electrodomésticos que cuenten con sellos de eficiencia energética nacional o internacional, por ejemplo, el etiquetado energético en Colombia aplica para refrigeradores, lavadoras, balastos eléctricos y electrónicos, motores monofásicos y trifásicos, calentadores de agua y gasodomésticos de cocción. Existen otras etiquetas de eficiencia energética internacionales como Energy Star, la cual aplica para computadores, data centers, servidores, equipos de procesamiento de imágenes, monitores, UPS, VoIP.
25	Variadores de velocidad en equipos de presión de agua potable	*Aplica para todas las tipologías* Debido a la variabilidad en los caudales de demanda, es necesario regular el flujo a diferentes cargas por lo que el uso de controles de frecuencia o variadores de velocidad permiten el ahorro de energía y agua. Además se reduce la cavitación del impulsor en el arranque y se reduce considerablemente el golpe de ariete, prolongando la vida útil de los sistemas.

Tabla 244 Medidas de eficiencia en el sistema de agua caliente

Medidas de eficiencia agua caliente		
Medida		**Descripción**
26	Eficiencia en duchas eléctricas	*Aplica para todas las tipologías* En caso de que se usen duchas eléctricas en los proyectos, se recomienda que sean de baja potencia y sean bifásicas para minimizar el consumo.
27	Eficiencia en Calentadores a gas	*Aplica para todas las tipologías* Los calentadores a gas son fuente de consumo de energía que es recomendable que sea consumida de manera racional y eficiente. Los equipos de calentamiento de agua deben cumplir con las eficiencias pedidas

Medidas de eficiencia agua caliente		
Medida		**Descripción**
		en el ASHRAE 90,1 2016.
28	Sistemas de calentamiento de agua - centrales	*Aplica para vivienda estrato 3-4, 5-6, hoteles, hospitales* Los sistemas de calentamiento de agua centrales contribuyen a la eficiencia energética en el consumo de gas para calentamiento de agua.
29	Colectores solares para calentamiento de agua	*Aplica para todas las tipologías* Esta medida reduce el consumo de energía eléctrica o gas debido al calentamiento de agua, usando materiales de alta conductividad térmica, aprovechando la radiación solar para almacenamiento y suministro de agua caliente.

Tabla 245 Medidas de eficiencia en la envolvente

Medidas de eficiencia de envolvente		
Medida		**Descripción**
30	Relación ventana/pared	*Aplica para todas las tipologías* La proporción de ventana-pared influye en el comportamiento térmico debido a las pérdidas o ganancias térmicas que implica la envolvente de los edificios. Se recomienda no exceder la proporción de 40% vidrio en las fachadas.
31	Sombreado horizontal	*Aplica para todas las tipologías* Los elementos de sombreado contribuyen a disminuir las ganancias de radiación solar. Las fachadas que estén expuestas a radiación deben contar con cortasoles horizontales que brinden una protección solar adecuada a los espacios evitando sobre-calentamiento y deslumbramiento. No deben exceder los 70º en HSA (Angulo de sombra horizontal).
32	Sombreado vertical	*Aplica para todas las tipologías* Los elementos de sombreado contribuyen a disminuir las ganancias de radiación solar. Las fachadas que estén expuestas a radiación deben contar con cortasoles verticales que brinden una protección solar adecuada a los espacios, evitando sobre-calentamiento y deslumbramiento. No deben exceder los 70º en VSA (ángulo de sombra vertical).
33	Valor U del vidrio	*Aplica para todas las tipologías* Para proyectos con calefacción se recomiendan vidrios con valores de U bajos para impedir perdidas energéticas. Para proyectos con ganancias energéticas internas altas y alto consumo de aire acondicionado, se recomiendan vidrios con valores U altos para contribuir con el abatimiento de cargas térmicas.

Medidas de eficiencia de envolvente		
Medida		**Descripción**
34	Valor SHGC del vidrio	*Aplica para todas las tipologías* El coeficiente de ganancia de calor solar indica la porción de calor por radiación que es transmitido a través de un vidrio. De acuerdo con las necesidades térmicas de un proyecto, su orientación y exposición solar se deben elegir estos coeficientes. Así para proyectos con alta exposición solar se recomiendan coeficientes bajos y para proyecto con baja exposición solar se recomiendan coeficientes altos. Asimismo, dependerá de las necesidades de calefacción o enfriamiento la determinación de este coeficiente en los proyectos.
35	Valor U de muro exterior	*Aplica para todas las tipologías* El aislamiento de los muros exteriores influye en el comportamiento térmico del edificio al interior ya que al tener menos o más aislamiento, el edificio al interior se comportara de una manera más similar o menos similar a la exterior. Se recomiendan aislamientos en muros con el fin de evitar pérdidas energéticas y tener comportamientos térmicos más estables.
36	Valor U de muro interior	*Aplica para todas las tipologías* Se recomiendan aislamientos en muros con el fin de evitar pérdidas energéticas. Se debe prestar especial atención en los muros que dividen zonas térmicas con comportamientos diferentes pues un mal aislamiento puede contribuir a exceso de consumo en sistemas de calefacción o aire acondicionado de un espacio.
37	Valor U cubierta	*Aplica para todas las tipologías* Se recomiendan cubiertas en materiales con valores altos de resistencia térmica con el fin de evitar pérdidas energéticas y contribuir a la estabilidad térmica del edificio.
38	Reflectividad de cubierta	*Aplica para todas las tipologías* Las cubiertas reflectivas impiden la acumulación de ganancias solares dentro de los edificios. Se recomienda usar cubiertas con un valor de SRI mayor a 80.
39	Estanqueidad del aire	*Aplica para todas las tipologías* Las infiltraciones de aire son fuente de ineficiencia en los edificios. Se recomienda usar sellos en ventanas, juntas y puertas, asi como barreras de aire en la envolvente del edificio.
40	Ventilación natural	*Aplica para todas las tipologías* La ventilación natural ahorra energía gastada en equipos de ventilación o aire acondicionado. La ventilación natural se recomienda para edificios de vivienda, zonas comunes de oficinas y hoteles y zonas de servicio de hospitales. Esta medida puede ser implementada con el uso de aperturas en las fachadas bien sea rejillas o ventana que permitan el ingreso de aire y su renovación al

Medidas de eficiencia de envolvente		
Medida		**Descripción**
		interior de los espacios. Demostrar que la ventilacion natural es una estrategia efectiva para la ventilacion de un espacio es posible a a través de simulaciones (multizona o CFD), cálculos de normas como el CIBSE AM 10 u otras normas equivalentes o usando métodos prescriptivos como en el caso del ASHRAE 62.1 2010. El método prescriptivo del ASHRAE 62.1 2010 consiste en cumplir con lo siguiente: • Si se desea ventilar el espacio con una apertura sencilla lateral; el área a ser ventilada no puede estar a mas de 2H de la apertura • Si se va a ventilar el espacio mediante una doble apertura lateral: el área a ser ventilada no puede estar a mas de 5H de la apertura • Si el espacio se va a ventilar a través de una apertura esquinera el área a ser ventilada no puede estar a mas de 5H de la apertura a lo largo de la línea de profundidad. Donde H es la Altura al techo. Adicionalmente, como regla general, la altura del techo equivale a la altura mínima del espacio, si la altura del techo aumenta proporcionalmente entonces se deberá usar una altura promedio. Es recomendable que esta medida sea complementada con el uso de sensores de CO2 de manera que los sistemas de ventilacion natural se operen de forma adecuada y de acuerdo a las necesidades de ventilacion de los espacios. El uso de sensores de CO2 brinda herramientas de decisión y operación a los usuarios de espacios ventilados naturalmente pues entregan un parámetro de calidad de aire interior a partir del cual las personas pueden manipular las aperturas de ventilación natural de las que disponen.
41	Iluminación natural a través de solatubes u otros dispositivos de ingreso de luz naturas	*Aplica para todas las tipologías* Usar estrategias de luz día permite ahorrar energía en el consumo de iluminación artificial. Se recomienda el uso de solatubes.
42	Iluminación natural a través de fachadas con vidrio translucido	*Aplica para todas las tipologías* La iluminación natural contribuye al ahorro en el consumo de energía por iluminación artificial, asimismo contribuye al bienestar de las personas. Se recomienda el uso de vidrios con valores de VLT (transmisión de luz visible) superiores a 0,5 Dentro de las estrategias que posibilitan esta medida están: a. Para maximizar la incidencia de luz natural, es importante que se contemplen ventanales y claraboyas para garantizar luz natural lateral y superior en los espacios. b. Es recomendable aprovechar la luz natural mediante la difusión y reflexión de rayos solares hacia los interiores, mediante colores de

Medidas de eficiencia de envolvente		
Medida		Descripción
		acabados claros o reflectivos c. Se recomienda tener conocimiento de la disponibilidad de luz exterior, existen bases de datos públicas que hacen mención a la radiación y disponibilidad del recurso local. d. Se sugiere que los ventanales sean ubicados en la parte alta de los muros ya que producen más iluminancia que unos ventanales más bajos. e. Se recomienda que las áreas de las claraboyas estén entre el 3% y 6% de las áreas de techo o cubierta.
43	Techos verdes	*Aplica para todas las tipologías* El uso de cubiertas verdes contribuye a la mejor gestión del agua lluvia del proyecto, a la restauración del hábitat de especies del ecosistema del mismo y adicionalmente contribuye a aumentar la resistencia térmica de las cubiertas, lo cual es una medida de ahorro energético pues evita las pérdidas internas o las ganancias externas a nivel térmico.
44	Relación vidrio - cubierta	*Aplica para todas las tipologías* La proporción de vidrio/cubierta influye en el comportamiento térmico debido a las pérdidas o ganancias térmicas que ocurren a través de la envolvente de los edificios. Se recomienda no exceder una proporción de 5% vidrio en las cubiertas.

