



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE PLANEACIÓN

#### **Anexo 4. Ejemplo de aplicación del Protocolo de implementación-método de desempeño, en un proyecto de viviendas de estratos 3 y 4**

Este anexo contiene ejemplo de aplicación del método de desempeño en un proyecto de viviendas de estratos 3 y 4.

Como ejemplo para uso del Protocolo se utilizó un proyecto de vivienda de estratos 3 y 4, ubicado en Bogotá, El proyecto es un complejo de torres de apartamentos, distribuidos alrededor de una plazoleta central. En total el proyecto cuenta con tres tipologías de apartamentos, diferenciados por su área y distribución. La tipología A tiene un área de 57 m<sup>2</sup>, la tipología B tiene un área de 65 m<sup>2</sup> y la tipología C tiene un área de 70 m<sup>2</sup>. En total se cuenta con 336 apartamentos distribuidos entre la tipología A, B y C, para un total de 130, 112 y 64 apartamentos por tipología respectivamente. La tipología A cuenta con 2 habitaciones, sala comedor y cocina, la tipología B cuenta con 3 habitaciones, sala comedor y cocina, y la tipología C cuenta con 2 habitaciones, un estudio que puede cerrarse como habitación y sala comedor. La relación ventana pared del edificio es de 9.8% en la fachada Norte, 8% en la fachada sur, 25.4% en la fachada este y 23.8% en la fachada oeste.



## 1. Método de desempeño ahorro de energía en viviendas de estratos 3 y 4

**Paso 1.** Generar la línea base del proyecto de acuerdo con los parámetros del apéndice G del ASHRAE 90.1 de 2016

Se generó la línea base del proyecto siguiendo el apéndice G del estándar ASHRAE 90.1 de 2016, utilizando el software de simulación IES VE 2018, la línea base presenta las siguientes características:

- El mismo número de pisos y espacios que el modelo propuesto
- La clasificación de espacios (vivienda, corredores, zona de parqueo) es la misma que en el edificio propuesto.
- Rango de confort y horarios (ocupación y operación) del proyecto son los mismos para los dos modelos.
- La orientación de los dos modelos es la misma
- Los materiales de la fachada opaca se establecieron de acuerdo con las características presentadas en el estándar (Tabla G3.4.3) para la zona climática de Bogotá (Zona 3C)
- La relación Vidrio/Pared para este proyecto se reduce en un 60 % siguiendo con lo establecido en la tabla G3.1
- Las características térmicas del vidrio son las que se encuentran en la tabla G3.4.3 para la zona climática de Bogotá.
- Las densidades de potencia de iluminación se ajustaron según la tabla G3.7, dependiendo de la clasificación de espacios asignada anteriormente.
- La clasificación de los bloques térmicos se realizó de acuerdo con la sección 9 de la tabla G3.1, esta clasificación de los bloques térmicos se realizó igual para los dos modelos
- Para el sistema de HVAC al no contar con un sistema propuesto, se utiliza el sistema de la línea base que en este caso corresponde para un proyecto de tipo residencial en la zona climática 3C a un sistema 1 - PTAC que se encuentra en la tabla G3.1.1-3.
- Para la distribución de agua caliente, las zonas se agrupan de la misma manera que en el modelo propuesto, para residencial según la tabla G3.1.1-2, el método de calentamiento es un calentador de gas.
- La carga de equipos se modela igual para los dos modelos
- Los elevadores se modelan igual para los dos modelos.

**Paso 2.** Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología vivienda estrato 3 y 4

Una vez realizada la modelación energética del proyecto, se ajustó el consumo de la línea base obtenida según el factor de ajuste que se encuentra en la metodología. A continuación, se muestra los consumos para la línea base del proyecto y el respectivo ajuste.

Tabla 78. Consumos Línea Base sin factor de ajuste

Sistema	Consumo - Base (kwh)
Iluminación	669954
Calefacción	103251
Enfriamiento	503264
Ventiladores	22450
Tomas	168597
Elevadores	108507
Cocina	456181
Agua Caliente	2136752
<b>Total</b>	<b>4075289</b>

