



Protocolo de modelación
energética

CASA Colombia Versión 3



Este protocolo debe utilizarse de la mano con el estándar ASHRAE 90.1 de 2016. La numeración de tablas y el uso de siglas es consistente con el estándar. El protocolo proporciona unas directrices que están diseñadas para complementar los procedimientos en la norma ASHRAE 90.1 – 2016, apéndice G, con el interés de proporcionar aclaración y consistencia en el proceso de modelación.

Es necesario aclarar que **la información del diseño propuesto debe ser consistente con la documentación de los demás lineamientos a lo largo del proceso CASA Colombia.**

El presente Protocolo de modelación energética fue desarrollado por Green Loop LTDA para el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) quien es el propietario exclusivo de esta creación intelectual.

Software de simulación

Todos los proyectos CASA deben utilizar un software de simulación que cumpla los requisitos de la norma ASHRAE 90.1 – 2016, sección G2.2. Esto incluye la capacidad de realizar simulaciones horarias, teniendo en cuenta variaciones en la ocupación, la iluminación, ajustes del termostato, etc.

La norma ASHRAE 90.1 – 2016G2.2 incluye varias estipulaciones para el software de simulación. La sección G2.2.1 requiere que un programa de simulación cualificado modele explícitamente todo lo siguiente:

- 8,760 horas al año;
- Variaciones horarias en la ocupación, la potencia de la iluminación, potencia de equipos diversos, puntos de ajuste de termostatos y el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado;
- Efectos de masa térmica;
- 10 o más zonas térmicas;
- Curvas de rendimiento con carga parcial para equipos mecánicos;
- Curvas de corrección de capacidad y eficiencia para equipos mecánicos de calefacción y refrigeración;
- Economizadores de aire con control integrado; y
- Características básicas de diseño del edificio especificadas en la norma ASHRAE 90.1 – 2016, sección G3.

El software de modelación cualificado y de uso común para la norma ASHRAE 90.1 – 2016 incluye, entre otros, los siguientes programas de modelación basados en DOE – 2 (eQuest, EnergyPro, VisualDOE), HAP, TRACE, VisualDOE, EnergyPro, EnergyGauge, y EnergyPlus.

Consulte la documentación de presentación para conocer los requisitos específicos de un subconjunto de diferentes programas informáticos.

Directrices de simulación residencial

Esta sección proporciona directrices de modelación obligatorias para proyectos multifamiliares. Estas directrices están diseñadas para complementar los procedimientos en la norma ASHRAE 90.1 – 2016, apéndice G, con el interés de proporcionar aclaración y consistencia en el proceso de modelación.

Tabla 2.3.1 Directrices de simulación para proyectos multifamiliares	
Diseño propuesto	Linea Base
Envolvente del edificio	
Los componentes de la envolvente de diseño propuesto deben reflejar el valor U del ensamble completo, teniendo en cuenta los puentes térmicos. El apéndice A del estándar ASHRAE 90.1-2016 debe ser usado para determinar las propiedades térmicas de la envolvente de diseño propuesta.	Los requisitos sobre envolventes residenciales de la norma ASHRAE 90.1 – 2016 o de la tabla 5.5 se aplican sólo a unidades de vivienda. Pasillos, escaleras, vestíbulos y otros espacios residenciales asociados (pero no residenciales) pueden considerarse 'no-residenciales'.
Todos los retrocesos de fachada o penetraciones en fachada, incluyendo las de los balcones se tendrán en cuenta en el valor U del conjunto. Consulte el manual de usuario de la norma ASHRAE 90.1 – 2016 para más información.	
Si están presentes, todas las penetraciones de la envolvente HVAC (por ejemplo, penetraciones de PTAC/PTHP o equipos de aire acondicionado) serán modeladas con el factor U requerido en la norma 90.1 – 2016 o tabla 5.5 para ventanería.	El factor U de la envolvente no se ajustará para tener en cuenta las penetraciones de la envolvente de HVAC.
	Las puertas del diseño propuesto que tengan más del 50% de cristal serán tratadas como una ventana vertical en el diseño básico. Las puertas del diseño propuesto que tengan un 50% o menos de cristal serán tratadas como puertas opacas en el diseño básico.
Iluminación	

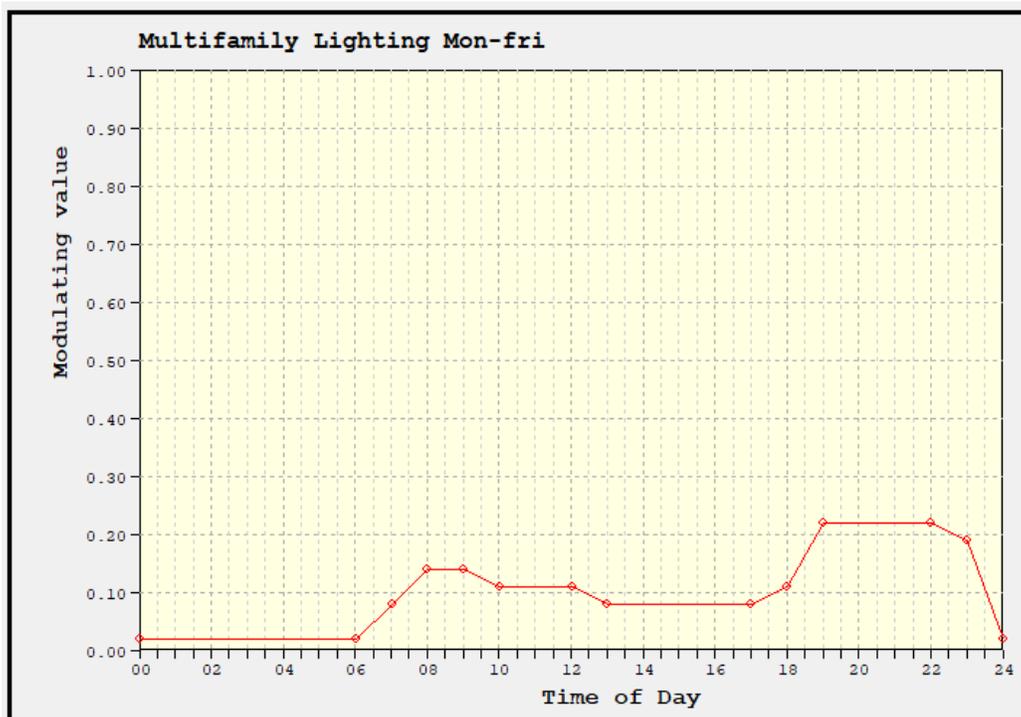
<p>El alumbrado interior se incluirá en los cálculos de clasificación de eficiencia y serán basados en las instalaciones de alumbrado cableado.</p> <p>Sólo podrá solicitarse un crédito de ahorro de energía por densidad de potencia reducida sólo si las luminarias son capaces de alcanzar los niveles de iluminación recomendados para el tipo de espacio dado, según el Manual de Iluminación IESNA. Para áreas sin alumbrado cableado, o áreas que no alcancen los niveles de iluminación del Manual IESNA, la densidad de potencia de iluminación se fijará igual a la densidad de potencia de iluminación del diseño básico.</p> <p>La potencia de iluminación modelada debe incluir la potencia consumida tanto por los balastos como por las bombillas.</p>	<p>El alumbrado no se incluirá en los cálculos de clasificación de eficiencia, y la densidad de potencia de iluminación del diseño básico se fijará como 9,69 W/m².</p>
<p>Los espacios de las unidades de vivienda serán modelados como iluminados durante 2-3 horas por día. Pasillos, escaleras y vestíbulos se modelarán como iluminados las 24 horas del día. Otros espacios serán modelados como iluminados para reflejar los requisitos de control automático de la norma 90.1 - 2016, sección 9.4.1. Se recomienda, pero no se requiere, que los modeladores usen las programaciones determinadas de la norma ASHRAE para estos otros espacios no unitarios.</p> <p>La iluminación del garaje se modelará como encendida durante 18 horas equivalentes a plena carga por día, para reflejar los requisitos de control de iluminación de garajes de la norma 90.1 - 2016, sección 9.4.1.3</p>	<p>Los horarios de iluminación se fijarán iguales a los del diseño básico.</p>