Tabla 246 Medidas de eficiencia en el sistema de HVAC

Medidas de eficiencia de HVAC		
Medidas de eficiencia de HVAC		Descripción
45	Economizadores de aire	*Aplica para oficinas, centros comerciales, hoteles, hospitales* Los economizadores de aire son una medida que aprovecha las condiciones climáticas del exterior para disminuir el consumo del sistema de enfriamiento de un edificio. Esta medida es recomendada para los proyectos que tienen una alta demanda de enfriamiento debido a su uso, ocupación, horarios, entre otros factores.
46	COP	*Aplica para oficinas, centros comerciales, hoteles, hospitales* Tener equipos que consuman energía de manera eficiente contribuye igualmente a la eficiencia general del sistema y por tanto del edificio. Se recomienda alcanzar o exceder el requerimiento de ASHRAE 90.1 2016 en cuanto a coeficientes de desempeño de equipos de aire acondicionado.

47	VSD torres de enfriamiento	*Aplica para oficinas, centros comerciales, hoteles, hospitales* Los sistemas que usan velocidad variable y que operan dependiendo de las necesidades del mismo, usan menos energía que los sistemas convencionales pues gastan la cantidad de energía necesaria para la operación y no la máxima en todo momento. Se recomienda que todos los ventiladores de las torres de enfriamiento usen variadores de velocidad.
48	Sensores de CO en parqueaderos	*Aplica para vivienda estrato 3-4, 5-6, oficinas, centros comerciales, hoteles, hospitales* El uso de sensores de CO en parqueaderos hace que la extracción de aire de los mismos se use solo cuando sea requerida y por tanto se racionalice el consumo de la energía. Todos los sistemas de extracción de parqueaderos deben usar sensores de CO
49	VSD bombas	*Aplica para oficinas, centros comerciales, hoteles, hospitales* Los sistemas que usan velocidad variable y que operan dependiendo de las necesidades del mismo, usan menos energía que los sistemas convencionales pues gastan la cantidad de energía necesaria para la operación y no la máxima en todo momento. Todas las bombas usadas en el sistema de HVAC deben usar variadores de velocidad.
50	Colectores solares para calefacción	*Aplica para todas las tipologías* Los colectores solares pueden ser usados para agua caliente doméstica, también pueden ser utilizados para calefacción de espacios. Se recomienda para proyectos con altas demandas de calefacción el uso de colectores solares para al menos el 25% de la carga térmica de calefacción del proyecto.
51	Ventilación por demanda	*Aplica para oficinas, centros comerciales, hoteles, hospitales, colegios* Para sistemas de ventilación se recomienda que al menos el 50% de las áreas densamente ocupadas (25 personas por cada 100 m2) usen ventilación por demanda. Para esto se deben usar sensores de CO2 y sistemas automatizados para variar el requerimiento de aire según la necesidad. Lo anterior contribuye a que los sistemas de ventilación sean usados solo cuando sean requeridos y en la proporción requerida.
52	Distrito Térmico	*Aplica para todas las tipologías* Los distritos térmicos contribuyen a la eficiencia en la distribución y producción aire acondicionado o calefacción para edificios. Se recomienda el uso de distritos térmicos para proyectos con altas demandas de acondicionamiento de aire o calefacción.

6.6. Posibles medidas de eficiencia en el consumo del agua

Tabla 247. Medidas de eficiencia en agua

Medidas de eficiencia en Agua	
Medida	**Descripción**

Medidas de eficiencia en Agua		
Medida		**Descripción**
53	Accesorios eficientes: Sanitario privado ahorrador	*Residencial, Hospital (solo habitaciones), Hotel (solo habitaciones).* Instalar sanitarios de uso privado de tanque con un caudal máximo de 3,8 lpd.
54	Accesorios eficientes: Sanitario fluxómetro ahorrador	*Oficina, Centro comercial, Hospital (excepto habitaciones), Educativo, Hotel (excepto habitaciones)* Instalar sanitarios de uso público con fluxómetro con un caudal máximo de 4,8 lpd
55	Accesorios eficientes: Sanitario doble descarga	*Aplica para: Todas las tipologías.* Instalar sanitario de doble descarga (máximo de 6/4,8 lpd), ya sea de tanque o de fluxómetro. A efectos de los cálculos se usa el caudal ponderado del sanitario (para 6/4,8 lpd es 5,2 lpd calculando un total de 3 usos con 2 líquidos y 1 sólido). Se recomienda aplicar esta medida únicamente en los casos en los que no es posible instalar el sanitario privado ahorrador o el sanitario fluxómetro ahorrador.
56	Accesorios eficientes: Orinal	*Aplica para: Oficinas, Hotel (excepto habitaciones), Hospital (excepto habitaciones), Educativo, Centro comercial.* Instalar orinales de uso público con un caudal máximo de 1 lpd
57	Accesorios ultra-eficientes: Orinal	*Aplica para: Oficinas, Hotel (excepto habitaciones), Hospital (excepto habitaciones), Educativo, Centro comercial.* Instalar orinales de uso público con un caudal máximo de 0,5 lpd
58	Accesorios eficientes: Ducha	*Aplica para: Residencial, Hotel, Hospital.* Instalar duchas con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.
59	Accesorios eficientes: Grifo lavamanos	*Aplica para: Todas las tipologías.* Instalar lavamanos con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.
60	Accesorios ultra-eficientes: Grifo lavamanos	*Aplica para: Todas las tipologías.* Instalar lavamanos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.
61	Accesorios eficientes: Grifo lavaplatos	*Aplica para: Todas las tipologías.* Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 2 lpm a una presión de 60 PSI.
62	Accesorios eficientes: Grifo pre-rinse o lavado a presión para lavaplatos	*Aplica para: Cocinas de Centro comercial, Hotel y Hospital.* Instalar grifo de lavaplatos de pre-rinse con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.

Medidas de eficiencia en Agua		
Medida		**Descripción**
63	Recolección y reúso de agua lluvia	*Aplica para: todas las tipologías* Los proyectos que cuenten con área de captación, preferiblemente en cubierta, pueden contemplar la recolección de agua lluvia para un tratamiento que puede ser de filtración y desinfección para su reúso en sanitarios, orinales, riego y aseo. Para determinar el volumen de recolección se recomienda hacer un balance hídrico con la disponibilidad de agua lluvia (precipitación x área de captación), la capacidad de almacenamiento (volumen del tanque) y la demanda de agua (sanitarios, orinales, riego etc.), y encontrar un punto de equilibrio entre entradas y salidas. De acuerdo al balance hídrico se puede recolectar agua de un porcentaje de la cubierta para un volumen determinado de tanque.
64	Tratamiento y reúso de aguas grises	*Aplica para: Residencial y hotel.* Se recomienda la separación de los desagües de aguas grises o jabonosas de los demás efluentes de agua. Estas aguas pueden ser tratadas para usos no potables. Se recomienda hacer un balance hídrico para determinar el volumen de aguas grises a separar, tratar y reusar, para así contar con un sistema optimizado. De acuerdo al balance hídrico se puede reusar agua de un porcentaje de las aguas grises o de ciertos tipos de desagües (lavamanos, duchas, lavadoras).
65	Tratamiento y reúso de aguas grasas	*Aplica para: Cocinas de centros comerciales.* Se recomienda el tratamiento y reúso de aguas grasas provenientes de las cocinas. Estas aguas pueden ser tratadas para usos no potables como descarga de aparatos, riego y aseo. Dado que los proyectos con zonas de cocción (no residencial) deben contar con un tratamiento previo al vertido, se recomienda completar este tratamiento de acuerdo a la calidad del agua para su reúso en requerimientos no potables tales como descarga de sanitarios y orinales, y riego.
66	Sub-medición de agua	*Aplica para: Todos las tipologías* Contar con medidores en diferentes tipos de uso de agua como aparatos sanitarios, agua caliente, riego, zonas húmedas y en hospitales, para salas de cirugía y esterilización. Mínimo 3 medidores por proyecto, los medidores deben ser inteligentes o contar con medición multiservicios (agua y energía).
67	Válvulas de corte	*Aplica para: Todas las tipologías* Son válvulas que permiten limitar o cerrar el flujo de agua a una red o aparato sanitario dependiendo de su ubicación. Para esto se recomienda que cada aparato sanitario tenga o se le instale una válvula de corte. En caso de tener una fuga o problema con dicho aparato, esta pueda cortar el flujo sin afectar el resto de aparatos de la red.
68	SUDS: Drenes filtrantes	*Aplica para: Todas las tipologías* Si el proyecto cuenta con áreas libres en plataforma, se recomienda contar con áreas que permitan la infiltración. Estos drenes están conformados por