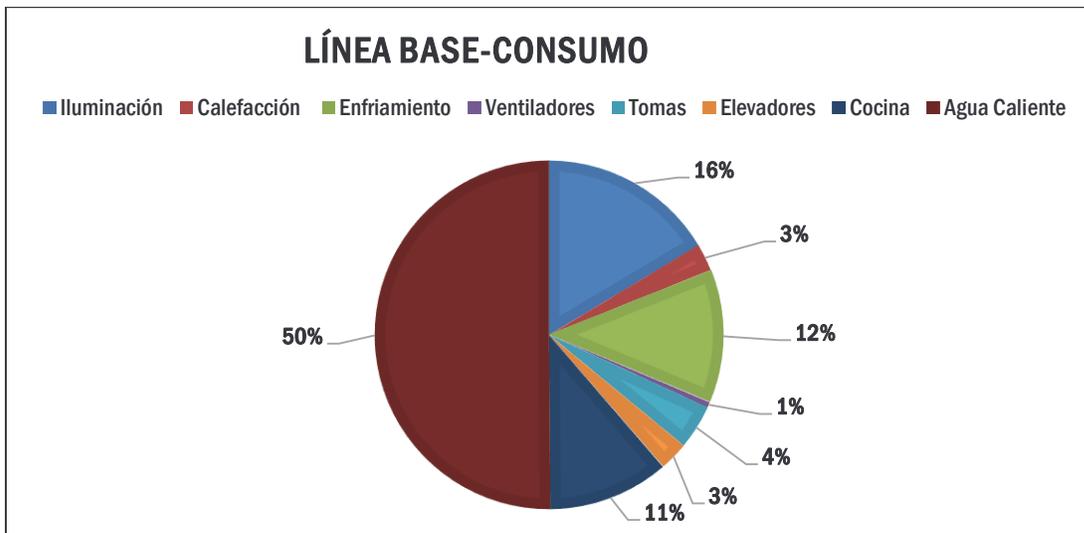


Figura 1. Torta de Consumo línea base  
Fuente: elaboración propia

El consumo total de la línea base utilizando la fórmula y el factor e de ajuste correspondiente es el siguiente

$$LBA = LB * FA$$

Donde,

LBA: Consumo línea base ajustada

LB: Consumo del edificio de la línea base Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016

FA: Factor de ajuste = 1.005

Tabla 79. Consumo línea base ajustado

Variable	Consumo - Base (kwh)	Consumo - Base (kwh) * 1.005
<b>Total</b>	<b>4158325</b>	<b>4179117</b>

Fuente: elaboración propia

**Paso 3.** Generar el edificio del caso de diseño de acuerdo con los parámetros de diseño del edificio siguiendo la metodología de apéndice G del ASHRAE 90.1 DE 2016

El modelo propuesto se realizó siguiendo la metodología de apéndice G del ASHRAE 90.1 de 2016, este modelo presenta las siguientes características.

- Modelo de diseño
  - El modelo se realizó utilizando la última actualización de arquitectura y de todos los sistemas involucrados siendo consistente con todos los documentos referentes a la envolvente, áreas y tipologías de apartamentos, sistema de agua caliente y equipos hidrosanitarios.
- Adiciones y alteraciones
  - No se realizó ninguna alteración al modelo con respecto a lo que se tenía en los documentos.
- Clasificación de uso de espacios
  - Los espacios se clasificaron de dos formas utilizando el método que se encuentra en el estándar *Building Area Method*, donde las clasificaciones fueron:
    - *Multifamily*
    - *Parking garage*
- Horarios
  - Se estableció el horario de operación y junto con esto el horario de controles (temperatura y humedad), el horario establecido es un horario típico para un proyecto residencial.
- Envolvente
  - La envolvente se modeló de acuerdo con lo definido por arquitectura y las especificaciones técnicas generadas para la fachada traslúcida, fachada opaca, muros interiores y cubierta.
- Iluminación
  - Se utilizó la densidad de potencia de iluminación especificada por el proyecto, para los dos espacios previamente clasificados, esta asignación se realizó para todos los espacios.
- Bloques térmicos
  - Se siguió la sección 9 del apéndice G, donde se especifica un bloque al menos por tipo de unidad de vivienda, exceptuando los que tengan la

- misma orientación y otro diferente para las unidades ubicadas en el primer piso y otro bloque térmico para las unidades ubicadas en el último piso.
- Sistema de HVAC
    - En este caso el proyecto no cuenta con un sistema de HVAC, Por tanto, se utiliza el mismo sistema de la línea base para el tipo de clima y proyecto residencial de la línea base. Esto es necesario ya que como el proyecto utiliza ventilación natural se debe incluir un sistema virtual de aire acondicionado que se activa cuando la ventilación natural no pueda mantener los espacios en el rango de confort establecido.
  - Agua caliente doméstica
    - A partir del balance hídrico se estableció el consumo de agua caliente que se iba a tener en el proyecto donde se estableció que el 60 % del consumo total de agua sería por agua caliente, con esto en mente se agruparon las zonas que iban a tener agua caliente y a estas se les asigno el consumo obtenido del 60 % del balance hídrico.
  - Carga de tomas
    - Esta carga se asumió igual para la línea base y el modelo propuesto, donde se utilizó la ocupación y la tabla que se encuentra en el estándar por medio del *Building Area Method* para establecer esta carga.
  - Elevadores
    - Se dejo la carga de elevadores, calculada por la carga pico y el número de elevadores propuesto.

Luego de la modelación energética, el consumo del edificio del caso de diseño es de 3130039 kWh/año.

