



Guía práctica de climatización de Wisconsin

2022



Prólogo

La Guía práctica de climatización de Wisconsin es una guía integral para la instalación de medidas de climatización y la verificación de la calidad del trabajo. La guía práctica es una herramienta pensada para trabajadores de las cuadrillas, auditores de energía e inspectores. Las políticas y prácticas administrativas del programa se identifican en el Manual del programa de climatización de Wisconsin.

La guía práctica comenzó con trabajadores de cuadrillas de climatización dedicados que estaban decididos a mejorar su oficio y los servicios prestados a sus clientes. A partir de allí, evolucionó hasta documentar esas prácticas para compartirlas con el resto de la red de climatización. La Guía práctica de climatización de Wisconsin original se elaboró gracias a la colaboración del Grupo de asesoramiento técnico de climatización de 2005, Slipstream (*anteriormente Wisconsin Energy Conservation Corporation [WECC]*), y a Saturn Resource Management.

Wisconsin es uno de los líderes nacionales del Programa de Asistencia para la Climatización (Weatherization Assistance Program, WAP) y esta guía representa el esfuerzo continuo para mejorar constantemente nuestros procedimientos y prácticas, a fin de ofrecer el mejor producto a nuestros clientes.

Reconocimientos

Derecho de autor 2005, 2007, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 – Saturn Resource Management; Slipstream; estado de Wisconsin, Departamento de Administración, División de Energía, Vivienda y Recursos Comunitarios.

La información del *Capítulo 5, secciones 5.15.1, 5.15.2, 5.15.3, 5.15.4 y 5.15.5* se utiliza con permiso de la *WAP Precautionary Radon Mitigation Field Guide* (Guía práctica para la mitigación preventiva de radón del WAP) por Dick Kornbluth. Dick Kornbluth, LLC, Copyright 2018, Sección 11: "Sumps", páginas 18 a 22.

El documento original fue desarrollado en 2005 a través de la colaboración entre la División de Servicios de Energía de Wisconsin, Slipstream (*anteriormente Wisconsin Energy Conservation Corporation [WECC]*), Saturn Resource Management, Technical Assistance Group (TAG) y varios consultores técnicos.



Índice

| | |
|--|------------|
| Capítulo 1: Diagnóstico y sellado de fugas de aire | 1-1 |
| 1.1 Política de diagnóstico de fugas de aire | 1-1 |
| 1.2 Descripción general del diagnóstico | 1-1 |
| 1.2.1 Efectos de las fugas de aire | 1-1 |
| 1.2.2 Objetivos de las pruebas de fugas de aire | 1-2 |
| 1.3 Pruebas de hermeticidad de la casa | 1-3 |
| 1.3.1 Terminología de la prueba de infiltración de aire | 1-4 |
| 1.3.2 Preparación para una prueba de infiltración de aire | 1-6 |
| 1.3.3 Procedimientos de la prueba de infiltración de aire | 1-6 |
| 1.4 Sellado de aire y calidad del aire interior | 1-8 |
| 1.4.1 Sellado de aire | 1-9 |
| 1.5 Diagnósticos de presión por zona | 1-11 |
| 1.5.1 Pruebas sencillas de fugas de aire | 1-14 |
| 1.5.2 Uso de un medidor digital para probar los límites de presión | 1-15 |
| 1.5.3 Localización del límite de presión/térmico | 1-21 |
| 1.5.4 Medición de fugas por zonas de "adición de un agujero" | 1-24 |
| 1.5.5 Medición de fugas por zonas de "apertura de una puerta" | 1-27 |
| 1.5.6 Ajuste de las mediciones de presión de la zona para la línea de base | 1-29 |
| Inspección final y normas de control de calidad | 1-30 |
| Capítulo 2: Medidas de la envoltura térmica del edificio | 2-1 |
| 2.1 Aislamiento de la envoltura térmica | 2-1 |
| 2.2 Aislamiento de techos y áticos | 2-2 |
| 2.2.1 Preparación previa al aislamiento del techo y el ático | 2-2 |
| 2.2.2 Ventilación del ático | 2-3 |
| 2.2.3 Accesos al ático, escaleras y puertas de acceso al ático | 2-5 |
| 2.2.4 Cálculo del aislante de relleno suelto del ático | 2-6 |
| 2.2.5 Instalación de aislante insuflado en el ático | 2-6 |
| 2.2.6 Instalación de aislamiento de lana en el ático | 2-7 |
| 2.2.7 Instalación del aislamiento del ático en casas de 1 piso y medio (áticos acabados) | 2-7 |
| 2.2.8 Aislamiento de áticos con accesibilidad limitada | 2-11 |
| 2.2.9 Aislamiento de las cavidades cerradas del techo | 2-11 |
| 2.3 Aislamiento de paredes | 2-12 |
| 2.3.1 Cálculo de la densidad y la cobertura de la pared | 2-13 |
| 2.3.2 Inspección y reparación de las paredes antes de instalar el aislante | 2-14 |
| 2.3.3 Cómo quitar el revestimiento y perforar el recubrimiento | 2-14 |
| 2.3.4 Aislamiento de paredes con relleno compactado desde el exterior | 2-15 |
| 2.3.5 Aislamiento de paredes con relleno compactado desde el interior | 2-17 |
| 2.3.6 Relleno compactado desde otros lugares de acceso | 2-18 |
| 2.3.7 Aislamiento de paredes interiores con cavidades abiertas | 2-18 |

