

Anexo 1.

En este anexo se presentan las metodologías para el cumplimiento de los ahorros de agua y energía en proyectos de Vivienda de Interés Prioritario (VIP) y Vivienda de Interés Social (VIS).

En una primera parte se muestran los métodos de desempeño y prescriptivos para el cumplimiento de los ahorros de agua y energía indicados como optativos en la Resolución 549 de 2015.

En una segunda parte, se muestran los métodos correspondientes para el cumplimiento de ahorros de agua y energía basados en topes de inversión que viabilicen el desarrollo, que corresponden a 0,2% sobre el costo directo de inversión en proyectos VIP y 0,63% sobre el costo directo de inversión en proyectos VIS

Métodos indicativos 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).

1. Vivienda de Interés Prioritario (VIP)

1.1 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 seis 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 VIP¹ atendiendo a la ecuación 1:

$$LBA = LB * FA \text{ [Eq. 1]}$$

Donde:

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.

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 51 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 51. 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 52. 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 (<i>Building Area Method</i>) con el valor mostrado en la Tabla 52. |
| 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 52 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 (<i>Building Area Method</i>) con el valor mostrado en la Tabla 52. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 52. |
| 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 51, se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación del proyecto debe referirse a la Tabla 52, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 52. 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 ² con base en la ecuación 5:

² Ahorro estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

$$A_p \geq A_r [\text{Eq. 5}]$$

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 sugerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro sugerido, se recomienda busca nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro indicativo 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 (A_p) es mayor o igual que el ahorro sugerido para esta tipología, el valor de ahorro del proyecto (A_p) 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.

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.

1.2 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 53 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 53 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 53. 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.

$$CD = P * CA * F \text{ [Eq. 6]}$$

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 m³/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\text{Volumen} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) \times \text{No.} \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = \text{Volumen anual propuesto} \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

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.

$$CD = P * CA * t * F \text{ [Eq. 8]}$$

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 m³/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\Sigma \text{Volumen} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) \times \text{No.} \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = \text{Volumen anual propuesto} \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \text{ [Eq. 9]}$$

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 VIP³ 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 $(100 - \% \text{ de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad})$ 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.

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 de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

$$A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\% \text{ [Eq. 10]}$$

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 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 indicativo 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 sugerido 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 3.

1.3 Método prescriptivo para el ahorro de energía

La Tabla 54 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro indicativo para la Vivienda de interés prioritario, estas medidas están tomadas del paquete simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro sugerido para la tipología.

Tabla 54. Medidas requeridas método prescriptivo para viviendas de interés prioritario

| 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 |

Fuente: elaboración propia

La descripción de cada medida se encuentra en el Anexo 2 y debe documentarse en el formato de cumplimiento del Anexo 3 que también incluye los siguientes documentos de soporte:

1. Cálculo que demuestre cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
2. Cálculos de iluminación natural.
3. Planos arquitectónicos.

1.4 Método prescriptivo para el ahorro de agua

La Tabla 55 muestra las medidas requeridas que se sugieren en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Vivienda de interés prioritario.

Tabla 55. Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de Viviendas de interés prioritario

| Medida | Ítem | Parámetro |
|--|------------|----------------|
| Accesorios eficientes: Ducha | Ducha | 6 lpm a 80 PSI |
| Accesorios eficientes: Sanitario ahorrador | Sanitario | 3,8 lpd |
| Accesorios eficientes: Grifo de lavaplatos | Lavaplatos | 6 lpm a 60 PSI |
| Accesorios eficientes: Grifo de lavamanos | Lavamanos | 6 lpm a 60 PSI |

Fuente: elaboración propia

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción de cada medida se encuentra en el Anexo 2 y deberá documentarse en el formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo 3 que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto en la que se indique el consumo.

2 Vivienda de Interés Social (VIS)

2.1 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 seis 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 VIS⁴ atendiendo a la ecuación 1:

$$LBA = LB * FA[\text{Eq. 1}]$$

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 56 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.

⁴ 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.

Tabla 56. 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 57 si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla. |
| Sección 5. Envoltente 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 (<i>Building Area Method</i>) con el valor mostrado en la Tabla 56. |
| 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 57 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 (<i>Building Area Method</i>) con el valor mostrado en la Tabla 57. La ocupación debe ser la misma del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 57. |
| 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 56, se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la Tabla 57, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 57. 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 ⁵ 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 sugerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro sugerido, buscar nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro indicativo 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

⁵ Ahorro estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

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 3.