Medidas de eficiencia en Agua		
Medida		**Descripción**
		excavaciones poco profundas (entre 1 y 2 m) rellenas con materiales pétreos gruesos, un geotextil filtrante en las capas superiores del material de relleno y vegetación.
69	SUDS: Cunetas verdes	*Aplica para: Todas las tipologías* Si el proyecto cuenta con áreas libres en plataforma, se recomienda contar con zonas que permitan la infiltración. Estos son canales vegetados por donde se transporta la escorrentía proveniente de las zonas impermeables, con el fin de promover la remoción de contaminantes, la sedimentación del material particulado y evitar su re-suspensión.
70	SUDS: Bio-retención	*Aplica para: Todas las tipologías* Si el proyecto cuenta con áreas libres en plataforma, se recomienda contar con áreas que permitan la bio-retención. Estas son zonas deprimidas poco profundas en las que normalmente se dispone de un sistema tri-capa, la primera consistirá en una capa orgánica para infiltración y con una permeabilidad tal que permita el flujo del agua hacia las capas más profundas. La segunda consistirá en un medio de plantado de la vegetación. La capa final y más profunda consistirá en una franja de arena de por lo menos 0.30 metros, con un tamaño de grano de entre 0.5 y 1 milímetro.
71	SUDS: Superficies permeables	*Aplica para: Todas las tipologías.* Si el proyecto cuenta con áreas duras, se recomienda que éstas permitan la permeabilidad en el suelo natural como el uso de adoquín ecológico, gramoquín o pavimentos porosos. Para esto se debe tener en cuenta un tipo de suelo que permita la infiltración natural al terreno.
72	SUDS: Cubiertas verdes	*Aplica para: Todas las tipologías.* Una buena opción para proyectos que no tengan áreas libres en plataforma, pero con zonas libres en cubierta, es contar con cubiertas verdes. Éstas son áreas con vegetación en la cubierta la cuál ayuda a retener el agua en el sustrato mientras las plantas llevan a cabo el proceso de evapotranspiración.
73	Variadores de velocidad en equipos de presión de agua potable	*Aplica para todas las tipologías* Debido a la variabilidad en los caudales de demanda, es necesario regular el flujo a diferentes cargas por lo que el uso de controles de frecuencia o variadores de velocidad permiten el ahorro de energía y agua. Al ajustar la velocidad mediante un variador de frecuencia, se puede adaptar la velocidad a la demanda. Esto garantiza una presión de servicio adaptada a la demanda de caudal de agua, reduciendo presiones altas en los puntos de suministro cercanos a los equipos de presión y generando ahorros de agua con respecto a un equipo de presión variable.

6.7. Propuesta formato para presentación del proyecto al ente regulador

Ver Anexo Técnico 5

6.8. Propuesta formato para revisión del proyecto por parte del ente regulador

Ver Anexo Técnico 5

6.9. Conclusiones y Recomendaciones Protocolo Implementación Resolución 549 por el Método de Desempeño

Con base en las recomendaciones técnicas para el desarrollo del protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015 se puede concluir lo siguiente:

- Se logró desarrollar unas recomendaciones técnicas con base en las cuales la Secretaría de Planeación Distrital podrá desarrollar un protocolo de implementación de la resolución 549 de 2015. Estas recomendaciones se basan en proponer un método estandarizado, sistemático y claro para poder verificar los ahorros que pide la resolución para el segundo año de implementación para la ciudad de Bogotá. El método propuesto se compone de una opción de cumplimiento prescriptiva para todas las todos los proyectos comerciales, institucionales y de vivienda no VIP o VIS y una opción más flexible basada en un método de desempeño para todos los proyectos.
- Se incluyó dentro de las recomendaciones del protocolo formas de cumplimiento para proyectos de una sola tipología, para proyectos de uso mixto y para proyectos en los cuales el constructor deja espacios en obra gris para que sean adecuados por un tercero. Para este último caso se recomienda que el constructor incluya dentro del manual de vitrinismo para centros comerciales, o dentro del reglamento de propiedad horizontal para otros usos, los parámetros que deberá considerar el adecuador en su obra interior. De esta forma se busca que los ahorros propuestos se logren y la ciudad de Bogotá pueda cumplir con sus metas de eficiencia.
- Se recomienda para el seguimiento de la implementación del protocolo desarrollar un programa de verificación con mínimo dos componentes. En primera instancia un componente de auditoría voluntaria por parte de un tercero que pueda expedir una certificación sobre el cumplimiento del protocolo. Este tercero debería tener la capacidad técnica para revisar toda la documentación entregada por el proyecto. Aunque este debería ser un programa voluntario, con el fin de no imponer nuevos trámites o requerimientos a los constructores, se debería promover desde el usuario y desde el mercado en general, que este tipo de certificados sean deseables. Adicionalmente, se recomienda que la Secretaría Distrital de Planeación pueda tener un programa de auditoría aleatorio que se realice a los proyectos que opten por hacer una autodeclaración de la implementación y cumplimiento con el protocolo. La cual esté sujeta a algún tipo de sanción cuando se encuentren no conformidades. De esta manera utilizando estos dos mecanismos se podrá asegurar el cumplimiento.

- Se recomienda que los proyectos presenten el proyecto para revisión o hagan su autodeclaración después de finalizado el proceso de diseño. Adicionalmente, que toda la documentación sea actualizada al finalizar la fase de construcción incluyendo los cambios de obra, de forma tal que, en el caso de verificación de un tercero, este pueda finalizar el proceso de auditoria, y en el caso de autodeclaración, la Secretaría Distriral de Planeación incluya esta documentación dentro de su proceso de auditorías aleatorias.
- La metodología propuesta por PNNL sugiere calcular los ahorros solamente teniendo en cuenta las cargas sobre los cuales se tiene conocimiento o control (los cuales ellos denominan reguladas), por lo tanto, sugiere excluir de los cálculos la energía de procesos. En la metodología propuesta por este estudio para implementación del protocolo, no se excluyen estas cargas de procesos, ya que en algunas tipologías se pueden utilizar medidas que afectan directamente dichas cargas tales como el control de cargas stand by o el uso de electrodomésticos eficientes. Sin embargo, el equipo consultor reconoce la variabilidad que pueden tener los ahorros cuando se incluyen este tipo de cargas en los modelos energéticos, razón por la cual desarrolló las listas de parámetros sugeridos de simulación para cada una de las tipologías, en las que se incluyen las cargas de procesos. Esta tabla debe ser usada cuando el equipo del proyecto desconoce algún parámetro, con el fin de reducir la variabilidad y que no se vean afectados los valores de ahorros del proyecto.
- De igual forma el PNNL sugiere el uso de índices en vez de porcentajes para plantear las metas de cumplimiento, sin embargo, para el caso específico de la ciudad de Bogotá se determinó usar porcentajes dado que son más fáciles de entender por la industria en general, sin embargo, estos son equivalentes al uso de índices y se podrían transformar en índices si se definiera usar el otro método.
- El método propuesto se basa en la comparación relativa de ahorros, el cual permite la generación de una línea base específica y única para el proyecto, adicionalmente al ser un método estandarizado permite comparar los porcentajes de ahorros obtenidos por diferentes proyectos que hagan parte de la misma tipología. Sin embargo, se crearon unos índices de equivalencia o de conversión de este método con el propuesto por la resolción, de forma tal que los ahorros sean completamente comparables con los pedidos en la resolución.
- La utilización de este método más allá de servir para demostrar el cumplimiento con la resolución 549 de 2015, sirve como herramienta de diseño para evaluar diferentes alternativas de diseño y promover la innovación y creatividad de los equipos de diseño. Los proyectos podrán sacar el máximo provecho de este si lo involucran como parte del proceso de diseño desde las primeras fases de este.

7. Bibliografía

US Department of energy, *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016 Performance Rating Method Reference Manual*, 2017

Icontec Internacional, *NTC 1500: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias - Tercera Actualización*, 2017

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, *Resolución Número 0549: Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones*, 2015

Cámara Colombiana de la Construcción, *Anexo no. 1: Guía de Construcción Sostenible para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones*, 2015

Rosenberg M., Hart R., US Department of Energy, *Developing Performance Cost Index Targets for ASHRAE Standard 90.1 Appendix G – Performance Rating Method*, 2016

US Department of Energy, *Ahorre Energía: Consejos sobre el ahorro de dinero y energía en el hogar*, 2014

© Secretaría de Planeación Distrital y Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, CCCS.