| | | |
|--------|--|------------|
| 2.4 | Requisitos de los espacios debajo del piso | 2-19 |
| 2.4.1 | Requisitos de acceso a los espacios debajo del piso | 2-19 |
| 2.4.2 | Señalización de los espacios debajo del piso | 2-19 |
| 2.5 | Aislamiento de pisos y cimientos..... | 2-19 |
| 2.5.1 | Establecimiento de un límite térmico..... | 2-20 |
| 2.5.2 | Aislamiento de las viguetas de bordes y las soleras de caja | 2-20 |
| 2.5.3 | Aislamiento del piso..... | 2-22 |
| 2.5.4 | Aislamiento de los cimientos | 2-23 |
| | Inspección final y normas de control de calidad..... | 2-25 |
| | Capítulo 3: Medidas del sistema de calefacción..... | 3-1 |
| 3.1 | Sistemas de calefacción | 3-1 |
| 3.2 | Reemplazo de sistemas de calefacción general..... | 3-1 |
| 3.3 | Reemplazo de la unidad de calefacción central de aire forzado..... | 3-2 |
| 3.4 | Distribución de aire de las unidades de calefacción central de aire forzado | 3-3 |
| 3.4.1 | Modificación del sistema de conductos | 3-3 |
| 3.4.2 | Fugas en los conductos..... | 3-4 |
| 3.4.3 | Aislamiento de conductos..... | 3-5 |
| 3.4.4 | Medición del flujo de aire del sistema..... | 3-5 |
| 3.4.5 | Medición del aumento de la temperatura | 3-9 |
| 3.4.6 | Filtros | 3-9 |
| 3.5 | Reemplazo de la caldera..... | 3-9 |
| 3.5.1 | Calderas de alta eficiencia ($\geq 90\%$)..... | 3-11 |
| 3.6 | Sistemas de distribución hidrónicos | 3-13 |
| 3.7 | Eficiencia y mantenimiento de las calderas | 3-14 |
| 3.8 | Sistemas de calefacción a gas..... | 3-16 |
| 3.8.1 | Instalación de sistemas de calefacción a gas | 3-16 |
| 3.8.2 | Eliminación de la condensación | 3-17 |
| 3.8.3 | Comprobación y mantenimiento de los sistemas a gas | 3-19 |
| 3.8.4 | Pruebas de fugas en tuberías de gas..... | 3-26 |
| 3.9 | Sistemas de calefacción a combustible..... | 3-26 |
| 3.9.1 | Instalación de sistemas de calefacción a combustible | 3-26 |
| 3.9.2 | Comprobación y mantenimiento de los sistemas a combustible..... | 3-27 |
| 3.10 | Unidades de calefacción central eléctricas y calefacción por zócalo radiante eléctrico | 3-31 |
| 3.11 | Reemplazo de los calefactores de ambiente | 3-31 |
| 3.12 | Reemplazo de estufas a leña..... | 3-32 |
| 3.13 | Ventilación de los gases de combustión..... | 3-33 |
| 3.13.1 | Mejora del tiro inadecuado | 3-33 |
| 3.14 | Aire de combustión | 3-35 |
| 3.14.1 | Aire de combustión en espacios no confinados | 3-35 |
| 3.14.2 | Aire de combustión en espacios confinados | 3-36 |
| 3.14.3 | Área libre neta | 3-37 |

| | | |
|--------|--|------------|
| 3.14.4 | Dimensionamiento de las aberturas de aire de combustión | 3-37 |
| 3.15 | Termostatos | 3-38 |
| 3.15.1 | Termostatos programables e inteligentes | 3-38 |
| | Inspección final y normas de control de calidad | 3-39 |
| | Capítulo 4: Medidas de carga base..... | 4-1 |
| 4.1 | Reemplazo de calentadores de agua | 4-1 |
| 4.1.1 | Instalaciones de calentadores de agua a gas con ventilación ENERGY STAR® | 4-2 |
| 4.2 | Tratamientos del agua caliente doméstica | 4-2 |
| 4.2.1 | Aireadores y cabezales de regaderas que ahorran agua | 4-2 |
| 4.2.2 | Aislamiento de la tubería del calentador de agua | 4-3 |
| 4.2.3 | Ajuste o reducción de la temperatura del agua | 4-3 |
| 4.3 | Reemplazo y remoción de refrigeradores o congeladores..... | 4-3 |
| 4.4 | Iluminación..... | 4-4 |
| 4.5 | Lavadora de ropa..... | 4-5 |
| | Inspección final y normas de control de calidad | 4-6 |
| | Capítulo 5: Salud y seguridad..... | 5-1 |
| 5.1 | Equipo de Protección Personal | 5-1 |
| 5.2 | Hoja de datos de seguridad (SDS)..... | 5-2 |
| 5.3 | Espacios confinados | 5-2 |
| 5.4 | Control de contaminantes en la fuente | 5-2 |
| 5.4.1 | Monóxido de carbono (CO) | 5-3 |
| 5.4.2 | Alarmas de monóxido de carbono (CO) | 5-4 |
| 5.4.3 | Alarmas de humo..... | 5-4 |
| 5.4.4 | Problemas de humedad..... | 5-5 |
| 5.4.5 | Control de la humedad de los cimientos | 5-7 |
| 5.5 | Pintura con plomo y trabajo seguro con plomo..... | 5-8 |
| 5.6 | Amianto..... | 5-9 |
| 5.7 | Seguridad eléctrica | 5-10 |
| 5.8 | Seguridad de los aparatos de combustión y de la distribución de combustible..... | 5-11 |
| 5.8.1 | Inspección de las tuberías de gas | 5-11 |
| 5.8.2 | Monitoreo del CO en el ambiente..... | 5-12 |
| 5.8.3 | Inspección de seguridad de los aparatos de combustión | 5-13 |
| 5.9 | Medición del tiro natural | 5-17 |
| 5.10 | Guía de despresurización | 5-18 |
| 5.10.1 | Sistemas de aire de reposición | 5-19 |
| 5.11 | Reemplazo de calentadores de agua | 5-19 |
| 5.12 | Ventilación mecánica | 5-20 |
| 5.12.1 | Elección de los sistemas de ventilación | 5-20 |
| 5.12.2 | Dimensionamiento de los sistemas de ventilación..... | 5-20 |
| 5.12.3 | Extractores de aire locales | 5-20 |
| 5.12.4 | Ventilación de solo extracción de todo el edificio | 5-21 |