2.2 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 58 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 58 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 58. 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.

$$CD = P * CA * F \text{ [Eq. 6]}$$

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 m³/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\text{Volumen} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) \times \text{No.} \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = \text{Volumen anual propuesto} \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

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 identificado.

$$CD = P * CA * t * F \text{ [Eq. 8]}$$

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 m³/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \text{Volumen} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) \times \text{No.} \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = \text{Volumen anual propuesto} \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \text{ [Eq. 9]}$$

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 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 VIS⁶ 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 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 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.

⁶ 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 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.

$$A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\% \text{ [Eq. 10]}$$

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 sugerido 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 sugerido 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 3.

2.3 Método prescriptivo para el ahorro de energía

La Tabla 59 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro indicativo para la Vivienda de interés social, estas medidas están tomadas del paquete simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro indicativo para la tipología.

Tabla 59. Medidas requeridas método prescriptivo para viviendas de interés social

| Medida | Ítem | Parámetro |
|---|----------------------------------|---|
| LED para interiores | Luminarias tipo LED | 5,45 W/m ² |
| 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 |

Fuente: elaboración propia

La descripción de cada medida se encuentra en el Anexo 2 y debe documentarse en el formato de cumplimiento del Anexo 3 que también incluye los siguientes documentos de soporte:

1. Cálculo que demuestre cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
2. Cálculos de iluminación natural.
3. Planos arquitectónicos.

4. Planos de iluminación y control de iluminación, memorias de cálculo, fichas técnicas y especificaciones.

2.4 Método prescriptivo para el ahorro de agua

La Tabla 60 muestra las medidas sugeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Vivienda de interés social.

Tabla 60. Medidas de agua sugeridas para el método prescriptivo de Viviendas de interés social.

| Medida | Ítem | Parámetro |
|---|------------|------------------|
| 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 |

Fuente: elaboración propia

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción de cada medida se encuentra en el Anexo 2 y deberá documentarse en el formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo 3 que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto en la que se indique el consumo.

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

3 Vivienda de Interés Prioritario (VIP)

3.1 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 seis 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 VIP⁷ atendiendo a la ecuación 1:

$$LBA = LB * FA \text{ [Eq. 1]}$$

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 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 61 resume la metodología que debe seguir el proyecto en cuanto a los parámetros de

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.

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 61. 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 62. 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 (<i>Building Area Method</i>) con el valor mostrado en la Tabla 62. |
| 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 62 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 (<i>Building Area Method</i>) con el valor mostrado en la Tabla 62. La ocupación debe ser la que tendrá del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 62. |
| 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 61, se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación del proyecto debe referirse a la Tabla 62, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 62. 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 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 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 sugerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro indicativo, se recomienda busca nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

⁸ Ahorro 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 sugerido 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.

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 63 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 63 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 63. 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.

$$CD = P * CA * F \text{ [Eq. 6]}$$

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 m³/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\text{Volumen} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) \times \text{No. días}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = \text{Volumen anual propuesto} \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

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.

$$CD = P * CA * t * F \text{ [Eq. 8]}$$

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 m³/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \text{Volumen} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) \times \text{No.} \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = \text{Volumen anual propuesto} \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \quad [\text{Eq. 9}]$$

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 VIP⁹ 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

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 de la NTC 1500 y el paquete primario de las prácticas tradicionales.

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.

$$A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\% \text{ [Eq. 10]}$$

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 sugerido 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 sugerido por este Protocolo.

3.3 Método prescriptivo para el ahorro de energía

La Tabla 64 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro indicativo para la Vivienda de interés prioritario, estas medidas están tomadas del paquete simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro sugerido para la tipología.

Tabla 64. Medidas requeridas método prescriptivo para viviendas de interés prioritario

| 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 |

Fuente: elaboración propia

La descripción de cada medida se encuentra en el Anexo 2 y debe documentarse en el formato de cumplimiento del Anexo 3 que también incluye los siguientes documentos de soporte:

1. Cálculo que demuestre cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
2. Cálculos de iluminación natural.
3. Planos arquitectónicos.

3.4 Método prescriptivo para el ahorro de agua

La Tabla 65 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Vivienda de interés prioritario.

Tabla 65. Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de Viviendas de interés prioritario

| Medida | Ítem | Parámetro |
|--|------------|-----------------|
| Accesorios eficientes: Ducha | Ducha | 6 lpm a 80 PSI |
| Accesorios eficientes: Sanitario ahorrador | Sanitario | 6lpd |
| Accesorios eficientes: Grifo de lavaplatos | Lavaplatos | 8.3lpm a 60 PSI |
| Accesorios eficientes: Grifo de lavamanos | Lavamanos | 8.3lpm a 60 PSI |

Fuente: elaboración propia

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción de cada medida se encuentra en



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE PLANEACIÓN

el Anexo 2 y deberá documentarse en el formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo 3 que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto en la que se indique el consumo.