El crédito para dispositivos de control automático se reflejará en los cálculos de densidad de potencia de iluminación del diseño propuesto, (no en los horarios), de acuerdo con lo siguiente:

- Pasillos- reducción de ajuste de potencia del 25%
- Escaleras- reducción de ajuste de potencia del 35%
- Vestíbulos- reducción de ajuste de potencia del 10%
- Todos los demás -Utilizar las reducciones de ajuste de potencia de la norma 90.1 -2016, tabla G3.2.

No se deben realizar ajustes para espacios donde los controles de iluminación ya son requeridos por la norma 90.1 - 2016. El crédito solo está disponible para sensores que reduzcan la iluminación a potencia cero dentro de los 30 minutos posteriores a que todos los ocupantes abandonen la zona.

No se deben realizar ajustes en los horarios ni en los valores de densidad de potencia de iluminación basados en función de los controles de iluminación.



Iluminación exterior	
La iluminación exterior se divide en asignaciones “tradable” y “non tradable”. No se pueden obtener créditos por reducción de iluminación en superficies “non tradable”.	En la línea base no se puede solicitar una asignación de potencia de iluminación para superficies que no están provistas con iluminación en el diseño propuesto, y las asignaciones no se pueden contar dos veces para diferentes superficies exteriores que se superponen (por ejemplo, pasarelas a través de áreas de parqueadero descubiertas).
La iluminación de la fachada y del paisaje se modelará como encendida durante no más de 6 horas al día, para reflejar la norma ASHRAE 90.1 - 2016, sección 9.4.1.7, parte (b). Toda la iluminación exterior restante se modelará como encendida durante 6 horas al día al 70% de potencia y no más de 6 horas al día a plena potencia, para reflejar los requisitos de la norma 90.1 - 2016, sección 9.4.1.7.	Los horarios de iluminación se fijarán iguales a los del diseño.
Si se especifican balcones privados con iluminación, estos se modelarán como encendidos durante 2-3 horas al día, de igual forma que los espacios multifamiliares.	Los balcones privados se modelarán usando el mismo horario usado en el diseño propuesto. Los balcones privados pueden ser definidos como “tradable”, usando "Otras puertas", o pueden tratarse como “non tradable”, usando "Fachadas del edificio".
HVAC	
	Para los espacios dentro del diseño propuesto que tengan calefacción eléctrica, pero precalentamiento con gas natural del aire exterior, se considera que tienen un sistema de calefacción híbrida fósil/eléctrica para los fines de la tabla G3.1.1A.
	Los espacios residenciales asociados (es decir, pasillos, escaleras, vestíbulos, espacios de ocio y otros espacios que sirven principalmente a los residentes) pueden considerarse como zona no residencial o zona residencial al determinar la aplicabilidad de la sección G3.1.1, excepción (a). Si el área total no residencial es menor a 6096 m ² cuadrados, los espacios no residenciales se modelarán con el mismo tipo de sistema HVAC (sistema 1 o 2) que los espacios de la unidad de vivienda.

	<p>Si el espacio es clasificado como residencial, los espacios residenciales asociados que tengan una fuente de calefacción diferente de la de los espacios de la unidad de vivienda que excedan el área de 6096 m² o superficie del edificio según la excepción (a) de la sección G3.1.1, se modelarán con el tipo de sistema residencial apropiado (Sistema 1 o 2), según la tabla G3.1.1A.</p> <p>Si los espacios no residenciales (por ejemplo, oficinas, comercios) del edificio satisfacen la excepción (a) de la norma 90.1 - 2016, sección G3.1.1, estas áreas se modelarán con el sistema no residencial apropiado (Sistemas 3-8), según la tabla G3.1.1A.</p>
<p>Se fijarán los siguientes valores para los espacios de unidades de vivienda:</p> <p>Calefacción: 12-9 am: Según Confort Adaptativo o Setpoint Aire Acondicionado (PMV); 9am-3pm: Según Confort Adaptativo - 2 °C o Setback Aire Acondicionado (PMV); 3pm-12am: Según Confort Adaptativo o Setpoint Aire Acondicionado (PMV).</p> <p>Refrigeración: 12-9am: Según Confort Adaptativo o Setpoint Aire Acondicionado (PMV); 9am-3pm: Según Confort Adaptativo + 2°C o Setback Aire Acondicionado (PMV); 3pm-12am: Según Confort Adaptativo o Setpoint Aire Acondicionado (PMV).</p>	<p>Los valores para fijar para calefacción y refrigeración serán iguales a los valores propuestos en el diseño</p>
<p>El índice HSPF para unidades de bombas de calor empaquetadas menores a 65.000 Btu/h (19 kW) tienen en cuenta la operación eléctrica auxiliar. Las curvas de eficiencia de las bombas de calor usadas en el modelo deben reflejar los índices de las bombas de calor contabilizando el funcionamiento simultaneo de la resistencia eléctrica y los elementos de la bomba de calor por debajo de 4,44 °C.</p>	<p>De acuerdo con la sección G3.1.3.1, para los diseños básicos con el Sistema 2 (PTHP) o el Sistema 4 (PSZ-HP), la calefacción auxiliar se activará solo cuando la temperatura del aire exterior sea inferior a 4,44 °C.</p> <p>Bajo 4,44 °C, la bomba de calor y la calefacción auxiliar se modelarán para funcionar juntas, con el compresor como máquina principal. La bomba de calor debe ajustarse para que se desconecte cuando el</p>