**Paso 4.** Comparar el consumo de la línea base ajustada y del caso de diseño para evaluar el ahorro energético

Para realizar esta comparación se utiliza la siguiente fórmula

$$A_p = 1 - \frac{CCD}{CLBA}$$

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

Aplicando esta fórmula se obtiene el siguiente resultado

$$A_p = 0,271$$

Se realiza la comparación con el ahorro requerido en este caso era de **34%** y se obtiene el siguiente resultado

$$27.18 \% < 34\%$$

**Paso 5.** Si no se logra el ahorro requerido

En este caso el proyecto no lograba el ahorro requerido, por lo cual se tuvo que buscar una opción de reducción de consumo energético a partir de colectores solares para calentar el 11.7% del agua caliente, logrando un ahorro energético 184.066 kWh, logrando un consumo total del edificio de 4.179.117 kWh. Al volver a hacer el cálculo de ahorro se obtiene un ahorro del 34.57% el cual es mayor al requerido.

**Paso 6.** Multiplicación por el factor de ajuste

Finalmente, una vez obtenido el ahorro del proyecto se multiplica por el factor de ajuste que para este caso es de 0.7352 para obtener el ahorro del proyecto ajustado, dando como resultado lo que se muestra a continuación

$$\text{Ahorro proyecto ajustado} = 34.57\% * 0.7352 = 25.41\%$$

El ahorro resultante es superior al requerido por la Res 0549. Una vez superado el objetivo de desempeño energético se puede proceder con la utilización de los formatos que se encuentran en el anexo 3.

## 2. Método de desempeño ahorro de agua en estratos 3 y 4

**Paso 1.** Organización de datos de entrada

*Se realiza el cálculo de la ocupación del proyecto, teniendo en cuenta lo establecido en la NSR 10. En el caso específico del proyecto se realizó el cálculo teniendo en cuenta la cantidad de apartamentos que hay por tipología y sus respectivos ocupantes.*

Tabla 80. Ocupación Residente Proyecto

	Número de Apartamentos	Total Residentes
Tipo C	64	224
Tipo B	112	392
Tipo A	160	560
Total	336	1176

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta que el proyecto contará con todos los aparatos sanitarios iguales para todos los apartamentos, se calculará solo un grupo de uso de los aparatos. Las especificaciones de los aparatos sanitarios se recibieron de la coordinación del proyecto y se cuenta con los siguientes consumos para una presión de 60 psi.

Tabla 81. Especificaciones de Aparatos Sanitarios

Aparato	Especificación	Consumo
Sanitario	Aquapro AL -Corona	4.8 L/d para solidos 3.2 L/d para liquido Consumo promedio 3.8L/d
Lavamanos	Koral Lavamanos monocontrol bajo	4.8 L/min
Lavaplatos	DRAA-Grifería lavaplatos monocontrol	5.42 L/min
Ducha	Túnez-Ducha Monocontrol SD	6.60 L/min

Fuente: elaboración propia

## Paso 2. Cálculo línea base

Para calcular la línea base se consultó la norma técnica colombiana 1500 del código fontanería, para estimar el consumo de aparatos sanitarios, de acuerdo con la siguiente imagen extraída de la norma.

Tabla 82. Consumos base definidos por NTC 1500

Tabla 7.4.4 Consumos y caudales máximos para aparatos hidrosanitarios y accesorios para los aparatos

Aparatos hidrosanitarios o accesorios para los aparatos	Consumos y caudales máximos <sup>b</sup>
Lavamanos privado	8,3 L/min (2,2 gpm) a 414 kPa (60 psi)
Lavamanos público, (con cierre automático)	0,9 Lpf (0,25 galones) por ciclo de descarga
Lavamanos público, (otro que no sea con cierre automático)	1,9 L/min (0,5 gpm) a 414 kPa (60 psi)
Regadera <sup>a</sup>	9,5 L/min (2,5 gpm) a 552 kPa (80 psi)
grifo de poceta	8,3 L/min (2,2 gpm) a 414 kPa (60 psi)
Orinales	3,8 Lpf (1,0 galones) por ciclo de descarga
Inodoros	6,0 Lpf (1,6 galones) por ciclo de descarga
Factores de conversión: 1 L = 0,3 galón, 1 L/min = 0,3 galón/min, 1 kPa = 0,1 libra por pulgada cuadrada.	
<sup>a</sup> Una teleducha es una regadera.	
<sup>b</sup> Las tolerancias de consumo deben ser las determinadas en las normas citadas.	
Lpd Litros por descarga	
NOTA Para otros aparatos sanitarios refiérase a la NTC 1644.	

Para el cálculo del volumen anual base se siguieron las ecuaciones sugeridas en el Protocolo y se utilizaron los datos de ocupantes y de consumos propuestos.