| | | |
|---------|---|------------|
| 5.12.5 | Conductos del extractor de aire | 5-22 |
| 5.12.6 | Sistemas de ventilación de suministro | 5-23 |
| 5.12.7 | Sistemas de ventilación equilibrada | 5-24 |
| 5.12.8 | Ventiladores de recuperación de calor | 5-27 |
| 5.12.9 | Instalación del ventilador de recuperación de calor (HRV) y el ventilador de recuperación de energía (ERV) | 5-27 |
| 5.12.10 | Estrategias de control de la ventilación | 5-27 |
| 5.13 | Ventilación de la secadora | 5-29 |
| 5.14 | Prioridades para las casas existentes | 5-30 |
| 5.14.1 | Mejores prácticas de instalación | 5-31 |
| 5.15 | Radón | 5-31 |
| 5.15.1 | Sumideros..... | 5-31 |
| 5.15.2 | Bombas del sumidero | 5-32 |
| 5.15.3 | Tapas de sumideros para bombas sumergibles | 5-32 |
| 5.15.4 | Tapas de sumideros para bombas de pedestal | 5-33 |
| 5.15.5 | Drenajes del piso | 5-34 |
| | Inspección final y normas de control de calidad | 5-35 |
| | Capítulo 6: Reparación | 6-1 |
| 6.1 | Ventanas y puertas | 6-1 |
| 6.1.1 | Reparación y reemplazo de ventanas | 6-1 |
| 6.1.2 | Reparación y reemplazo de puertas..... | 6-2 |
| | Inspección final y normas de control de calidad..... | 6-4 |
| | Capítulo 7: Climatización de casas manufacturadas | 7-1 |
| 7.1 | Climatización de casas manufacturadas | 7-1 |
| 7.2 | Sistema de distribución de suministro | 7-2 |
| 7.2.1 | Pruebas de detección de fugas en ductos | 7-2 |
| 7.2.2 | Interpretación de los resultados de las fugas en los conductos..... | 7-3 |
| 7.2.3 | Sellado de conductos de casas manufacturadas | 7-3 |
| 7.3 | Sistema de distribución de aire de retorno | 7-6 |
| 7.3.1 | Medición del aumento de la temperatura | 7-7 |
| 7.3.2 | Medición de las diferencias de presión en la habitación | 7-7 |
| 7.4 | Aislamiento del piso y la parte inferior de la casa | 7-8 |
| 7.4.1 | Preparativos para el aislamiento de la parte inferior de la casa | 7-8 |
| 7.4.2 | Aislamiento de la parte inferior de la casa desde abajo..... | 7-9 |
| 7.4.3 | Insuflado del borde a través de las viguetas de borde | 7-10 |
| 7.4.4 | Insuflado del ala..... | 7-11 |
| 7.5 | Aislamiento del ático o cielo raso | 7-11 |
| 7.5.1 | Preparación del aislamiento del cielo raso | 7-12 |
| 7.5.2 | Insuflado de la cavidad del techo desde un agujero cuadrado | 7-12 |
| 7.5.3 | Insuflado de la cavidad del techo a través de agujeros redondos | 7-12 |
| 7.5.4 | Insuflado de un techo a dos aguas..... | 7-12 |
| 7.5.5 | Insuflado de la cavidad del techo desde el borde | 7-13 |

| | | |
|--------|--|------------|
| 7.5.6 | Perforación interior e insuflado | 7-14 |
| 7.6 | Aislamiento de las paredes laterales | 7-14 |
| 7.6.1 | Preparación del revestimiento para el aislamiento de paredes | 7-15 |
| 7.6.2 | Técnica de insuflado de paredes laterales | 7-15 |
| 7.6.3 | Técnica de relleno de las paredes laterales | 7-16 |
| 7.7 | Sellado de aire | 7-16 |
| 7.8 | Seguridad de los aparatos de combustión y de la distribución de combustible..... | 7-16 |
| 7.9 | Reemplazo de la unidad de calefacción | 7-16 |
| 7.10 | Reemplazo de calentadores de agua | 7-17 |
| 7.10.1 | Instalaciones de calentadores de agua a gas | 7-17 |
| 7.10.2 | Gabinetes para calentadores de agua de acceso exterior | 7-18 |
| 7.11 | Reparación | 7-18 |
| 7.12 | Reemplazo de ventanas | 7-18 |
| 7.13 | Contraventanas interiores | 7-18 |
| 7.14 | Reemplazo de puertas | 7-19 |
| | Inspección final y normas de control de calidad | 7-20 |
| | ANEXOS | A-1 |
| A-1: | Glosario..... | A-2 |
| A-2: | Valores R para materiales comunes | A-8 |
| A-3: | Cálculos de la densidad del aislante y la cantidad de bolsas | A-9 |
| A-4: | Información general sobre la espuma de poliuretano en aerosol (SPF) | A-14 |

Capítulo 1: Diagnóstico y sellado de fugas de aire

1.1 Política de diagnóstico de fugas de aire

La prueba de infiltración de aire ("Blower Door") es necesaria en todos los edificios (excepto en las casas móviles climatizadas mediante el uso de la Lista de medidas para casas móviles) antes de que se inicie la climatización (prueba "tal cual está") y al finalizar todas las medidas que afectan a la hermeticidad del edificio (prueba "final"). Lleve a cabo una prueba de presurización cuando existan peligros en el edificio (como amianto friable, aislamiento de vermiculita que pueda contener amianto, moho o exceso de desechos sin tratar de mascotas). Siga el protocolo de sellado de aire para completar las medidas de sellado de aire en el edificio, que se encuentran en la Sección 1.4.1. Realice siempre pruebas de diagnóstico de presión por zona en los edificios con garaje adjunto. Documente los resultados de las pruebas de diagnóstico de fugas de aire en el Libro de diagnósticos. Tome medidas correctivas cuando las actividades de sellado de aire hayan contribuido a un peligro para la seguridad o un problema en la calidad del aire interior, como agregar la ventilación necesaria o garantizar que no haya escapes en el caso de los aparatos de tiro natural en condiciones de Máxima despresurización posible (Greatest Depressurization Achievable, GDA).