	aire exterior descienda por debajo de $-8,33^{\circ}\text{C}$ para el sistema tipo 4 (bomba de calor empaquetada), o por debajo de $1,67^{\circ}\text{C}$ para el sistema tipo 2 (bomba de calor terminal empaquetada).
<p>No se debe tomar ningún crédito de rendimiento o ajustes al modelo para reflejar las mejoras en el sistema de distribución de diseño propuesto (tuberías o conductos), a menos o hasta que CCCS dé la aprobación explícita.</p> <p>Si es necesario, usar la siguiente conversión de SEER a EER:</p> <ul style="list-style-type: none"> $\text{EER} = -0,026 \times \text{SEER}^2 + 1,15 \times \text{SEER}$ <p>Si es necesario, usar las siguientes conversiones de eficiencia de calefacción:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bomba de calor: $\text{COP} = 1,48 \times 10^{-7} \times \text{COP}_{47} \times Q + 1,062 \times \text{COP}_{47}$ Otros sistemas: $\text{COP} = -0,0296 \times \text{HSPF}^2 + 0,7134 \times \text{HSPF}$ 	Usar los valores de EER y COP de la norma 90.1, sección 6.

Ventilación e Infiltración	
<p>La tasa de aire exterior modelada será igual a la suma de las tasas de infiltración y ventilación mecánica.</p> <p>Las tasas de infiltración medidas (es decir, fugas en envolvente) no se utilizan. Se pueden utilizar las tasas de infiltración predeterminadas de la herramienta de software.</p>	La tasa de infiltración será igual a la tasa usada en el diseño propuesto.
<p>La tasa de ventilación mecánica tendrá en cuenta tanto los ventiladores de toda la casa como los extractores locales (ventiladores de baño y cocina), y reflejará la capacidad de los ventiladores y los programas de control especificados. Si no está especificado, se debe asumir que los ventiladores de extracción locales deben funcionar 2 horas al día (o se puede convertir a un tiempo de ejecución equivalente a 24</p>	La tasa de ventilación mecánica del diseño básico se modelará igual a las tasas permitidas por la norma ASHRAE 62.2 (en unidades de vivienda) o 62.1 (fuera de unidades de vivienda), o con los códigos locales aplicables, el que sea más estricto. Esto supone una penalización para los diseños propuestos que sobre ventilen.

<p>horas si se combina con la unidad de ventilación completa).</p>	
<p>Los controles requeridos por la norma ASHRAE 90.1 - 2016, sección 6.4.3.4 (disposición obligatoria) deberán estar representados en el modelo.</p> <p>Por ejemplo, según la sección 6.4.3.4.2, los sistemas de suministro y extracción de aire exterior deberán estar equipados con compuertas motorizadas para que se cierren automáticamente cuando los sistemas o espacios no estén en uso.</p> <p>Esto se reflejará de manera que las tasas de aire exterior en espacios comunes aplicables (por ejemplo, salas comunitarias, oficinas, lavanderías) sean nulas durante los períodos de cero ocupaciones, a menos que la documentación complementaria respalde que la ventilación durante los períodos desocupados reduce el coste energético o es exigida por la normativa local.</p>	<p>Los horarios de ventilación mecánica deben ser iguales a los utilizados en el diseño propuesto, a menos que se cumpla la siguiente excepción:</p> <ul style="list-style-type: none"> El diseño propuesto incluye ventilación de control de demanda (ver el Apéndice G) que este aprobado por CCCS. Nota: la ventilación de extracción en cocinas y baños con control manual o enclavada con un interruptor de iluminación no se considera control de ventilación por demanda.
<p>Ventiladores</p>	
<p>En el diseño propuesto, todos los ventiladores (unidad de tratamiento de aire, ventilación, extracción, etc.) se modelarán utilizando las especificaciones reales de los equipos y las condiciones y parámetros del proyecto.</p> <p>Nota: los sistemas de ventilación con recuperación de calor y energía tienden a aumentar la caída de presión en los conductos, lo que conlleva un mayor consumo de energía del ventilador. Este aumento deberá modelarse explícitamente en la propuesta de diseño propuesto, según proceda.</p>	<p>Los ventiladores PTAC/PTHP que sirvan a unidades de vivienda se modelarán para funcionar de forma continua. La potencia del ventilador está determinada por la norma 90.1, sección G3.1.2.10; la potencia de los ventiladores PTAC/PTHP se modelará como 0,3 W/CFM.</p> <p>Las campanas extractoras de hasta 500 CFM se modelarán en el diseño básico como 0,43 W/CFM. Los ventiladores de baños y servicios públicos (más de 80 CFM) se modelarán en el diseño básico como 0,43 W/CFM. Los ventiladores de baños y servicios públicos más pequeños (80 CFM y menos) se modelarán en el diseño básico como 0,83 W/CFM.</p> <p>Se debe omitir el uso de energía del ventilador asociado con el sistema de diseño propuesto de la unidad completa de ventilación; se supone que el ventilador</p>