Tabla 83. Cálculo consumo de agua línea base

Duración	Min/uso	Usos diarios	Consumo Base Litros	Volumen de agua base (L/día)	Volumen anual base (m3/año)
----------	---------	--------------	---------------------	------------------------------	-----------------------------

Sanitarios	NA	3	6	21168,00	7726,32
Lavamanos	1	3	8,3	29282,40	10688,08
Duchas	8	1	9,5	89376,00	32622,24
Lavaplatos	1	3	8,3	29282,40	10688,08
Total				169108,80	61724,71

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo de consumo de sanitarios se siguió la ecuación establecida en el Protocolo:

$$1176 * 6 (lpd) * 3 \text{ usos diarios} = 21.168,00 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Para el cálculo de consumo de lavamanos se siguió la ecuación establecida en el Protocolo:

$$1176 * 8.3 (lpm) * 1 \text{ min} * 3 \text{ usos diarios} = 29.282,40 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Para el cálculo de consumo de duchas se siguió la ecuación establecida en el Protocolo:

$$1176 * 9.5 (lpm) * 8 \text{ min} * 1 \text{ usos diarios} = 89.376,00 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Para el cálculo de consumo de lavaplatos se siguió la ecuación establecida en el Protocolo:

$$1176 * 8.3 (lpm) * 1 \text{ min} * 3 \text{ usos diarios} = 29.282,40 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Finalmente se determinó el consumo total de aparatos sanitarios para el caso de la línea base en m<sup>3</sup> al año

$$\frac{169.108,8 \frac{\text{litros}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = 61.724,71 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

**Paso 3.** Ajustar línea base de acuerdo con el parámetro de ajuste de la tipología de vivienda

De acuerdo con lo establecido por el Protocolo se realiza el cálculo de el volumen de agua de la línea base ajustada por el factor de ajuste establecido por la tipología el cual es 0.99, para esto se utiliza la ecuación establecida por el Protocolo:

$$61.724,71 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 0.99 = 61.107,46 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

#### Paso 4. Calcular el volumen anual caso de diseño

Para el cálculo del volumen anual propuesto se siguieron las ecuaciones sugeridas en el Protocolo y se utilizaron los datos de ocupantes y de consumos propuestos.

Tabla 84. Cálculo consumo de agua caso diseño

Duración	Min/uso	Usos diarios	Consumo Base Litros	Volumen de agua base (L/día)	Volumen anual base (m3/año)
Sanitarios	NA	3	3,80	13406,40	4893,34
Lavamanos	1	3	4,80	16934,40	6181,06
Duchas	8	1	6,60	62092,80	22663,87
Lavaplatos	1	3	5,42	19121,76	6979,44
Total				111555,36	40717,71

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo de consumo de sanitarios se siguió la ecuación establecida en el Protocolo:

$$1176 * 3.8 (lpd) * 3 \text{ usos diarios} = 13.406,00 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Para el cálculo de consumo de lavamanos se siguió la ecuación establecida en el Protocolo:

$$1176 * 4.8 (lpm) * 1 \text{ min} * 3 \text{ usos diarios} = 16.934,40 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Para el cálculo de consumo de duchas se siguió la ecuación establecida en el Protocolo:

$$1176 * 6.6 (lpm) * 8 \text{ min} * 1 \text{ usos diarios} = 62.092,80 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Para el cálculo de consumo de lavaplatos se siguió la ecuación establecida en el Protocolo:

$$1176 * 5.42 (lpm) * 1 \text{ min} * 3 \text{ usos diarios} = 19.121.76 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Finalmente se determinó el consumo total de aparatos sanitarios para el caso de diseño en m3 al año



$$\frac{111.555,36 \frac{\text{litros}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = 40.717,71 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

**Paso 5.** Comparar el consumo del caso de diseño con respecto al consumo de la línea base ajustada para evaluar el ahorro en agua

Se realiza la estimación del ahorro de acuerdo con la ecuación establecida en el Protocolo.

$$\frac{61.107,46 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} - 40.717,71 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}}{61.107,46 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}} * 100\% = 33.36 \%$$

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente el proyecto cumple con lo requerido por el Protocolo utilizando el método de cálculo establecido.

**Paso 6.** Si no se logra el ahorro requerido, iterar con nuevas medidas de eficiencia hasta lograr el ahorro esperado.

No es necesario implementar medidas de eficiencia adicionales.

**Paso 7.** Multiplicación por el factor de ajuste de ahorro

Finalmente se realiza la estimación del ahorro utilizando el factor de ajuste el cual de acuerdo con lo establecido por el Protocolo es 0.7575.

$$33.36 \% * 0.7575 = 25.02\%$$

El ahorro resultante es superior al requerido por la Res 0549. Una vez superado el objetivo de desempeño energético se puede proceder con la utilización de los formatos que se encuentran en el anexo 3.