1.2 Descripción general del diagnóstico

Las pruebas descritas aquí ayudarán a analizar las barreras de aire existentes, y a decidir si es necesario el sellado de aire y dónde.

Los materiales de las barreras de aire en un edificio forman el **límite de presión** del edificio, mientras que los materiales de aislamiento forman el **límite térmico** del edificio. La ubicación y el estado de estas barreras tienen un efecto sustancial en la eficacia del aislamiento. El ahorro energético óptimo y la pérdida de calor mínima se consiguen cuando los dos sistemas son continuos y están alineados en contacto directo entre sí, con la barrera de aire colocada entre el espacio acondicionado y los materiales de aislamiento.

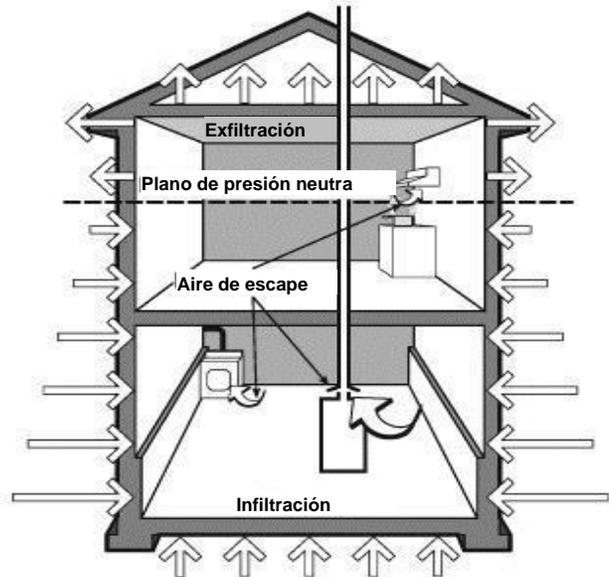
1.2.1 Efectos de las fugas de aire

La clave de un trabajo de climatización exitoso es controlar las fugas de aire del armazón. Las decisiones tomadas sobre el sellado de las fugas de aire afectarán a un edificio durante toda su vida útil. En la siguiente lista, se destacan las formas importantes en que las fugas de aire afectan a los edificios.

1. Las fugas de aire pueden cambiar significativamente la pérdida neta de calor a través de una cavidad en la estructura.
2. Las fugas de aire suelen representar un porcentaje significativo de la pérdida de calor de un edificio.
3. Las fugas de aire pueden transportar la humedad al interior de la casa y fuera de ella, lo cual puede afectar la humedad relativa del interior y, potencialmente, generar problemas de moho y humedad.
4. La ubicación y la cantidad de fugas de aire pueden afectar al tiro de los aparatos de combustión de tiro natural o las chimeneas.
5. Las fugas de aire proporcionan una ventilación para expulsar los contaminantes

y dejar entrar aire fresco. Sin embargo, pueden introducir contaminantes en la casa con la misma facilidad con la que los expulsan.

La altura y la ubicación del edificio, el clima y los equipos mecánicos afectan a las fugas de aire en los edificios. Los vientos fuertes pueden crear una presión positiva de un lado de un edificio y una presión negativa del lado opuesto. Un sistema de distribución de aire forzado, una chimenea o un extractor de aire pueden crear una presión negativa en el edificio. Muchas veces, el aire se mueve a través de un edificio acondicionado como si este fuera una chimenea o una salida de humos. El aire no acondicionado ingresa a la parte inferior del edificio (infiltración) y el aire acondicionado sale por la parte superior del edificio (exfiltración). Esto se denomina **efecto chimenea**. El área entre el aire que ingresa por la parte inferior (infiltración) y el aire que sale del edificio por la parte superior (exfiltración) se denomina **plano de presión neutra**. En el plano de presión neutra no ingresan ni salen muchas fugas de aire. A medida que el edificio se va hermetizando en la parte inferior, el plano de presión neutra se desplaza hacia arriba en el edificio. A medida que el edificio se va hermetizando en la parte superior, el plano de presión neutra se desplaza hacia abajo. Para obtener los mejores resultados, selle tanto la parte superior como la inferior del edificio.



Conceptos de las fugas de aire: al llevar a cabo el sellado de aire, resulta útil comprender los efectos de los aparatos de escape, el efecto chimenea y el efecto del viento.

El sellado de aire puede afectar al tiro natural de los aparatos de combustión que están conectados a un sistema de ventilación no positivo. Una vez completadas todas las medidas de climatización, se deben realizar pruebas de escape de gases y máxima despresurización posible en todos los edificios que contengan aparatos de combustión de tiro natural o chimeneas. La excepción es que las pruebas de escape de gases no se puedan llevar a cabo en los sistemas de calefacción de madera ni cuando el diseño del aparato no permita realizar pruebas de escape de gases. Consulte *Máxima despresurización posible en el Capítulo 5, Sección 5.8.3*. Se puede encontrar información adicional sobre la despresurización de los sistemas de calefacción de madera en la *Sección 5.10*.