	<p>continuo PTAC/PTHP funciona como el sistema de ventilación 'de facto' en el diseño básico.</p> <p>No se modelará la recuperación de calor o energía.</p>
<p>Los ventiladores de impulsión y extracción que se instalen que no sean para proporcionar ventilación a toda la unidad, como los extractores locales de baños y cocinas, ventiladores de aire de reposición de lavanderías, extracción de cuartos de basura, etc. se modelarán como cargas de proceso.</p> <p>Los ventiladores de cocina y baño que se activan con controles manuales o enclavados con interruptores de iluminación (es decir, que no funcionen de forma continua ni se utilicen para cumplir los requisitos de ventilación de toda la casa de la norma 62.2), deben ser modelados para funcionar durante 2 horas al día.</p>	<p>Los ventiladores de impulsión y extracción que no sean para proporcionar ventilación a toda la unidad, se modelarán como cargas de proceso, y seguirán los mismos horarios usados en el diseño propuesto.</p>
<p>Los garajes de al menos 2787,0912 m² y/o que incluyan cualquier calefacción o refrigeración, se modelarán con tiempos de ventilación de 8,4 horas al día (para reflejar los requisitos de la norma 90.1 - 2016, Sección 6.4.3.4.5). La potencia del ventilador del garaje se calculará basándose en las especificaciones de diseño.</p> <p>Los garajes de 2787,0912 m² o menos que no incluyan calefacción o refrigeración, se modelarán con tiempos de ventilación de 24 horas al día. Si el diseño propuesto incluye sensores de contaminantes que cumplan los requisitos de la norma 90.1 - 2016, sección 6.4.3.4.5, existen las siguientes opciones: Opción 1: Modelar el diseño básico con un ventilador de garaje con potencia de 0,30 W/CFM, un horario de 24 horas al día y una tasa de aire de 8,07 CFM/m². Modelar el diseño propuesto con un ventilador de garaje con potencia basada en las especificaciones de</p>	<p>Los garajes de al menos 2787,0912 m² y/o que incluyan cualquier calefacción o refrigeración, se modelarán con tiempos de ventilación de 8,4 horas al día (para reflejar los requisitos de la norma 90.1 - 2016, Sección 6.4.3.4.5); la potencia del ventilador de garaje se modelará igual a la potencia del ventilador de garaje del diseño propuesto.</p> <p>Los garajes de 2787,0912 m² o menos que no incluyan calefacción o refrigeración, se modelarán con tiempos de ventilación de 24 horas al día. Si el diseño propuesto incluye sensores de contaminantes que cumplan los requisitos de la norma 90.1 - 2016, sección 6.4.3.4.5, existen las siguientes opciones: Opción 1: Modelar el diseño básico con un ventilador de garaje con potencia de 0,30 W/CFM, un horario de 24 horas al día y una tasa de aire de 8,07 CFM/m². Modelar el diseño propuesto con un ventilador de garaje con potencia basada en las especificaciones de</p>

<p>diseño, un horario de 8,4 horas/día y una tasa de aire basado en los diseños propuestos.</p> <p>Opción 2: Modelar tanto el diseño básico como el propuesto con la misma potencia del ventilador del garaje (W/CFM) y las mismas tasas de aire del ventilador (CFM/m²), basados en las especificaciones de diseño. Modelar tanto el diseño básico como el propuesto con un horario de 8,4 horas/día.</p>	<p>diseño, un horario de 8,4 horas/día y una tasa de aire basado en los diseños propuestos.</p> <p>Opción 2: Modelar tanto el diseño básico como el propuesto con la misma potencia del ventilador del garaje (W/CFM) y las mismas tasas de aire del ventilador (CFM/m²), basados en las especificaciones de diseño. Modelar tanto el diseño básico como el propuesto con un horario de 8,4 horas/día.</p>
<p>Agua Caliente Domestica</p>	
<p>El consumo de agua caliente asociado a las unidades de vivienda se determinará de acuerdo con la metodología de cálculo excepcional detallada en la sección “Cálculos excepcionales típicos”. La reducción del uso de agua caliente puede reflejarse en el diseño propuesto, según esa metodología, para cabezales de ducha de bajo flujo, grifos de bajo flujo, lavavajillas, lavadoras de ropa. Los resultados del cálculo excepcional se deben convertir a valores horarios dentro del modelo, usando el perfil de carga horaria apropiado según lo recomendado por la herramienta de software de modelado energético.</p>	<p>El consumo de agua caliente asociado a las unidades de vivienda se determinará de acuerdo con la metodología de cálculo excepcional detallada en la sección "Cálculos excepcionales típicos".</p>
<p>Si un sistema de recirculación de agua caliente está presente en el diseño propuesto, debe estar representado (junto con las bombas asociadas y la energía de la bomba) en el modelo; No se puede otorgar ningún crédito.</p>	<p>Igual al diseño propuesto.</p>
<p>Se fijará un punto de agua caliente capaz de suministrar agua a 48,89 °C en el punto de uso.</p>	<p>Se fijarán puntos de agua calientes iguales a los utilizados en el diseño propuesto.</p>
<p>Tomas de corriente y otras cargas conectadas</p>	
<p>Los lavavajillas, lavadoras y secadoras de ropa no se incluirán si no se especifican en el proyecto.</p>	<p>El número de lavavajillas, lavadoras y secadoras de ropa debe coincidir con los del diseño propuesto.</p>

<p>El uso de energía de la toma de corriente de la unidad de vivienda sin iluminación se determinará según la metodología resaltada en la sección de “Cálculos excepcionales típicos”. La reducción del uso de energía de las tomas de corriente puede verse reflejada en el diseño propuesto, según la metodología, para el uso de electrodomésticos sujeto a cumplimiento de categorías A RETIQ o ENERGY STAR. Los resultados del cálculo excepcional se convertirán a las entradas del modelo adecuadas (por ejemplo, W/m²) en función de los horarios correspondientes que se utilicen.</p> <p>El uso de energía de las tomas de corriente fuera de las unidades de vivienda - incluyendo las cocinas de áreas comunes- debe tenerse en cuenta en el modelo. El apéndice de Cálculos excepcionales requeridos para Proyectos Residenciales prescribe la carga de enchufe para los espacios fuera de la unidad.</p>	<p>El uso de energía de la toma de corriente de la unidad de vivienda sin iluminación se determinará según la metodología resaltada en la sección de “Cálculos excepcionales típicos”.</p> <p>El uso de energía de las tomas de corriente fuera de las unidades de vivienda- incluyendo las cocinas de áreas comunes- debe tenerse en cuenta en el modelo. El apéndice de Cálculos excepcionales requeridos para Proyectos Residenciales prescribe la carga de enchufe para los espacios fuera de la unidad.</p>
<p>Determinar los equipos presentes en la vivienda o con un mayor detalle (el nivel de detalle dependerá del consultor)</p> <p>Equipos mínimos vivienda VIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refrigeradores • Lavadoras de ropa • Cocina a gas /eléctrica • Cargas de enchufe <p>Equipos mínimos vivienda NO VIS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refrigeradores • Lavadoras de ropa • Cocina a gas /eléctrica • Secadora • Cargas de enchufe <p>Las fracciones de carga (sensible/latente) para los electrodomésticos serán las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refrigeradores: (1,00 / 0,00) • Lavavajillas: (0,60 / 0,15) 	<p>Igual al diseño propuesto.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Lavadoras de ropa: (0,80 / 0,00) • Cocina eléctrica: (0,40 / 0,30) • Cocina a gas: (0,30 / 0,20) • Secadoras eléctricas: (0,15 / 0,05) • Secadoras de ropa a gas – carga eléctrica: (1,00 / 0,00) • Secadoras de ropa a gas – carga de gas: (0,15 / 0,05) • Cargas de enchufe de la unidad de vivienda: (0,90 / 0,10) • Cargas de enchufe que no hacen parte de la unidad de vivienda (1,00 / 0,00) 	
<p>Todos los ascensores especificados en el proyecto se incluirán en el modelo, y el uso de energía asociado se determinará se determinará utilizando la metodología de la sección "Cálculos Cálculos excepcionales".</p> <p>El 10% del consumo de energía de los ascensores se añadirá a las ganancias de calor del espacio.</p>	<p>Para cumplir con el procedimiento de evaluación y emisión de certificados que permitan acceder a los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014, los ascensores en categoría B deben cumplir con la norma ISO 25745-2. Es necesario especificar la marca, modelo o referencia del equipo para verificar que cumple con los estándares de calidad y seguridad exigidos.</p>