Advertencia. Se prohíbe su uso y/o reproducción total o parcial de este documento y/o presentación salvo autorización previa, expresa y escrita de la Secretaría de Planeación Distrital y el CCCS. La violación de esta prohibición acarreará las sanciones legales pertinentes.

Anexo Técnico 1- Paquetes Primarios

Metodología paquetes primarios

A continuación, se describe la metodología usada por el equipo de trabajo del proyecto para la definición de paquetes primarios en el presente estudio:

1. El equipo del proyecto del proyecto, el cual está conformado por personal altamente calificado y con experiencia en el sector de la construcción desarrollo un instrumento de entrevista el cual está orientado hacia definir los parámetros de construcción de las diferentes tipologías en Bogotá desde el punto de vista energético y de consumo de agua. Como se puede ver más adelante en el instrumento de la entrevista, las preguntas estuvieron enfocadas en determinar los parámetros que se requieren para la simulación energética y los cálculos de consumo de agua. Teniendo en cuenta que en los proyectos no siempre se cuenta con el conocimiento técnico especializado sobre estos parámetros, las entrevistas fueron ejecutadas por personal experto en el área de construcción y eficiencia de los recursos, lo anterior con el fin de asegurar la calidad de la información resultante.

2. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a constructores, desarrolladores y gerentes de proyectos con un instrumento desarrollado por el equipo a través del cual se cubrieron todas las tipologías en estudio. Todos los entrevistados cubrieron los criterios de selección recomendados por el equipo: más de 10 años de experiencia en la construcción de la tipología a estudiar, un área mínima en m2 de construcción en los últimos 5 años, entre otros, como una selección de proyectos que no estén en proceso de búsqueda de ninguna certificación en sostenibilidad y que estén en proceso de construcción o hayan sido finalizados en los últimos 3 años. Lo anterior con el fin de garantizar que la muestra de proyectos estudiados representó adecuadamente la práctica tradicional de construcción. Estas entrevistas fueron realizadas directamente por el equipo del proyecto con el fin de facilitar la adquisición de información y guiar a los entrevistados hacia la adquisición de información que no se tuviese de primera mano.

3. En algunos casos fue necesario complementar la información levantada en las entrevistas con fichas técnicas de materiales y tecnologías mencionadas en las entrevistas pero que no fueron detalladas en un nivel técnico profundo como es el requerido.

4. Como verificación final de la información recolectadas se realizaron consultas a fabricantes y proveedores de materiales con el fin establecer cuáles son los materiales y /o tecnologías más vendidas en proyectos tradicionales para cada una de las tipologías.

5. Se realizó un análisis estadístico y adicionalmente se tomó como base el criterio experto del equipo de proyecto encontrando los valores a usar en el paquete primario para cada una de las características.

6. Con lo anterior, se generaron los paquetes primarios para cada una de las tipologías en estudio: VIS, VIP, estrato 3 y 4, estrato 5 y 6, Oficinas, colegios, Centros Comerciales, Hoteles y Hospitales.

Archivos Adjuntos:

Los archivos adjuntos a este anexo se listan en la Tabla 248.

Tabla 248 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 1

Nombre de Archivo	Descripción
1.1 IE	Instrumento de entrevista utilizado. Archivo de Excel
1.2 RE	Libro de Excel con los resultados de entrevistas realizadas, cada hoja corresponde a una tipología de estudio.
1.3 ADE	Libro de Excel con el análisis de los resultados de las entrevistas, se asignó una hoja por cada tipología de estudio.

Anexo Técnico 2- Determinación de la Brecha entre el Desempeño de los Paquetes Primarios y el Desempeño de la Línea Base del ASHRAE 90.1 2016 y la NTC 1500

Metodología determinación brecha

Para la determinación de la brecha de energía entre los paquetes primarios y el ASHRAE 90.1 2016 se debe realizar una comparación entre el consumo energético anual de la línea base del estándar y el consumo energético anual del paquete primario. Esta simulación se desarrolla para los dos casos siguiendo la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 lo anterior con el fin de garantizar la estandarización del trabajo que se realice.

El software utilizado es DesignBuilder v4.7.0.027, el cual trabaja sobre el motor Energy Plus 8.3.0. El archivo climático utilizado en las simulaciones es "COL_BOGOTA_IWEC.epw".

Parámetros de simulación:

Los parámetros de los modelos energéticos provienen de entrevistas realizadas a proyectos construidos en los últimos 3 años, referencias internacionales como el PNNL y el estándar ASHRAE 90.1 de 2016.

La geometría usada en los modelos energéticos proviene de los modelos de edificios prototipo creados por el PNNL (Pacific Northwest National Laboratory), actualizados con parámetros y técnicas constructivas de Bogotá.

Línea Base:

Los modelos de línea base fueron creados de acuerdo con todos los parámetros del apéndice G del estándar ASHRAE 90.1 2016. Dentro de los parámetros incluidos en el apéndice se encuentran la envolvente, iluminación, sistemas de aire acondicionado, calentamiento de agua, entre otros.

Paquetes primarios:

Las propiedades térmicas de los ensambles que componen la envolvente del edificio son calculadas de acuerdo con las tablas expuestas en el apéndice A del estándar ASHRAE 90.1 de 2016.

Los sistemas de aire acondicionado y de calentamiento de agua son modelados de acuerdo a la información obtenida de las entrevistas realizadas a edificaciones nuevas y el apéndice G del estándar 90.1 de 2016.

La iluminación de los modelos es estimada a partir de las entrevistas y experiencia del equipo de consultoría para los modelos de paquetes primarios. Las cargas de tomas (o cargas de

equipos) son tomadas de referencias nacionales e internacionales teniendo en cuenta el criterio del equipo de consultoría.

Una vez desarrolladas dichas simulaciones se calcula la brecha de energía de acuerdo a la siguiente formula:

$$Brecha_energia(\%) = \left(\frac{Energia(ASHRAE90.12016) - Energia(Paquete\Pr imario)}{Energia(ASHRAE90.12016)} \right) \times 100\%$$

Metodología de cálculo para la determinación de brecha en agua

Para la determinación de la brecha en agua, se toman los consumos de cada aparato sanitario de la NTC 1500 (tercera actualización) y los consumos resultados del paquete primario, y se calculan de acuerdo a la siguiente formula:

- Aparatos de descarga (Sanitarios y orinales):

$$Volumen(m^3) = \frac{Personas \times Usos_diarios \times caudal(L)}{1000(L/m^3)}$$

- Aparatos de flujo (Lavamanos, duchas y lavaplatos):

$$Volumen(m^3) = \frac{Personas \times Usos_diarios \times duración(\min) \times caudal(Lpm)}{1000(L/m^3)}$$

- Volumen anual m³ total

$$Volumen = [Desc\arg a(m^3) + Flujo(m^3)] \times días_al_año$$

La duración y usos diarios por aparato sanitario se obtienen de la siguiente tabla, basada en datos estadísticos por cada tipo de uso:

Tabla 249. Tabla de usos diarios y duración de aparatos sanitarios por tipo de ocupación

Usos diarios							
	Duración min	**Empleado**	**Visitante**	**Cliente**	**Residente 3, 4, 5 y 6**	**Estudiante**	**Residente VIP y VIS**
Sanitario							
Mujer	-	3	0,5	0,2	3	3	2
Hombre	-	1	0,1	0,1	3	1	2
Orinal							
Mujer	-	-	-	-	-	-	-
Hombre	-	2	0,4	0,1	-	2	-

Usos diarios							
	Duración min	**Empleado**	**Visitante**	**Cliente**	**Residente 3, 4, 5 y 6**	**Estudiante**	**Residente VIP y VIS**
Lavamanos							
Privado	1	-	-	-	3	-	-
Público	0,5	3	0,5	0,2	-	3	-
Privado VIP/VIS	0,5	-	-	-	-	-	2
Lavaplatos							
Privado	1	-	-	-	3	-	2
Público	0,25	1	0	0	-	-	-
Ducha							
Privado	8	-	-	-	1	-	-
Privado VIP/VIS	4	-	-	-	-	-	1
Público	5	0,1	-	-	-	-	-

Obteniendo los resultados de consumos anuales según los consumos de la NTC 1500 (tercera actualización) y el paquete primario, se calcula la brecha según la siguiente fórmula:

$$Brecha_agua(\%) = \left(\frac{Volumen(NTC1500) - Volumen(Paquete\Pr imario)}{Volumen(NTC1500)} \right) \times 100\%$$

Archivos Adjuntos:

Los archivos adjuntos a este anexo se listan en la Tabla 250.