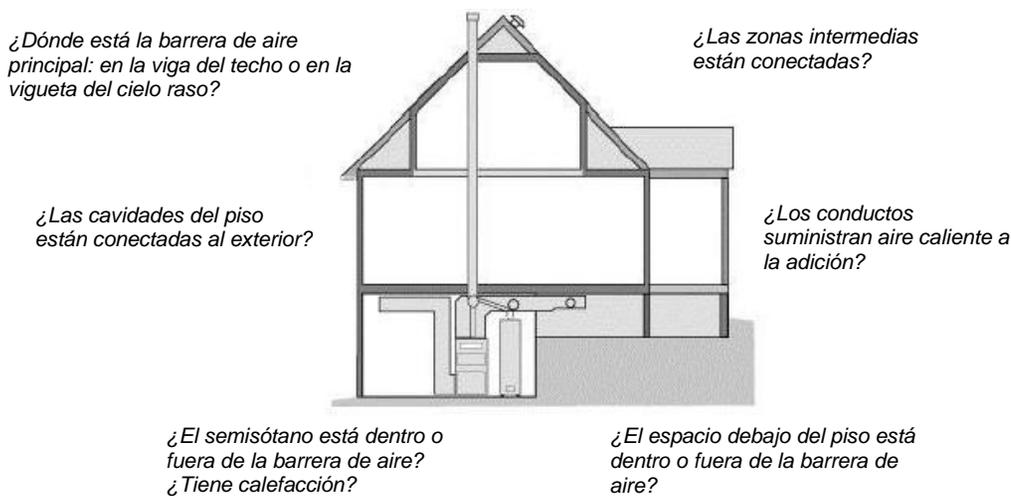
1.2.2 Objetivos de las pruebas de fugas de aire

Las pruebas de fugas de aire son las herramientas utilizadas para determinar la ubicación y la cantidad de fugas de aire a través del límite de presión de un edificio. Las pruebas precisas permiten un sellado de aire rápido y eficaz del límite de presión, al mismo tiempo que se protege la calidad del aire del interior.

Un objetivo secundario de las pruebas de fugas de aire es decidir dónde ubicar la barrera de aire cuando una zona intermedia, como un ático o un espacio debajo del piso, ofrece una variedad de ubicaciones para la barrera de aire. El cielo raso suele ser el límite

térmico de un edificio, por ejemplo, en lugar del techo. Sin embargo, en los cimientos, la barrera de aire puede situarse en la cubierta del primer piso o en el muro de contención. Las pruebas de fugas de aire ayudan a establecer el mejor lugar, el más rápido o el menos costoso para situar una barrera de aire que funcione. Siempre que sea posible, sitúe la barrera de aire para incluir la instalación hidráulica y el sistema de distribución de aire dentro del límite de presión. En la mayoría de los edificios, la barrera de aire puede situarse en el muro de contención de bloques u hormigón. En un edificio con cimientos de escombros, la cubierta del suelo puede ser el mejor lugar para completar una barrera de aire funcional, especialmente si la distribución de aire o la instalación hidráulica son limitadas (o no existen) en el área. Si la instalación hidráulica está aislada fuera del límite térmico, tome precauciones para evitar que las tuberías se congelen.

Las pruebas de fugas de aire son necesarias porque no existe un método prescriptivo preciso para determinar la gravedad y la ubicación de las fugas. Es posible que sea necesario llevar a cabo distintos niveles de pruebas para evaluar las fugas en el armazón. Una simple prueba de infiltración de aire puede ser suficiente para una casa sencilla. El trabajo puede completarse en forma más eficiente en edificios complejos cuando las pruebas de presión por zona y las pruebas de diagnóstico por termografía infrarroja proporcionan información adicional.



Preguntas que hay que formular y responder antes del sellado de aire: sus respuestas ayudan a determinar la ubicación más eficiente y rentable de la barrera de aire.

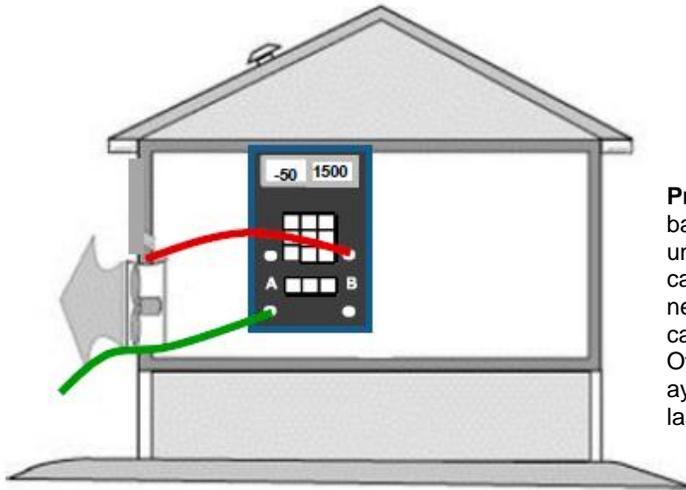
Lo más eficiente y rentable es sellar primero las fugas de aire grandes. Buscar las fugas pequeñas consume tiempo y no suele ser rentable. Consulte la hoja de trabajo "Protocolo de sellado de aire" del Libro de diagnósticos para obtener orientación sobre el protocolo de sellado de aire.

1.3 Pruebas de hermeticidad de la casa

La puerta sopladora mide el índice de fugas de una casa a una diferencia de presión estándar de 50 pascales. Esta medición de las fugas puede utilizarse para comparar los índices de fugas de aire antes y después del sellado de aire. La puerta sopladora también permite que el técnico compruebe partes de la barrera de aire de la casa para localizar las fugas de aire. A veces, las fugas de aire son evidentes. Más a menudo, las fugas están

ocultas y el técnico utiliza la puerta sopladora para obtener pistas sobre su ubicación.

En esta sección, se describen los aspectos básicos de la medición de las fugas de aire con la puerta sopladora, junto con algunas técnicas para reunir pistas sobre la ubicación de las fugas de aire.

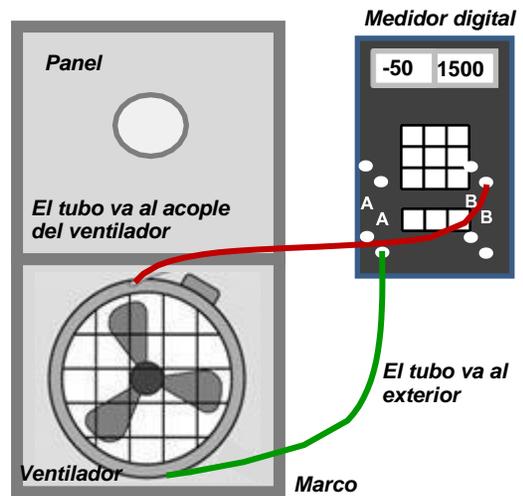


Prueba de infiltración de aire: las barreras de aire se comprueban durante una prueba de infiltración de aire, con la casa a una presión de 50 pascales negativos con referencia al exterior. Esta casa tiene 1,500 CFM50 de fuga de aire. Otras pruebas de diagnóstico pueden ayudar a determinar de dónde provienen las fugas.