4 Vivienda de Interés Social (VIS)

4.1 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 seis 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 VIS¹⁰ atendiendo a la ecuación 1:

$$LBA = LB * FA[\text{Eq. 1}]$$

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 66 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 66. Resumen de metodología caso de diseño Vivienda VIS

¹⁰ 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 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 67 si el proyecto cuenta con una mejor referencia también puede usarla. |
| Sección 5. Envoltente 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 (<i>Building Area Method</i>) con el valor mostrado en la Tabla 67. |
| 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 67 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 (<i>Building Area Method</i>) con el valor mostrado en la Tabla 67. La ocupación debe ser la misma del proyecto o en su defecto la referenciada en la Tabla 67. |
| 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 66, se advierte que en caso de que el proyecto no conozca alguno de los parámetros de operación debe referirse a la Tabla 67, que contiene un listado de parámetros sugeridos.

Tabla 67. 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 ¹¹ 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 sugerido por este Protocolo.

Paso 5. Si no se logra el ahorro indicativo, buscar nuevas medidas de eficiencia hasta lograr lo esperado

En el caso de que el proyecto no logre alcanzar el ahorro sugerido 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.

¹¹ Ahorro estimado en el estudio de *Bases técnicas para el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015*.

4.2 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 68 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 68 de parámetros sugeridos para el cálculo del desempeño en consumo del agua.

Tabla 68. 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.

$$CD = P * CA * F \text{ [Eq. 6]}$$

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 m³/año, por lo que se debe hacer la conversión como se muestra en la ecuación 7.

$$\frac{\text{Volumen} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) \times \text{No.} \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = \text{Volumen anual propuesto} \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \text{ [Eq. 7]}$$

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 identificado.

$$CD = P * CA * t * F \text{ [Eq. 8]}$$

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 m³/año usando la ecuación 9.

$$\frac{\sum \text{Volumen} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) \times \text{No.} \frac{\text{días}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = \text{Volumen anual propuesto} \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \text{ [Eq. 9]}$$

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 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 VIS¹² 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 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 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 $(100 - \% \text{ de ahorro dado por el proveedor del variador de velocidad})$ 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

¹² 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.

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.

$$A_a = \frac{VLBA - VACD}{VLBA} \times 100\% \text{ [Eq. 10]}$$

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 sugerido 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 sugerido por este Protocolo.

4.3 Método prescriptivo para el ahorro de energía

La Tabla 69 muestra el listado de medidas requeridas para el cumplimiento del ahorro indicativo para la Vivienda de interés social, estas medidas están tomadas del paquete simulado en este estudio a través del cual se determinó el ahorro sugerido para la tipología.

Tabla 69. Medidas requeridas método prescriptivo para viviendas de interés social

| Medida | Ítem | Parámetro |
|--------|------|-----------|
|--------|------|-----------|

| | | |
|---|----------------------------------|---|
| LED para interiores | Luminarias tipo LED | 5,45 W/m ² |
| 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 |

Fuente: elaboración propia

La descripción de cada medida se encuentra en el Anexo 2 y debe documentarse en el formato de cumplimiento del Anexo 3 que también incluye los siguientes documentos de soporte:

1. Cálculo que demuestre cumplimiento con lo requerido por ASHRAE 62.1 2016 o norma equivalente.
2. Cálculos de iluminación natural.
3. Planos arquitectónicos.
4. Planos de iluminación y control de iluminación, memorias de cálculo, fichas técnicas y especificaciones
5. Método prescriptivo para el ahorro de agua

4.4 Método prescriptivo para el ahorro de agua

La Tabla 70 muestra las medidas requeridas que deben cumplirse en el método prescriptivo de ahorro de agua para la tipología Vivienda de interés social.

Tabla 70. Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de Viviendas de interés social.

| Medida | Ítem | Parámetro |
|---|------------|-----------------|
| Accesorios eficientes: Ducha | Ducha | 6 lpm a 80 PSI |
| Accesorios eficientes: Sanitario ahorrador | Sanitario | 6lpd |
| Accesorios eficientes: Grifería de lavaplatos | Lavaplatos | 8.3lpm a 60 PSI |
| Accesorios eficientes: Grifo de lavamanos | Lavamanos | 8.3lpm a 60 PSI |

Fuente: elaboración propia

Los requerimientos indicados son consumos máximos. Dependiendo del proyecto se sugiere instalar aparatos más eficientes. La descripción de cada medida se encuentra en



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE PLANEACIÓN

el Anexo 2 y deberá documentarse en el formato de cumplimiento que se encuentra en el Anexo 3 que también incluye los siguientes documentos de soporte:

- Fichas técnicas de los aparatos sanitarios utilizados en el proyecto en la que se indique el consumo.