Tabla 250 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 2

Nombre de Archivo	Descripción
2.1 PEB	Libro de Excel con parámetros de entrada de las simulaciones. Cada hoja del libro corresponde a una de las tipologias.
2.2 LB_VIP	Parámetros y resultados de simulación línea base vivienda VIP. Archivo. HTML
2.3 PP_VIP	Parámetros y resultados de simulación paquete primario vivienda VIP. Archivo . HTML
2.4 LB_VIS	Parámetros y resultados de simulación línea base vivienda VIS. Archivo . HTML
2.5 PP_ VIS	Parámetros y resultados de simulación paquete primario vivienda VIS. Archivo . HTML
2.6 LB_3-4	Parámetros y resultados de simulación línea base Vivienda 3-4. Archivo . HTML
2.7 PP_ 3-4	Parámetros y resultados de simulación paquete primario vivienda 3-4. Archivo . HTML
2.8 LB_5-6	Parámetros y resultados de simulación línea base vivienda 5-6. Archivo . HTML
2.9 PP_ 5-6	Parámetros y resultados de simulación paquete primario vivienda 5-6. Archivo . HTML
2.10 LB_OFF	Parámetros y resultados de simulación línea base oficinas. Archivo . HTML
2.11 PP_OFF	Parámetros y resultados de simulación paquete primario oficinas. Archivo . HTML

Nombre de Archivo	Descripción
2.12 LB_COM	Parámetros y resultados de simulación línea base centros comerciales. Archivo . HTML
2.13 PP_COM	Parámetros y resultados de simulación paquete primario centros comerciales. Archivo . HTML
2.14 LB_HOT	Parámetros y resultados de simulación línea base hoteles. Archivo . HTML
2.15 PP_ HOT	Parámetros y resultados de simulación paquete primario hoteles. Archivo . HTML
2.16 LB_SCH	Parámetros y resultados de simulación línea base colegios. Archivo . HTML
2.17 PP_SCH	Parámetros y resultados de simulación paquete primario colegios. Archivo . HTML
2.18 LB_HOS	Parámetros y resultados de simulación línea base hospitales. Archivo . HTML
2.19 PP_ HOS	Parámetros y resultados de simulación paquete primario hospitales. Archivo . HTML
2.20CBA	Libro de Excel con cálculos de determinación de la brecha de agua. Cada hoja del libro corresponde a una tipología.

Anexo Técnico 3- Recomendación Porcentaje Obligatorio de Ahorro

Metodología determinación los paquetes de simulación obligatorios

Con el fin de determinar los ahorros obligatorios que propone este estudio, el equipo asesor tomó como base inicial las medidas de ahorro que se encuentran en la tabla 4 Matriz de implementación clima frio del anexo No1 de la guía de ahorro de agua y energía para edificaciones de la resolución 549/2015 y de los resultados del estudio "Indicadores relevantes de Bogotá en sostenibilidad y cambio climático para comunicar la relevancia del programa BEA-Building Efficiency Accelerator". Adicional a esto el equipo completó y actualizó el set de medidas de acuerdo con su criterio experto, completando un total de 45 medidas. Este conjunto de medidas fue completado y priorizado por medio de un grupo focal, los criterios de priorización por parte del grupo de expertos fueron la selección de las medidas que generaran los mayores ahorros al menor costo de inversión posible. Después del grupo focal se cuenta con un total de 55 medidas de eficiencia priorizadas.

Archivos Adjuntos:

Los archivos adjuntos a este anexo se listan en la Tabla 251.

Tabla 251 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 3

Nombre de Archivo	Descripción
3.1 RGF	Libro de Excel que incluye los resultados del grupo focal por tipologías
3.2 RAE	Libro de Excel con resultados de análisis económico, cada hoja corresponde a una tipología.
3.3 MCPO	Libro de Excel con memoria de cálculo de la definición de paquetes obligatorios. Cada hoja corresponde a una tipología.
3.4 PEPO	Libro de Excel con parámetros de entrada de las simulacion para el cálculo del porcentaje obligatorio
3.5 PEQ_ 3-4	Parámetros y resultados de simulación paquete equivalencia vivienda 3-4. Archivo HTML
3.6 PO_3-4	Parámetros y resultados de simulación paquete obligatorio vivienda 3-4. Archivo HTML
3.7 PEQ_ 5-6	Parámetros y resultados de simulación paquete equivalencia vivienda 5-6. Archivo HTML
3.8 PO_5-6	Parámetros y resultados de simulación paquete obligatorio vivienda 5-6. Archivo HTML
3.9 PEQ_OFF	Parámetros y resultados de simulación paquete equivalencia oficinas. Archivo HTML
3.10 PO_OFF	Parámetros y resultados de simulación paquete obligatorio oficinas. Archivo HTML
3.11 PEQ_COM	Parámetros y resultados de simulación paquete equivalencia centros comerciales. Archivo HTML
3.12 PO_COM	Parámetros y resultados de simulación paquete obligatorio centros comerciales. Archivo HTML
3.13 PEQ_ HOT	Parámetros y resultados de simulación paquete equivalencia hoteles. Archivo HTML
3.14 PO_ HOT	Parámetros y resultados de simulación paquete obligatorio hoteles. Archivo HTML
3.15 PEQ_SCH	Parámetros y resultados de simulación paquete equivalencia colegios. Archivo HTML
3.16 PO_SCH	Parámetros y resultados de simulación paquete obligatorio colegios. Archivo HTML

Nombre de Archivo	Descripción
3.17 PEQ_ HOS	Parámetros y resultados de simulación paquete equivalencia hospitales. Archivo HTML
3.18 PO_ HOS	Parámetros y resultados de simulación paquete obligatorio hospitales. Archivo HTML
3.19 CAPO	Libro de Excel con cálculos de determinación del porcentaje obligatorio de agua. Cada hoja del libro corresponde a una tipología.

Anexo Técnico 4- Recomendación Porcentaje Voluntario de Ahorro

Metodología determinación los paquetes de simulación voluntarios

La metodología llevada a cabo para determinar los paquetes de simulación voluntarios es la misma descrita en el anexo técnico 3 para paquetes de simulación obligatorios. Para el paquete voluntario 1 se establecieron unos topes máximos de inversión adicional en costos directos para cada tipología del estudio. De esta manera se estableció el 0,3% para VIP, el 0,5% para VIS y colegios, y el 1% para las tipologías restantes. Para el paquete voluntario 2 se aumentan los topes establecidos a nivel de costos directos así: 0,5% VIP, 1% VIS y Colegios, y 3% para las tipologías restantes.

Archivos Adjuntos:

Los archivos adjuntos a este anexo se listan en la Tabla 252.

Tabla 252 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 4

Nombre de Archivo	Descripción
4.1MCPV	Libro de Excel con memoria de cálculo de la definición de paquetes voluntarios. Cada hoja corresponde a una tipología.
4.2 PEPV	Libro de Excel con parámetros de entrada de las simulacion para el cálculo del porcentaje voluntario.
4.3 PV1_ VIP	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 vivienda VIP. Archivo HTML
4.4 PV2_ VIP	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 vivienda VIP. Archivo HTML
4.5 PV3_ VIP	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 3 vivienda VIP. Archivo HTML
4.6 PV1_ VIS	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 vivienda VIS. Archivo HTML
4.7 PV2_ VIS	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 vivienda VIS. Archivo HTML
4.8 PV3_ VIS	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 3 vivienda VIS. Archivo HTML
4.9 PV1_ 3-4	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 vivienda 3-4. Archivo HTML
4.10 PV2_ 3-4	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 vivienda 3-4. Archivo HTML
4.11 PV3_ 3-4	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 3 vivienda 3-4. Archivo HTML
4.12 PV1_ 5-6	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 vivienda 5-6. Archivo HTML
4.13 PV2_ 5-6	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 vivienda 5-6. Archivo HTML
4.14 PV1_OFF	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 oficinas. Archivo HTML
4.15 PV2_OFF	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 oficinas. Archivo HTML
4.16 PV1_COM	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 centros comerciales. Archivo HTML
4.17 PV2_COM	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 centros comerciales. Archivo HTML
4.18 PV1_ HOT	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 hoteles. Archivo HTML

Nombre de Archivo	Descripción
4.19 PV2_ HOT	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 hoteles. Archivo HTML
4.20 PV1_SCH	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 colegios. Archivo HTML
4.21 PV2_SCH	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 colegios. Archivo HTML
4.22 PV1_ HOS	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 1 hospitales. Archivo HTML
4.23 PV2_ HOS	Parámetros y resultados de simulación paquete voluntario 2 hospitales. Archivo HTML
4.24 CAPV	Libro de Excel con cálculos de determinación del porcentaje voluntario de agua. Cada hoja del libro corresponde a una tipología.

Anexo Técnico 5- Propuesta Formatos Protocolo de Implementación

Los archivos adjuntos a este anexo se listan en la Tabla 253.