Cálculos excepcionales requeridos para Proyectos Residenciales

Se espera que todos los proyectos proporcionen ciertos cálculos excepcionales, que deben cumplir con las Pautas de Simulación Residencial. Estos incluyen:

- Densidad de potencia de iluminación: Se debe mostrar la densidad de potencia de iluminación del diseño propuesto para los diferentes tipos de espacios, usando una hoja de cálculo o similar que identifique recuentos de mobiliario, vatajes (incluyendo bombilla y balasto), crédito para controles de iluminación, etc.
- Consumo de agua caliente: El modelador debe completar las entradas del Calculador de Rendimiento Energético Mínimo para el consumo de agua caliente sanitaria de servicios multifamiliares para el diseño básico y el diseño propuesto. Los cálculos del uso de agua caliente en la unidad que se proporcionan en el calculador son coherentes con los descritos en la sección 2 y detallados en el apéndice de Cálculos excepcionales requeridos para Proyectos Residenciales de este manual.
- Uso de tomas de corriente: El modelador debe completar las entradas de la calculadora de Rendimiento Energético Mínimo para el uso de energía de la toma de corriente, tanto en el diseño básico como en el diseño propuesto. Los cálculos del uso de energía en la toma de corriente de la unidad y el uso de energía de carga de enchufe de área común en la calculadora son coherentes con la metodología descrita en la Sección 2 y detallada

en el Apéndice B, Sección B.2 de este manual. Asegúrese de que los horarios de los modelos de energía para los equipos sean modelados como se indica en el Calculador de Rendimiento Energético Mínimo.

- Uso energético del ascensor: El modelador debe presentar cálculos relacionados con el uso de energía del ascensor, siguiendo la metodología descrita en la Sección 2 y detallada en el apéndice de Cálculos excepcionales requeridos para Proyectos Residenciales de este manual.

También pueden ser necesarios cálculos excepcionales adicionales, si el equipo del proyecto está buscando un crédito para medidas o estrategias que no estén explícitamente permitidas o prescritas por en la norma ASHRAE 90.1 o estas Directrices de Simulación.

Control de calidad

A continuación, se ofrece una visión general de los tipos de control de calidad que el equipo de modelado del proyecto debe realizar:

Entradas del modelo

- Coordinarse con el equipo de diseño del proyecto para garantizar que el diseño propuesto refleje el diseño final, especificaciones, etc. Eliminar o actualizar aspectos del modelo que puedan haber quedado de iteraciones anteriores de los diseños.
- Asegúrese de que todos los espacios y cargas de uso final se tienen en cuenta en el modelo.
- Confirmar que se han incorporado al modelo todos los aspectos de las Directrices de Simulación (véase la Sección 2).
- Confirmar que los elementos de modelación del diseño básico se ajustan a la norma ASHRAE 90.1-2016, y que todas las plantillas, herramientas, etc. utilizadas por el equipo de modelado se han actualizado para reflejar los cambios de la norma ASHRAE 90.1-2007.
- Cuando se utilicen cálculos excepcionales o de apoyo (por ejemplo, densidad de potencia de iluminación (LPD), consumo de agua caliente, consumo de energía de los aparatos), los cálculos siguen una metodología aprobada (véase la sección 2 y el apéndice el apéndice de Cálculos excepcionales requeridos para Proyectos Residenciales) y las entradas del modelo coinciden con los valores calculados.
- Asegurar, según corresponda, que se utilizaron los mismos espacios, superficies, horarios, etc. tanto para el diseño básico como para el diseño propuesto.

Resultados del modelo

- Los valores de consumo y coste de energía indicados en el Calculador coinciden con los resultados de la simulación energética.
- Todos los errores de advertencia o precaución han sido revisados y pueden explicarse.
- Los casos propuestos y/o básicos, no tienen más de 300 horas de carga insatisfecha.

- Verificar que el consumo total de energía, la intensidad del uso de la energía y los costes energéticos son razonables tanto para el diseño de referencia como para el propuesto; compárelos con otros proyectos similares o con fuentes de datos públicas (por ejemplo, CBEC).
- Verificar que el uso energético de las diferentes cargas de uso final parece razonable y coherente en función de la ubicación y los parámetros del proyecto (por ejemplo, si la refrigeración supera con creces a la calefacción en un clima muy frío). Identificar y revisar los valores atípicos o las discrepancias.
- Revisar el índice de ahorro para cada uso final y evaluar si cada uno es defendible dadas las medidas y estrategias energéticas empleadas.
- En caso de que se hayan realizado cálculos de apoyo para estimar los insumos del modelo, confirme que las salidas del modelo corresponden con los cálculos (por ejemplo, si se utilizó una hoja de cálculo para determinar las entradas W/ft² del uso total de energía del dispositivo del edificio, la salida de simulación debe coincidir con las estimaciones de la hoja de cálculo).

Edificios de uso mixto

CASA exige que en el modelo de simulación energética se tengan en cuenta exclusivamente los espacios residenciales, zonas comunes para servicios de los residentes y parqueaderos específicos asociados al uso del proyecto.

En el contexto de CASA, aquellos edificios de uso mixto, que por naturaleza incluyen espacios que no están diseñados principalmente para servir a los residentes (por ejemplo, tiendas, espacios comerciales y oficinas, entre otros), no deben ser incluidos en la modelación, pues el alcance de esta certificación se enfoca en los usos residenciales y todas las zonas de soporte asociadas al uso residencial, tales como salones sociales, parqueaderos, zonas comunes, porterías de acceso, entre otros. Estos últimos sí deben ser incluidos dentro del proceso de modelación, siguiendo todos los parámetros descritos en este protocolo.

Calefacción, ventilación y aire acondicionado en espacios no residenciales

Si las partes no residenciales pero de soporte para la comunidad (por ejemplo, salones sociales, zonas húmedas y recreativas) del edificio cumplen la Excepción (a) de la norma 90.1, sección G3.1.1, estas zonas deberán modelarse con el sistema no residencial apropiado (Sistemas 3-8) de la Tabla G3.1.1A. Alternativamente, si las partes no residenciales del edificio no cumplen la Excepción (a), estas zonas se modelarán utilizando el tipo de sistema de las condiciones predominantes, que en CASA para Viviendas serían los Sistemas residenciales 1 ó 2 de la Tabla G3.1.1A.