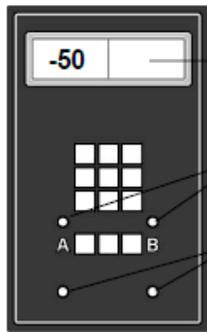
1.3.1 Terminología de la prueba de infiltración de aire

La puerta sopladora crea una diferencia de presión de 50 pascales a través del armazón del edificio y mide el flujo de aire en pies cúbicos por minuto a 50 pascales. Esto proporciona una medida objetiva de la permeabilidad de un edificio. La puerta sopladora también crea diferencias de presión entre las habitaciones de la casa y las zonas intermedias, como áticos, espacios debajo del piso y garajes. La medición de estas diferencias de presión puede brindar pistas sobre la ubicación y el tamaño de las fugas de aire ocultas de una casa.

Los componentes de la puerta sopladora incluyen el marco, el panel, el ventilador y el medidor digital.



Medidores digitales: se utilizan para diagnosticar las presiones de los conductos y la casa de manera rápida y precisa.

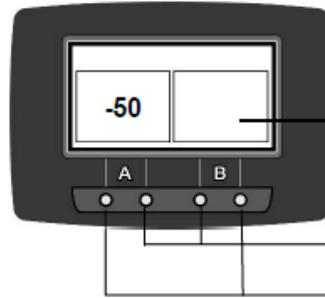


TEC DG-700
Medidor de flujo y presión

Pantalla

Puertos de presión:
conectan el área de prueba

Puertos de referencia:
conectan el área de referencia



TEC DG-1000
Medidor de flujo y presión

Pantalla

Puertos de referencia:
conectan el área de referencia

Puertos de presión:
conectan el área de prueba

Es esencial conectar correctamente las mangueras del medidor digital para realizar pruebas precisas. Existe un método aceptado para comunicar las conexiones correctas de las mangueras que ayuda a evitar confusiones.

Este método utiliza la frase “con referencia a” (With Reference To, WRT) para distinguir entre la zona de entrada y la zona de referencia para una determinada medición de presión. El exterior es la zona de referencia de uso más frecuente para las pruebas de infiltración de aire. La zona de referencia se considera el punto cero de la escala de presión.

Por ejemplo, “Casa WRT exterior = -50 pascales” significa que la casa (entrada) tiene 50 pascales negativos en comparación con el exterior (referencia o punto cero). Esta lectura de presión se denomina diferencia de presión entre la casa y el exterior.

Durante la prueba de infiltración de aire, el medidor digital mide la presión del flujo de aire a través del ventilador y el tamaño de la abertura del ventilador para calcular la fuga de aire del edificio. Para que el medidor digital calcule la fuga de aire del edificio con precisión, el aire debe fluir a una presión adecuada a través del ventilador. Los edificios más herméticos pueden no tener suficientes fugas de aire para crear una presión adecuada para el flujo de aire a través de un ventilador abierto. Cuando la presión de aire es demasiado baja a través del ventilador, el medidor digital indicará un flujo de aire insuficiente con el parpadeo de la indicación “LO/LOW” (Bajo).

Para aumentar la presión del ventilador y el flujo de aire, utilice los anillos reguladores del flujo de aire que suelen venir incluidos con la puerta sopladora, a fin de reducir la abertura del ventilador y aumentar la presión del flujo de aire a través del ventilador. Después de acoplar los anillos reguladores del flujo de aire, siga las instrucciones del fabricante para seleccionar el ajuste adecuado en el medidor digital.

1.3.2 Preparación para una prueba de infiltración de aire

La preparación de la casa para una prueba de infiltración de aire implica colocarla en “estado de invierno”. Las puertas interiores deben estar abiertas a **todas** las áreas acondicionadas (p. ej., espacios acondicionados de las paredes de buhardilla, espacios acondicionados debajo del piso, etc.), mientras que todas las puertas y ventanas exteriores, incluidas todas las contraventanas y contrapuertas, así como los accesos a los espacios no acondicionados, están cerrados. Estas condiciones deben mantenerse durante la prueba.

Intente anticiparse a los problemas que la prueba de infiltración de aire podría causar. Cuando se realiza una prueba de infiltración de aire en modo de despresurización, puede ocurrir un desprendimiento de la llama y el retorno del aire en los aparatos de combustión, así como también pueden ser extraídos los residuos de las chimeneas, se pueden abrir las puertas de acceso al ático que están destrabadas o se pueden desprender las placas del cielo raso por la succión.

Siga estos pasos cuando se prepare para una prueba de infiltración de aire:

1. Identifique la ubicación del límite de presión.
2. Abra las puertas interiores para conectar todas las áreas acondicionadas de la casa.
3. Cierre todas las puertas y ventanas exteriores, incluidas las contraventanas y contrapuertas.
4. Examine el aire exterior y las zonas intermedias en busca de posibles contaminantes que puedan entrar a la casa durante la prueba de infiltración de aire. Realice la prueba en modo de presurización si fuera necesario.
5. Apague los aparatos de combustión conectados a los sistemas de ventilación de presión negativa, pero no olvide volver a encenderlos después de completar la prueba. **Consejo:** el dejar las llaves del vehículo al lado de un aparato que ha sido apagado, o sobre él, evita que se vaya sin volver a encender el aparato.
6. Cierre todos los reguladores de tiro de las chimeneas y estufas. Cuando la vivienda tenga una chimenea abierta, verifique que no salgan cenizas ni carbones calientes del hogar, o complete la prueba en modo de presurización. Proceda con precaución al presurizar para asegurarse de no avivar el fuego de la chimenea con el aire de combustión agregado.