Tabla 253 Relacion de archivos adjuntos del Anexo 5

Nombre de Archivo	Descripción
5.1 FMDE	Libro de Excel con formato de método de desempeño de energía para entregar un proyecto.
5.2 FMDA	Libro de Excel con formato de método de desempeño de agua para entregar un proyecto.
5.3 FMPE	Libro de Excel con formato de método prescriptivo de energía para entregar un proyecto. Cada hoja corresponde a una tipología.
5.4 FMPA	Libro de Excel con formato de método prescriptivo de agua para entregar un proyecto. Cada hoja corresponde a una tipología.
5.5 FRDE	Libro de Excel con formato de revision de método de desempeño de energía.
5.6 FRDA	Libro de Excel con formato de revision de método de desempeño de agua.
5.7 FRPE	Libro de Excel con formato de revision de método prescriptivo de energía. Cada hoja corresponde a una tipología
5.8 FRPA	Libro de Excel con formato de revision de método prescriptivo de agua. Cada hoja corresponde a una tipología

Anexo Técnico 6- Método de Desempeño Ahorro de Agua y Energía VIP y VIS

Método de desempeño para el cumplimiento de los ahorros propuestos por la Resolución 549 de 2015 para Vivienda de Interés Prioritario (VIP) y Vivienda de Interés Social (VIS).

Vivienda de Interés Prioritario (VIP)

1. Método de desempeño para el ahorro de energía

En esta sección se describe la forma como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Vivienda VIP de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar su desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda de interés prioritario

El consumo energético de la línea base debe ajustarse según las condiciones locales específicas de la tipología Vivienda VIP[25] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA = LB * FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología VIP corresponde a 1.28.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante, usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y así generar el caso de diseño. En la sección 6.5 de este Protocolo se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que pueden ser usadas por el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto. La Tabla 1 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 1. Resumen de metodología caso de diseño Vivienda VIP

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

[25] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*. Calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
espacios	
Sección 4.. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 2. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 2.
Sección 7.. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 2 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente doméstica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 2. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 2.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16.. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 1, se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación del proyecto debe referirse a la Tabla 2, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 2. Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Vivienda VIP

Ítem	Parámetro
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 07:00: 100 % Desde 08:00 hasta 16:00: 0 % Desde 17:00 hasta 24:00: 100 %
Densidad de ocupación	4 personas/Unidad residencial
Carga de tomas	2.69 W/m^2
Rango de confort	18.5 °C - 25.5 °C
Carga de Iluminación interior	6,54 W/m^2

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

De este modo, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

Se debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro sugerido para la tipología vivienda VIP [26] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro sugerido

Para el caso de vivienda VIP el ahorro sugerido es de 11 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede emplear uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, se recomienda busca nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro requerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 1,3636 para obtener el ahorro ajustado, comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

[26] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

Una vez superado el desempeño objetivo se deben utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía que se encuentran en el Anexo 3.

2. Método de desempeño para el ahorro de agua

En esta sección se describirá la forma como se calcula el ahorro de agua para la tipología Vivienda VIP, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que puede desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la cantidad de unidades residenciales y la densidad de ocupación en estas unidades residenciales para obtener la ocupación total de residentes. En caso de no poder obtener el valor de densidad de ocupación por favor referirse a la Tabla 3 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua. Para esta tipología solo es necesario calcular la ocupación residente del proyecto.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción con las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar en el proyecto. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, lavamanos, lavaplatos y duchas.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene un sanitario de doble descarga y otro de descarga sencilla, se deberán generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de aparato.

Duraciones y frecuencias de uso: de acuerdo con el proyecto, si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas) y la frecuencia de uso en el día, se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 3 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 3. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua Vivienda VIP

Ítem	**Parámetro**
Densidad de ocupación	4 personas/Unidad residencial

Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Duchas 4 min/uso Lavaplatos 1 min/uso
Usos diarios por persona	Sanitarios 2 usos/día Lavamanos 2 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 2 usos/día

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC 1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC 1500).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): para el efecto, se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \text{ [Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \text{ [Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y, por tanto, cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología vivienda VIP

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología de Vivienda VIP[27] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología de Vivienda VIP es de 1.02.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la seccion 6.5 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada uno.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que reutilicen de agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que se desarrollan solamente en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se deben usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

---

[27] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a} = \frac{\boldsymbol{VLBA\ - VACD}}{\boldsymbol{VLBA}} \times \mathbf{100}\% \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

$A_{a:}$ Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro sugerido para esta tipología, que es de 18 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro sugerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas para el proyecto deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 18 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro sugerido para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 0.5555 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

Vivienda de Interés Social (VIS)

1. Método de desempeño para el ahorro de energía

En esta sección se describe la forma como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Vivienda VIS de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar su desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda de Interés Social

El consumo energético de la línea base debe ajustarse acorde con las condiciones locales específicas de la tipología Vivienda VIS[28] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA = LB * FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología VIS corresponde a 1.14.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante, usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y así generar el caso de diseño. En el Anexo 2 de este Protocolo se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que puede emplear el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto. La Tabla 6 resume la metodología que debe seguir el

[28] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 6. Resumen de metodología caso de diseño Vivienda VIS

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 7 si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 7.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 6 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente doméstica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 7. La ocupación debe ser la misma del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 7.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 6, se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la Tabla 7, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 7. Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Vivienda VIS

Ítem	Parámetro
Horario	Desde 00:00 hasta 07:00: 100 % Desde 08:00 hasta 16:00: 0 % Desde 17:00 hasta 24:00: 100 %
Ocupación	4 personas/Unidad residencial
Carga de tomas	2.69 W/m^2
Rango de confort	18.5 °C - 25.5 °C
Carga de iluminación interior	6,54 W/m^2
Carga de iluminación exterior	1,71 W/m^2

Consideraciones especiales del caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

Por tanto, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro sugerido para la tipología Vivienda VIS [29] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro sugerido

Para el caso de vivienda VIS el ahorro sugerido es de 28 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, buscara nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

[29] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para cada proyecto.

Paso 6. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro del proyecto (Ap) es mayor o igual que el ahorro sugerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (Ap) deberá multiplicarse por un factor de 0.7142 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Una vez superado el desempeño objetivo se deben utilizar los dos formatos de presentación del proyecto por el método de desempeño para energía que se encuentran en el Anexo 5.

2. Método de desempeño para el ahorro de agua

En esta sección se describirá la forma como se calcula el ahorro de agua para la tipología Vivienda VIS, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este estudio. Se presentarán siete pasos que puede desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua del mismo.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la cantidad de unidades residenciales y la densidad de ocupación en estas unidades residenciales para obtener la ocupación total de residentes. En caso de no poder obtener el valor de densidad de ocupación por favor referirse a la Tabla 8 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua. Para esta tipología solo es necesario calcular la ocupación residente del proyecto.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar en el proyecto. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, lavamanos, lavaplatos y duchas.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso, para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene un sanitario de doble descarga y otro de descarga sencilla, se deberán generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de aparato.

Duraciones y frecuencias de uso: de acuerdo con el proyecto, si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 8 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 8. Parámetros sugeridos para cálculo de desempeño de consumo de agua Vivienda VIS

Ítem	**Parámetro**
Densidad de ocupación	4 personas/Unidad residencial
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Duchas 4 min/uso Lavaplatos 1 min/uso
Usos diarios por persona	Sanitarios 2 usos/día Lavamanos 2 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 2 usos/día

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC1500).

Cada consumo se establece de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso identificado.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \quad \text{[Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y, por tanto, cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda VIS

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología de Vivienda VIS[30] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología de Vivienda VIS es de 1.0.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la seccion 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales cálculo caso de diseño

- Proyectos que reutilicen el agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que se desarrollan solamente en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

[30] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se debe usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

A_a: Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro sugerido para esta tipología, que es de 17 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro sugerido, insistir con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo según el proyecto.

Las medidas seleccionadas para el proyecto deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 17 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 7. Multiplicar por el factor de ajuste de ahorro

Una vez se obtenga que el ahorro de caso propuesto es mayor o igual que el porcentaje de ahorro sugerido para esta tipología, el valor de ahorro de caso propuesto deberá multiplicarse por un factor de 0.5882 para obtener el ahorro del proyecto ajustado y comparable con el valor de ahorro requerido por la Resolución 549 de 2015.

Cuando se supere el desempeño objetivo se debe utilizar el formato de presentación del proyecto por el método de desempeño para agua que se encuentra en el Anexo 5.

Método de desempeño para el cumplimiento de los topes de inversión establecidos por la Secretaria Distrital de Planeación para Vivienda de Interés Prioritario (VIP) y Vivienda de Interés Social (VIS).