Modelación de espacios aún no diseñados

Dentro de CASA, los espacios no residenciales suelen adoptar una de estas dos formas:

1. El espacio no residencial se incluye en el proceso de diseño y planificación. En este caso, los espacios no residenciales se modelarán tal como se diseñen y construyan.

2. El espacio no residencial es un espacio alquilado, y las características energéticas del espacio son indeterminadas a través del diseño y la construcción. En este caso, el espacio no residencial se clasificará como aún no diseñado y sus características energéticas se modelarán como si fueran iguales a las del diseño básico y se seguirán las orientaciones de la norma ASHRAE 90.1-2016, tabla G3.1.

La norma ASHRAE 90.1-2016, tabla G3.1, sección 1, establece que "Cuando el método de evaluación se aplique a edificios en los que aún no se hayan diseñado las características relacionadas con la energía (por ejemplo, un sistema de iluminación), dichas características aún no diseñadas deberán describirse en el diseño propuesto exactamente como están definidas en el diseño básico. Cuando aún no se conozca la clasificación espacial de un espacio, éste se categorizará como espacio de oficina". La tabla G3.1 ofrece orientaciones similares para usos finales específicos, incluyendo iluminación (sección 6), calefacción, ventilación y aire acondicionado (sección 10) y agua caliente sanitaria (sección 11).

Edificios rehabilitados

En el caso de los edificios rehabilitados, el diseño propuesto debe modelarse para reflejar el estado final del edificio tras las reformas y/o mejoras.

La norma ASHRAE 90.1-2016 proporciona algunas orientaciones sobre cómo modelar la envolvente de diseño básico para edificios existentes. La tabla G3.1, parte 5(f), establece que "para las envolventes de edificios existentes, el diseño básico del edificio deberá reflejar las condiciones existentes antes de cualquier revisión que forme parte del alcance del trabajo que se está evaluando".

Este requisito se aplica a las propiedades térmicas y a las superficies de los distintos componentes de la envolvente. Por ejemplo, si el área de la ventana se modifica como parte de la renovación, el área de la ventana anterior a la rehabilitación deberá modelarse en el diseño básico y el área de la ventana posterior a la rehabilitación deberá modelarse en el diseño propuesto. Este requisito no se aplica a la estanqueidad al aire; se debe modelar la misma fuga en el diseño básico y en el propuesto. Esto tampoco debe interpretarse como una exención para cualquier otro requisito CASA relacionado con la envolvente.

La norma ASHRAE 90.1 - 2016, tabla G3.1, parte 5(f) no se aplica para ninguno de los siguientes casos:

1. Nuevas ampliaciones de edificios existentes. Estos espacios deben ser tratados como nueva construcción.
2. Edificios o espacios dentro de edificios que anteriormente no estaban acondicionados y que están siendo renovados para incluir el acondicionamiento de espacios. Estos espacios deben ser tratados como nueva construcción.

3. Espacios que han sufrido un cambio en el tipo de uso (por ejemplo, de no residencial a residencial).
4. Cualquier otra característica de los edificios relacionada con la energía, además de la envolvente del edificio (por ejemplo, equipos, iluminación).

Cálculos Excepcionales Típicos

Consumo de agua caliente

Consumo de agua caliente Línea base

El consumo básico de agua caliente de la unidad de vivienda se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Uso\ Total\ de\ Agua\ Caliente = Uso\ de\ los\ ocupantes + Uso\ de\ Lavavajillas + Uso\ Lavadora$$

- **Uso por persona** = $0,1506\ m^3$ al día ($54,97\ m^3/año$) para la mayoría de los proyectos teniendo en cuenta el consumo de la línea base de griferías. Se puede utilizar un valor inferior cuando se prevea un consumo muy bajo en función de la demografía de los ocupantes. Puede utilizarse un valor superior cuando se prevea un consumo muy elevado en función de la demografía de los ocupantes (por ejemplo, ningún ocupante que trabaje, bajos ingresos).

$$Uso\ por\ ocupante = Uso\ por\ persona * Numero\ de\ habitaciones\ en\ la\ unidad$$

- **Uso de lavavajillas**

$$Uso\ de\ lavavajillas = 4883\ m^3/año * Numero\ de\ lavavajillas\ en\ todas\ las\ unidades$$

- **Uso de lavadoras**

$$Uso\ de\ lavadoras = (9221\ m^3/año * Numero\ de\ lavadoras\ en\ todas\ las\ unidades) + (22345\ m^3 * Numero\ de\ lavadoras\ comunales)$$

Consumo de agua caliente propuesto

El consumo de agua caliente propuesto para la unidad de vivienda se calculará al igual que la línea base mediante la siguiente fórmula:

$$Uso\ Total\ de\ Agua\ Caliente = Uso\ de\ los\ ocupantes + Uso\ de\ Lavavajillas + Uso\ Lavadora$$

- **Uso por persona**

$$Uso\ de\ ocupantes = Uso\ de\ ocupantes\ en\ linea\ base * (0,36 + 0,54 * LFS/2,5 + 0,1 * LFF/2,2)$$

$$LFS = caudal\ nominal\ de\ los\ cabezales\ de\ ducha\ especificados$$

$$LFF = caudal\ nominal\ de\ los\ grifos\ especificados$$

En caso de que un proyecto incluya varios cabezales de ducha o grifos diferentes, utilice un caudal medio ponderado para estos cálculos.

- **Uso de lavavajillas**

Estos equipos pueden ser categorizados como eficientes, por tanto, si el equipo es clasificado categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR, los valores consignados en el etiquetado o ficha técnica pueden ser ajustados en las fórmulas a continuación:

Uso de lavavajillas

$$= (\text{caudal } m^3/\text{año} * \text{Numero de lavavajillas eficientes en todas las unidades}) + (4883 m^3/\text{año} * \text{Numero de lavavajillas no eficientes en todas las unidades})$$

Donde:

Caudal = Caudal del equipo segun datos de cumplimiento para categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR

- **Uso de lavadoras**

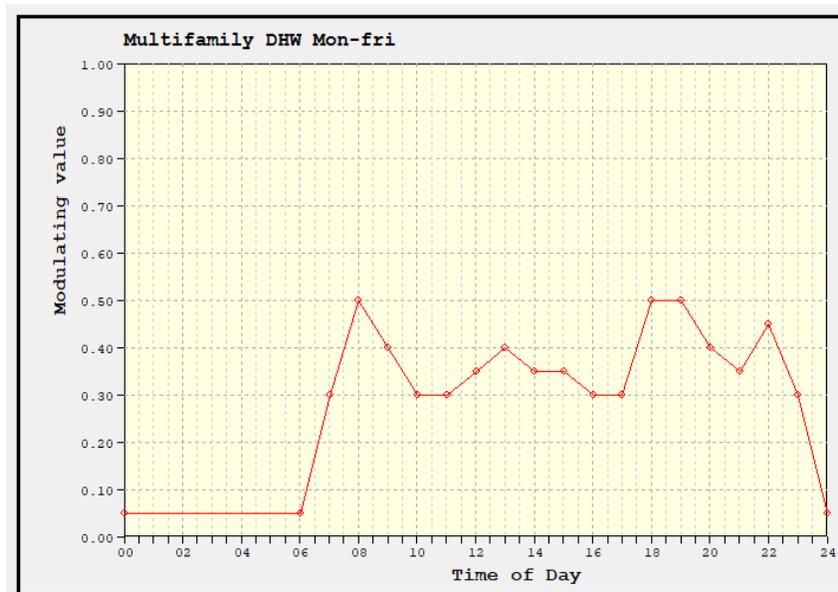
Estos equipos pueden ser categorizados como eficientes, por tanto, si el equipo es clasificado categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR, los valores consignados en el etiquetado o ficha técnica pueden ser ajustados en las fórmulas a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Uso de lavadoras} = & (\text{caudal unidad } m^3/\text{año} * \text{Numero de lavadoras eficientes en todas las unidades}) \\ & + (\text{caudal comunal } m^3/\text{año} * \text{Numero de lavadoras comunales eficientes}) + (9221 m^3/\text{año} \\ & * \text{Numero de lavadoras no eficientes en todas las unidades}) + (22345 m^3/\text{año} \\ & * \text{Numero de lavadoras comunales no eficientes en todas las unidades}) \end{aligned}$$

Caudal unidad = Caudal del equipo segun datos de cumplimiento para categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR

Caudal comunal = Caudal del equipo segun datos de cumplimiento para categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR

En este sistema, se puede estimar la curva de operación; sin embargo, una curva típica se representa así con un número de horas equivalentes de 2628h.



Consumo de energía de las tomas de corriente

Consumo de energía de las tomas de corriente de la línea base

El consumo total de energía de las tomas de corriente en el consumo de agua caliente de la unidad de vivienda del diseño básico se calculará utilizando las siguientes fórmulas:

- Refrigerador

$$\text{Refrigerador} = 529 \text{ kWh/año} * [\text{número de frigoríficos}], \text{ horas equivalentes } 8760\text{h.}$$

- Lavavajillas

$$\text{Lavavajillas} = 206 \text{ kWh/año} * [\text{número de lavavajillas}], \text{ horas equivalentes } 8760\text{h.}$$

- Lavadoras

Lavadoras de ropa

$$= 81 \text{ kWh/año} * [\text{número de lavadoras de ropa en la vivienda}] + 196 \text{ kWh/año} * [\text{número de lavadoras en zonas comunes}], \text{ horas equivalentes } 8760\text{h.}$$

- Cocina

$$\text{Cocina} = 604 \text{ kWh/año} * [\text{número de cocinas eléctricas}] + 45 \text{ termias/año} * [\text{número de cocinas de gas}], \text{ horas equivalentes } 8760\text{h.}$$

- Secadoras de ropa

Secadora de ropa

$$\begin{aligned}
 &= [418 + 139 * Nbr] kWh/año * [\text{número de secadoras eléctricas}] + [1,013 + 337 \\
 &* Nbr] kWh/año * [\text{número de secadoras eléctricas en zonas comunes}] + [38 + 12,7 \\
 &* Nbr] kWh/año * [\text{número de secadoras de gas en la vivienda}] + [26,5 + 8,8 \\
 &* Nbr] termias/año * [\text{número de secadoras de gas en la vivienda}] + [92 + 30,8 \\
 &* Nbr] kWh/año * [\text{número de secadoras de gas en la vivienda}] + [64 + 21,3 \\
 &* Nbr] termias/año \\
 &* [\text{número de secadores de gas de zonas comunes}], \text{horas equivalentes } 8760h.
 \end{aligned}$$

- Enchufes

Enchufes, en una unidad = 11,30 kWh/año/m², horas equivalentes 2117h.

Enchufes, pasillos, baños, escaleras, zonas de apoyo = 7,53 kWh/año/ m², horas equivalentes 2117h.

Enchufes, oficinas = 52,74 kWh/año/ m², horas equivalentes 2117h.

Enchufes, otros = 17,22 kWh/año/ m², horas equivalentes 2117h.

Donde:

$Nbr = \text{número medio de dormitorios en las viviendas}$

'número de' [tipo de aparato] = número de [tipo de aparato] instalado en el diseño propuesto

Consumo de energía de tomas de corriente del diseño propuesto

El consumo total de energía de tomas de corriente en la unidad de vivienda de diseño propuesta se calculará mediante las siguientes fórmulas:

- Refrigerador

Estos equipos pueden ser categorizados como eficientes, por tanto, si el equipo es clasificado categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR, los valores consignados en el etiquetado o ficha técnica pueden ser ajustados en las fórmulas a continuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Refrigerador} &= \text{Consumo kWh/año} * [\text{número de refrigeradores eficientes}] + 529 kWh/año \\
 &* [\text{número de neveras que no son eficientes}], \text{horas equivalentes } 8760h.
 \end{aligned}$$

Consumo = consumo eléctrico del equipo según datos de cumplimiento para categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR

- Lavavajillas

Estos equipos pueden ser categorizados como eficientes, por tanto, si el equipo es clasificado categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR, los valores consignados en el etiquetado o ficha técnica pueden ser ajustados en las fórmulas a continuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Lavavajillas} &= \text{Consumo kWh/año} * [\text{número de lavavajillas eficientes}] + 206 kWh/año \\
 &* [\text{número de lavavajillas que no son eficientes}], \text{horas equivalentes } 8760h.
 \end{aligned}$$

Consumo = consumo eléctrico del equipo según datos de cumplimiento para categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR

- Lavadoras

Estos equipos pueden ser categorizados como eficientes, por tanto, si el equipo es clasificado categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR, los valores consignados en el etiquetado o ficha técnica pueden ser ajustados en las fórmulas a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Lavadora de ropa} = & \text{consumo kWh/año} * [\text{número de lavadoras de ropa eficientes en la unidad}] + \\ & 81 \text{ kWh/año} * [\text{número de lavadoras que no son eficientes}] + \text{Consumo comunal kWh/año} * \\ & [\text{número de lavadoras comunales eficientes}] + 196 \text{ kWh/año} * \\ & [\text{número de lavadoras de ropa comunales que no son eficientes}], \text{ horas equivalentes } 8760\text{h.} \end{aligned}$$