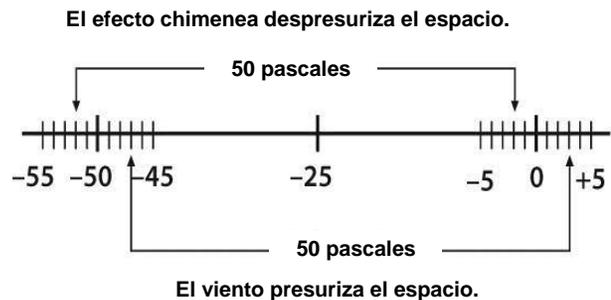
1.3.3 Procedimientos de la prueba de infiltración de aire

Siga este procedimiento general cuando realice una prueba de infiltración de aire:

1. Instale el marco, el panel y el ventilador de la puerta sopladora en una entrada exterior que tenga una vía despejada hacia el exterior y el interior. En días ventosos, intente colocar el ventilador en forma paralela a la dirección del viento. **SOLO PARA LA PRUEBA DE PRESURIZACIÓN:** instale el ventilador de la puerta sopladora con el lado de entrada orientado hacia el exterior (los anillos reguladores del flujo hacia el exterior), para que el ventilador mueva el aire desde el exterior hacia el interior. No utilice el interruptor del ventilador para invertir la dirección del flujo de aire.

- 2 Coloque el medidor digital en la ménsula de soporte fijada a la puerta de la casa o al marco de la puerta sopladora. Encienda el medidor antes de colocar cualquier manguera en las llaves.
- 3 Conecte una manguera a la llave de referencia del canal A del medidor digital. Despliegue esta manguera hacia el exterior, al menos 5 pies al lado del ventilador, y asegúrese de que el extremo de la manguera esté protegido del viento.
- 4 SOLO PARA LA PRUEBA DE PRESURIZACIÓN: conecte una manguera adicional a la llave de referencia del canal B. Despliegue esta manguera hacia el exterior con el extremo situado al lado del ventilador.
- 5 Conecte una manguera a la llave de entrada del canal B del medidor digital. Conecte el otro extremo de esta manguera a la llave de presión del ventilador de la puerta sopladora.
- 6 Configure el modo del medidor digital para medir el flujo de aire a 50 pascales (“PR/FL@50”). Seleccione un ajuste de configuración que coincida con el anillo regulador del flujo, que está instalado en el ventilador de la puerta sopladora.

- 7 Para obtener mediciones precisas de la puerta sopladora, las lecturas se deben ajustar para tener en cuenta el efecto del viento y la chimenea. Este ajuste también se denomina “ajuste para la línea de base”. Utilice la función “línea de base” del medidor digital para ajustar la línea de base. Cubra la abertura del ventilador, ejecute la función de línea de base entre 20 y 30 segundos y luego, presione “Enter” (Intro) para aceptar la lectura de la línea de base. En días ventosos, deje que la función de línea de base realice el registro durante 60 segundos o más.



- 8 Retire los anillos reguladores del flujo según sea necesario. Confirme que el modo del medidor digital siga teniendo un flujo de presión a 50 pascales (el modo está establecido en “PR/FL@50”). Confirme también que el ajuste de configuración del medidor coincida con los anillos reguladores del flujo, que estén instalados en el ventilador de la puerta sopladora.
- 9 Encienda el ventilador para comenzar la prueba y ajuste manualmente la velocidad del ventilador mediante el uso del controlador. Aumente gradualmente la velocidad del ventilador al girar lentamente el controlador del ventilador en el sentido de las agujas del reloj. A medida que la velocidad del ventilador aumente, la lectura de la presión visualizada en el canal A también debería aumentar. Continúe aumentando la velocidad del ventilador hasta que la lectura de la presión del canal A esté entre 45 y 55 pascales. *Consulte el manual de la puerta sopladora del fabricante para obtener información sobre las pruebas llevadas a cabo con la función de “control de crucero”.*

- 10 Si la velocidad del aire que pasa a través del ventilador es demasiado baja, la pantalla del canal B parpadeará “LO/LOW” (Bajo). Instale uno o más anillos y cambie el ajuste de configuración en el medidor para medir y mostrar una medición precisa del flujo en el canal B del medidor digital.
- 11 Ajuste la configuración de “promedio de tiempo” a 5 segundos una vez alcanzados los 50 pascales de diferencia de presión. En días ventosos, utilice un ajuste de promedio de tiempo de 10 segundos o de largo plazo.
- 12 **NO PUEDE ALCANZAR LOS CINCUENTA:** si el edificio tiene muchas fugas, es posible que no se pueda alcanzar una diferencia de presión de, al menos, 45 pascales con el ventilador abierto. Aún se puede completar la prueba y, siempre que el medidor esté en el modo PR/FL@50, se visualizará automáticamente una estimación de fuga de CFM₅₀ en el canal B.
- 13 Documente los CFM₅₀ del canal B del medidor digital en el Libro de diagnósticos. Mida la temperatura interior y exterior, y regístrelas en el Libro de diagnósticos.

Seguimiento de la prueba de infiltración de aire

1. Regrese la casa a su estado original.
2. Inspeccione las luces piloto de los aparatos de combustión para asegurarse de que la prueba de infiltración de aire no las haya apagado.
3. Reinicie los termostatos de los calentadores y los calentadores de agua que se bajaron para la prueba.
4. Documente cualquier estado inusual que afecte a la prueba de infiltración de aire y el lugar donde se colocó la puerta sopladora. Documente la prueba con fotos si fuera necesario.