Vivienda de Interés Prioritario (VIP)

1. Método de desempeño para el ahorro de energía

En esta sección se describe la forma como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Vivienda VIP de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar su desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda de interés prioritario

El consumo energético de la línea base debe ajustarse según las condiciones locales específicas de la tipología Vivienda VIP[31] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

[31] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*. Calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología VIP corresponde a 1.28.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante, usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y así generar el caso de diseño. En el Anexo 2 de este Protocolo se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que pueden ser usadas por el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto. La Tabla 9 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 9. Resumen de metodología caso de diseño Vivienda VIP

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 4.. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 10. Si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 10.
Sección 7.. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
diseñadas	
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales multifamiliares	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 10 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente doméstica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 10. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 10.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16.. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 9, se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación del proyecto debe referirse a la Tabla 10, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 10. Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Vivienda VIP

Ítem	Parámetro
Horario ocupación	Desde 00:00 hasta 07:00: 100 % Desde 08:00 hasta 16:00: 0 % Desde 17:00 hasta 24:00: 100 %
Densidad de ocupación	4 personas/Unidad residencial
Carga de tomas	2.69 W/m²
Rango de confort	18.5 °C - 25.5 °C
Carga de Iluminación interior	6,54 W/m²

Fuente: elaboración propia

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

De este modo, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el

segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

Se debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA}$ [Eq. 4]

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro sugerido para la tipología vivienda VIP [32] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

[32] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

A_r: Es el ahorro sugerido

Para el caso de vivienda VIP el ahorro sugerido es de 11 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede emplear uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, se recomienda busca nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para la particularidad del proyecto.

2. Método de desempeño para el ahorro de agua

En esta sección se describirá la forma como se calcula el ahorro de agua para la tipología Vivienda VIP, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentarán siete pasos que puede desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la cantidad de unidades residenciales y la densidad de ocupación en estas unidades residenciales para obtener la ocupación total de residentes. En caso de no poder obtener el valor de densidad de ocupación por favor referirse a la Tabla 11 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua. Para esta tipología solo es necesario calcular la ocupación residente del proyecto.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción con las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar en el proyecto. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, lavamanos, lavaplatos y duchas.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de uso. Si por ejemplo un baño tiene un sanitario de doble descarga y otro de descarga sencilla, se deberán generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de aparato.

Duraciones y frecuencias de uso: de acuerdo con el proyecto, si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas) y la frecuencia de uso en el día, se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 11 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 11. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua Vivienda VIP

Ítem	**Parámetro**
Densidad de ocupación	4 personas/Unidad residencial
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Duchas 4 min/uso Lavaplatos 1 min/uso
Usos diarios por persona	Sanitarios 2 usos/día Lavamanos 2 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 2 usos/día

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC 1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC 1500).

Cada consumo se calcula de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): para el efecto, se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \quad \text{[Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y, por tanto, cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología vivienda VIP

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología de Vivienda VIP[33] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología de Vivienda VIP es de 1.02.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En el Anexo 2 de este Protocolo se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada uno.

Consideraciones especiales sobre el cálculo en el caso de diseño

- Proyectos que reutilicen de agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del

[33] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que se desarrollan solamente en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se deben usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

A_a: Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro sugerido para esta tipología, que es de 11 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro sugerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo para la particularidad del proyecto.

Las medidas seleccionadas para el proyecto deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 11 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Vivienda de Interés Social (VIS)

1. Método de desempeño para el ahorro de energía

En esta sección se describe la forma como debe calcularse el ahorro de energía para la tipología Vivienda VIS de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este Protocolo. Se presentan siete pasos que debe tener en cuenta el equipo del proyecto con el fin de evaluar su desempeño energético.

Paso 1. Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 sección G2 en adelante, para generar la línea base según los parámetros dados en ese estándar.

Paso 2. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda de Interés Social

El consumo energético de la línea base debe ajustarse acorde con las condiciones locales específicas de la tipología Vivienda VIS[34] atendiendo a la ecuación 1:

$$\boldsymbol{LBA} = \boldsymbol{LB} * \boldsymbol{FA} \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

LBA: Consumo de la línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste de línea base

El factor de ajuste de línea base de energía para la tipología VIS corresponde a 1.14.

[34] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base del Apéndice G del ASHRAE 2016 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

Paso 3. Generar el caso de diseño en virtud de los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

El equipo del proyecto debe usar la metodología descrita en el Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 desde la sección G2 en adelante, usando los parámetros de diseño que se hayan definido para el edificio y así generar el caso de diseño. En el Anexo 2 de este Protocolo se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que puede emplear el equipo del proyecto de acuerdo con las prioridades del proyecto. La Tabla 12 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de simulación del caso de diseño. Esta tabla presenta las distintas etapas de construcción del modelo (secciones) y los lineamientos para cada una de ellas.

Tabla 12. Resumen de metodología caso de diseño Vivienda VIS

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	**Metodología**
Sección 1. Modelo de diseño	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 2. Adiciones y alteraciones	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 3. Clasificación de uso de espacios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 4. Horarios	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, en caso de que el equipo del proyecto no cuente con estos horarios referirse a la Tabla 13 si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla.
Sección 5. Envolvente del proyecto	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 6. Iluminación	Si se instalan las luminarias del proyecto, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se instalan las luminarias se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 13.
Sección 7. Bloques térmicos - Zonificación de HVAC para zonas diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 8. Bloques térmicos - Zonificación para zonas no diseñadas	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 9. Bloques térmicos para edificios residenciales	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

ASHRAE 90.1 2016 Tabla G3.1	Metodología
multifamiliares	
Sección 10. Sistemas de HVAC	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016, para el rango de confort utilizar la Tabla 13 que corresponde al rango de confort adaptativo de ASHRAE 55 2010.
Sección 11. Agua caliente doméstica	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 12. Carga de tomas y otras cargas	Si el proyecto conoce la carga de tomas, seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016. Si no se conoce la carga de tomas se debe usar el método de tipo de edificio (*Building Area Method*) con el valor mostrado en la Tabla 13. La ocupación debe ser la misma del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 56.
Sección 13. Limitaciones de modelación del programa de simulación	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 14. Condiciones exteriores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 15. Transformadores de distribución	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 16. Elevadores	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.
Sección 17. Refrigeración	Seguir tabla G3.1 de ASHRAE 90.1 2016.

Fuente: adaptado del ASHRAE 90. 1 2016, Apéndice G, Tabla G3.1

En las instrucciones de la Tabla 12, se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la Tabla 13, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 13. Parámetros sugeridos del edificio del caso de diseño Vivienda VIS

Ítem	Parámetro
Horario	Desde 00:00 hasta 07:00: 100 % Desde 08:00 hasta 16:00: 0 % Desde 17:00 hasta 24:00: 100 %

Ítem	Parámetro
Ocupación	4 personas/Unidad residencial
Carga de tomas	2.69 W/m^2
Rango de confort	18.5 °C - 25.5 °C
Carga de iluminación interior	6,54 W/m^2
Carga de iluminación exterior	1,71 W/m^2

Consideraciones especiales del caso de diseño

- Para proyectos con ventilación natural como estrategia de ahorro del caso de diseño

Se debe realizar una simulación multizona que permita evaluar el desempeño de la ventilación natural en la edificación. Teniendo en cuenta que el diseño del sistema de ventilación natural puede no proveer confort en todos los momentos, es necesario incluir un sistema virtual de aire acondicionado, que corresponde al mismo sistema de aire acondicionado de la línea base del apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, pero este solo se encenderá cuando la ventilación natural no pueda garantizar que los espacios se encuentren dentro del rango de confort establecido.

Por tanto, para que el proyecto pueda tomar ahorro del sistema de ventilación natural, debe realizar un modelo energético con un sistema híbrido de aire acondicionado, con ventilación natural y sistema virtual de la línea base tal como se explicó anteriormente. Además, es importante que este modelo también cumpla con la condición del apéndice G del estándar 90.1 de 2016 de tener máximo 300 horas fuera del rango de confort al año.

En caso de que el programa de simulación usado no permita modelar un sistema híbrido, es necesario seguir una metodología de modelamiento especial. Primero debe establecerse en qué momentos del día la ventilación natural puede garantizar confort térmico en los espacios. Este análisis puede hacerse con una simulación sin sistemas mecánicos y con las aperturas (ventanas o rejillas) con las que cuenta la edificación. Seguido de esto, en el modelo energético del caso de diseño se incluyen los dos sistemas de acondicionamiento (mecánico y natural) con la siguiente lógica de operación.

En el primer escenario se encuentra activada la ventilación natural en los momentos determinados anteriormente y no está disponible la operación del sistema mecánico. En el segundo escenario se permite la operación del sistema mecánico en las horas en que la

ventilación natural no garantiza confort y no está disponible. De esta manera puede obtenerse el consumo energético anual de la edificación.

- Para proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro en el caso de diseño

Se debe primero discriminar el consumo de energía de los equipos de presión del sistema de agua potable dentro de los consumos globales correspondientes a cargas de procesos en la modelación energética. Este consumo de energía de los equipos de presión deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad) para determinar el consumo real de los equipos. El porcentaje de ahorro estará determinado por el proveedor del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

Paso 4. Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

El equipo del proyecto debe usar la ecuación 4 para determinar el ahorro energético del edificio con respecto a la línea base ajustada.