Consumo = consumo eléctrico del equipo según datos de cumplimiento para categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR

Consumo comunal =

consumo eléctrico del equipo según datos de cumplimiento para categoría A (RETIQ) o ENERGY STAR

- **Cocina**

$$\begin{aligned} \text{Cocina} = & 604 \text{ kWh/año} * [\text{número de cocinas eléctricas}] + 45 \text{ termias/año} \\ & * [\text{número de cocinas de gas}], \text{ horas equivalentes } 8760\text{h.} \end{aligned}$$

- **Secadoras de ropa**

Secadora de ropa

$$\begin{aligned} = & [418 + 139 * Nbr] \text{ kWh/año} * [\text{número de secadoras eléctricas en la unidad de vivienda}] \\ & + [1,013 + 337 * Nbr] \text{ kWh/año} * [\text{número de secadoras eléctricas en zonas comunes}] + [38 \\ & + 12,7 * Nbr] \text{ kWh/año} * [\text{número de secadoras de gas en la vivienda}] + [26,5 + 8,8 \\ & * Nbr] \text{ termias/año} * [\text{número de secadoras de gas en la vivienda}] + [92 + 30,8 \\ & * Nbr] \text{ kWh/año} * [\text{número de secadoras de gas en la vivienda}] + [64 + 21,3 * Nbr] \text{ termias/año} \\ & * [\text{número de secadoras de zonas comunes}], \text{ horas equivalentes } 8760\text{h.} \end{aligned}$$

- **Enchufes**

Enchufes, en una unidad = 11,3021 kWh/año/m², horas equivalentes 2117h.

Enchufes, pasillos, baños, escaleras, zonas de apoyo = 7,53 kWh/año/ m², horas equivalentes 2117h.

Enchufes, oficinas = 52,74 kWh/año/ m², horas equivalentes 2117h.

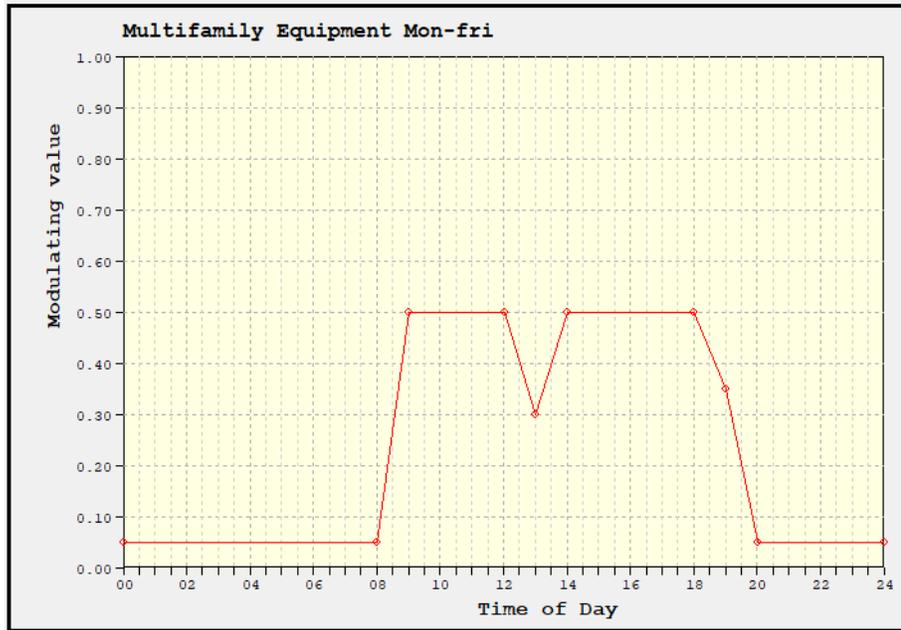
Enchufes, otros = 17,22 kWh/año/ m², horas equivalentes 2117h.

Donde:

Nbr = número medio de dormitorios en las viviendas

'número de' [tipo de aparato] = número de [tipo de aparato] instalado en el diseño propuesto

Como resultado de las potencias y densidades de uso consideradas se espera el ajuste de dicho consumo a un perfil de equipos como el siguiente.



Consumo de energía de los ascensores

Si el diseño propuesto incluye ascensores, el uso energético asociado a los mismos debe tenerse en cuenta, tanto en el modelo energético básico como en el propuesto. Se ofrecen dos opciones para proyectos para calcular este uso energético.

Opción 1: análisis de ingeniería

Para obtener el crédito por el ahorro de energía asociado a las mejoras del sistema de ascensores, las estimaciones de energía del diseño básico y del diseño propuesto deben ser realizadas por un ingeniero de diseño mediante simulación basada en principios básicos, modelos de tráfico y datos de ingeniería procedentes de estudios empíricos. Este modelo energético

debe incluir la energía consumida cuando el ascensor está al ralentí y en espera, así como la energía consumida durante el transporte activo de las cabinas (cargadas y descargadas) en función de un modelo de tráfico adecuado para el edificio. Algunos fabricantes de equipos de ascensores proporcionarán estos cálculos con una previa solicitud como parte de su servicio de asistencia al diseño.

Si se utiliza este enfoque, el ascensor de diseño básico debe ser hidráulico para los edificios de 4 a 6 pisos y de tracción por engranajes para los edificios de 7 pisos o más. Supóngase lo siguiente para los ascensores de diseño de referencia:

motores de corriente continua de eficiencia estándar; variador de frecuencia de voltaje variable; sin regeneración de las pérdidas de energía de frenado; controles basados en ascensores sencillos; los ascensores hidráulicos no tienen contrapesos ni acumuladores hidráulicos; los ascensores de tracción están equipados con contrapesos dimensionados al 50% de la capacidad a plena carga; engranajes helicoidales para elevadores de tracción con engranajes; un esquema de cuerda 2 a 1.

El análisis debe presentarse como un cálculo excepcional, con estimaciones detalladas, hipótesis y una breve descripción.

Opción 2: supuestos por defecto

Esta opción no permite que el diseño propuesto obtenga créditos de rendimiento. El consumo anual de energía tanto para el diseño de referencia como para el propuesto se basará en la tabla B.1 que figura a continuación.

Tabla B.1 Consumo energético predeterminado del ascensor (MWh/año por ascensor)			
Clase	Hidráulico (1-6 pisos)	Tracción por engranajes (7-20 pisos)	Tracción sin engranajes (+21 pisos)
Hasta 6 unidades de vivienda	1,91	NA	NA
7-20 unidades de vivienda	2,15	3,15	NA
21-50 unidades de vivienda	2,94	3,15	7,57
Más de 51 unidades de vivienda	4,12	4,55	7,57