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA} \text{ [Eq. 4]}$$

Donde:

A_p: Ahorro energético del proyecto

CCD: Consumo en kWh de la energía del caso de diseño

CLBA: Consumo en kWh de la energía de la línea base ajustada

Luego de realizar el cálculo anterior se debe comparar el ahorro obtenido con el ahorro sugerido para la tipología Vivienda VIS [35] con base en la ecuación 5:

$$A_p \geq A_r \text{ [Eq. 5]}$$

Donde:

A_p: Ahorro del proyecto

[35] Ahorro obligatorio estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

A_r: Es el ahorro sugerido

Para el caso de vivienda VIS el ahorro sugerido es de 28 %.

Nota: el equipo del proyecto puede utilizar el método descrito en esta sección o puede utilizar uno alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro requerido, buscara nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo del proyecto debe buscar alternativas para mejorar el desempeño energético mediante la implementación de medidas adicionales de eficiencia energética. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos energéticos y seleccionen las medidas de mayor impacto energético y menor costo para cada proyecto.

2. Método de desempeño para el ahorro de agua

En esta sección se describirá la forma como se calcula el ahorro de agua para la tipología Vivienda VIS, de acuerdo con el método de desempeño propuesto por este estudio. Se presentarán siete pasos que puede desarrollar el equipo del proyecto con el fin de evaluar el desempeño en el consumo de agua del mismo.

Paso 1. Organización de datos de entrada

Ocupación: como datos de entrada se debe obtener la cantidad de unidades residenciales y la densidad de ocupación en estas unidades residenciales para obtener la ocupación total de residentes. En caso de no poder obtener el valor de densidad de ocupación por favor referirse a la Tabla 14 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua. Para esta tipología solo es necesario calcular la ocupación residente del proyecto.

Consumo de aparatos sanitarios: se debe incluir el caudal en proporción a las fichas técnicas de los aparatos sanitarios que se van a instalar en el proyecto. Para los aparatos de descarga se incluye en litros por descarga y para los aparatos de flujo en litros por minuto. En el caso de los aparatos de flujo se debe indicar el caudal a 4 bar o 60 psi. Se deben incluir sanitarios, lavamanos, lavaplatos y duchas.

Grupos de uso: según la ocupación, los usos y aparatos que tenga el proyecto, se deben generar grupos de uso, para asignarle a cada uno sus consumos, ocupantes y usos. Si en el proyecto se tienen todos los consumos de aparatos iguales, solo se debe generar un grupo de

uso. Si por ejemplo un baño tiene un sanitario de doble descarga y otro de descarga sencilla, se deberán generar dos grupos de uso, uno por cada tipo de aparato.

Duraciones y frecuencias de uso: de acuerdo con el proyecto, si se conocen las duraciones (minutos) de uso de los aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas) y la frecuencia de uso en el día se deben incluir. En caso de no poder obtener el valor por favor referirse a la Tabla 14 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 14. Parámetros sugeridos para cálculo de desempeño de consumo de agua Vivienda VIS

Ítem	**Parámetro**
Densidad de ocupación	4 personas/Unidad residencial
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Duchas 4 min/uso Lavaplatos 1 min/uso
Usos diarios por persona	Sanitarios 2 usos/día Lavamanos 2 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 2 usos/día

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Cálculo línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros de la NTC 1500

Se debe sumar el resultado del volumen anual de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo. Para la línea base deben usarse los caudales de la NTC1500 para cada aparato sanitario Tabla 7.4.4 (ver página 94 de la NTC1500).

Cada consumo se establece de la siguiente manera:

Calcular consumo de aparatos de descarga (sanitario): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso por el caudal de cada aparato y por la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume el aparato usando la ecuación 6. Este procedimiento debe repetirse para cada grupo de uso que se haya definido.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * F} \text{ [Eq. 6]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

Finalmente, es importante conocer un volumen anual en unidades de volumen por tiempo, y se deben presentar los resultados en m^3/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 7]}$$

Calcular consumos de aparatos de flujo (lavamanos, lavaplatos y duchas): se multiplica la ocupación de cada grupo de uso, la duración de cada uso, la frecuencia de uso diario y se obtienen los litros/día que consume cada aparato, tal como se indica en la ecuación 8. Esto debe repetirse para cada grupo de uso identificado.

$$\boldsymbol{CD = P * CA * t * F} \quad \text{[Eq. 8]}$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato [lpm]

F: Frecuencia de uso diario

T: Duración

Se deben sumar los consumos de todos los aparatos de flujo y se convierten las unidades a m^3/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \boldsymbol{Volumen}\left(\frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{día}}\right) \times \boldsymbol{No.}\frac{\boldsymbol{días}}{\boldsymbol{año}}}{\boldsymbol{1000}\ \frac{\boldsymbol{litros}}{\boldsymbol{m3}}} = \boldsymbol{Volumen\ anual\ propuesto}\ \frac{\boldsymbol{m3}}{\boldsymbol{año}} \quad \text{[Eq. 9]}$$

Se recomienda seguir la secuencia propuesta por el Protocolo, ya que al calcular los consumos de la línea base antes que los del caso propuesto es posible determinar en un gráfico circular cuáles aparatos son los que más consumen agua y, por tanto, cuál es la oportunidad o el potencial más grande de ahorro.

Paso 3. Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología Vivienda VIS

Se debe ajustar el consumo de la línea base calculado en el paso 2 con el factor de ajuste a las condiciones locales específico para la tipología de Vivienda VIS[36] teniendo en cuenta la ecuación 1.

El factor de ajuste de la línea base de agua para la tipología de Vivienda VIS es de 1.0.

Paso 4. Calcular volumen anual caso de diseño

Se usan los mismos parámetros de uso del paso 1 y se repite el paso 2 pero con los caudales de los aparatos sanitarios escogidos para el caso de diseño. En la seccion 6.6 se encuentra un listado de posibles medidas de eficiencia que el equipo del proyecto puede emplear de acuerdo con las prioridades de cada proyecto en particular.

Consideraciones especiales cálculo caso de diseño

- Proyectos que reutilicen el agua tratada como estrategia de ahorro de agua

Cuando se incluyan medidas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias, grises o grasas, los valores de consumo en aparatos de descarga disminuirán de acuerdo con la disponibilidad del tipo de agua que se va a reciclar, lo que afectará directamente el resultado de la ecuación 7 para el caso de diseño.

- Proyectos con variadores de velocidad en los equipos de presión para suministro de agua potable como estrategia de ahorro de agua

Se debe discriminar el consumo de agua de los aparatos de flujo y fluxómetro únicamente, es decir, que deberá multiplicarse por un valor de (100 – % de ahorro dado por el proveedor del

[36] Factor de ajuste estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*, calculado como la brecha entre la línea base de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

variador de velocidad) para determinar el consumo real. El proveedor determinará el porcentaje de ahorro del equipo dependiendo de las características propias de cada proyecto.

- Para proyectos que se desarrollan solamente en las zonas comunes y que las zonas privadas se entregan para futura adecuación

Se deben incluir las estrategias de eficiencia dentro del reglamento de propiedad horizontal, de manera que los arrendatarios o propietarios también los cumplan en sus espacios. Para las áreas que no sean desarrolladas por el constructor, se debe usar dentro de la modelación energética del caso de diseño los parámetros estipulados en el reglamento de propiedad horizontal.

Paso 5. Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para para evaluar el ahorro de agua

Se aplica la ecuación 10.

$$\boldsymbol{A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\%} \text{ [Eq. 10]}$$

Donde:

A_a: Ahorro de agua del proyecto

VLBA: Volumen anual de la línea base ajustada

VACD: Volumen anual caso de diseño

Luego de obtener el ahorro en el caso propuesto usando la ecuación 10, se debe comparar este valor con el porcentaje de ahorro sugerido para esta tipología, que es de 10 %.

Paso 6. Si no se logra el ahorro sugerido, insistir con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro requerido para la tipología, el equipo de trabajo debe buscar alternativas para mejorar el desempeño en el consumo de agua con la implementación de medidas adicionales de eficiencia de agua. Para esto es muy recomendable que los profesionales a cargo analicen la distribución de consumos del líquido con el fin de seleccionar las medidas de mayor impacto y menor costo según el proyecto.

Las medidas seleccionadas para el proyecto deben garantizar que en ningún caso el resultado del método de desempeño sea menor a 10 %.

Nota: el grupo de trabajo puede utilizar el método descrito en esta sección o un método alternativo siempre y cuando demuestre que el ahorro obtenido por el método alternativo es igual o superior al requerido por este Protocolo.

© Secretaría de Planeación Distrital y Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, CCCS.

Advertencia. Se prohíbe su uso y/o reproducción total o parcial de este documento y/o presentación salvo autorización previa, expresa y escrita de la Secretaría de Planeación Distrital y el CCCS. La violación de esta prohibición acarreará las sanciones legales pertinentes.