1.4 Sellado de aire y calidad del aire interior

El sellado de aire afecta a la calidad del aire interior de la casa al reducir la cantidad de ventilación natural. Cuando la ventilación natural se reduce por debajo de un determinado nivel, a veces es necesario recurrir a la ventilación mecánica de escape para garantizar la expulsión de los contaminantes al exterior y la entrada de suficiente aire fresco al edificio.

Para obtener instrucciones sobre cómo calcular el requisito de ventilación de toda la casa, consulte el Libro de diagnósticos. Siempre que sea posible, instale el 100 % del índice de ventilación mecánica requerido.

Consulte la *Ventilación mecánica en el Capítulo 5, Sección 5.12* para obtener más información sobre los requisitos de ventilación.

1.4.1 Sellado de aire

Complete el trabajo de sellado de aire de manera razonable y rentable. La primera prueba de infiltración de aire (prueba "tal cual está") documenta el estado de permeabilidad general del edificio antes de que comiencen los trabajos de climatización. Ayuda a las cuadrillas a determinar la probabilidad de completar el trabajo de sellado de aire. Para identificar qué sellado de aire debe completarse y dónde, utilice la puerta sopladora junto con una cámara infrarroja, el humo, o "sienta" con las manos para localizar las fugas de aire. Otra herramienta que ayuda a guiar el sellado de aire es el diagnóstico de presión por zona. Consulte el *Diagnóstico de presión por zona (ZPD) en el Capítulo 1, Sección 1.5* con el fin de obtener instrucciones sobre el uso de la prueba de presión por zona para guiar el sellado de aire.

El sellado de aire principal se completa en el edificio junto con la instalación de cualquier otra medida del armazón o antes de ella. Incluye la instalación de vidrios que falten en las ventanas, el sellado de orificios gruesos en la envoltura del edificio, el sellado de las uniones clave de la construcción y el sellado de todas las derivaciones principales del ático.

Para los huecos de más de ¼", utilice el calafateado, la lana de acero u otro material a prueba de plagas para rellenar la penetración antes de sellarla. Si un vano es mayor que 24 pulgadas, instale vanos de soporte que estén clasificados para abarcar dicha distancia debajo de la carga existente (si no se aísla) o prescrita (si se agrega aislamiento). Las penetraciones se sellarán con un material duradero que tenga una vida útil mínima prevista de 10 años.

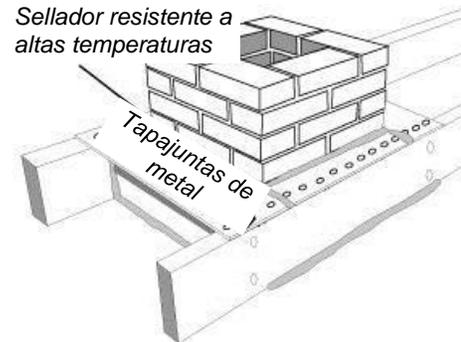
El sellado de aire secundario es el que ocurre después de la finalización del sellado de aire principal y de todas las medidas del armazón, y está limitado a 1 hora de trabajo. La decisión de completar un sellado de aire secundario la determinará el jefe de la cuadrilla. Muchas veces, el sellado de aire secundario tiene un impacto mínimo en el ahorro de energía, pero puede mejorar la comodidad de los ocupantes. El sellado de aire secundario puede incluir burletes de ventanas y puertas, burletes con escobillas para puertas, sellado de aire de las ventanas y calafateado alrededor de las molduras.

Los defectos comunes de la barrera de aire que requieren un sellado de aire incluyen, entre otros, los siguientes:

Áticos y otros espacios ocultos

1. **Plafones interiores bajos:** cubra el plafón con material rígido y haga un sellado de aire alrededor del perímetro de la cobertura. Si el plafón está situado en un área difícil de acceder o a lo largo de una pared exterior, considere rellenar el plafón con un relleno compactado. Cuando el plafón contenga una luminaria no clasificada como IC, asegúrese de que todos los aislamientos se mantengan, al menos, a 3 pulgadas de distancia de la parte superior y los lados de la luminaria; o bien, obtenga la aprobación del propietario para reemplazarla por una luminaria clasificada como IC o de montaje empotrado. A veces, el ZPD revela que estas áreas no tienen fugas. Considere realizar una prueba antes del sellado de aire y documente, en función de los resultados de la prueba, la decisión de sellar o no sellar.

2. **Alrededor de las chimeneas de mampostería:** utilice un metal de calibre 26, o más pesado, y un sellador apropiado para la temperatura, a fin de sellar dentro de las 3 pulgadas de la chimenea. Se debe dejar un espacio libre de 3 pulgadas para los conductos de humos y las ventilaciones.



Sellado alrededor de las chimeneas: solo se pueden utilizar materiales incombustibles, como el metal, para sellar alrededor de las chimeneas.

3. **Entramado continuo/tabiques abiertos:** cubra las aberturas de los montantes con material rígido y haga un sellado de aire alrededor del perímetro de la cobertura. Rellene la cavidad con lanas de fibra de vidrio para que el respaldo del relleno no se doble, hunda ni mueva una vez instalado. Selle con espuma o rellene con un aislamiento compactado.

4. **Luces empotradas:** para las luminarias con clasificación IC, selle la luminaria. Utilice sellador o masilla para preparar el aislamiento. En el caso de las luminarias sin clasificación IC, instale en el cielo raso un kit de renovación de luces LED con sellado de aire o construya una cubierta hermética en el ático mediante el uso de materiales incombustibles que no permitan una rápida transferencia del calor. Solo se pueden utilizar placas de yeso o cemento si se mantiene un espacio libre de tres pulgadas. La lámina metálica no es un material permitido. No se puede instalar el aislamiento sobre la parte superior de la cubierta hermética para evitar la acumulación de calor.

5. **Placas superiores de las paredes, a las que se les identifican fugas (paredes exteriores e interiores):** busque un aislamiento sucio sobre las placas superiores; esto indica una fuga de aire. La presurización de la casa con la puerta sopladora aumentará las fugas más pequeñas y difíciles de localizar. Utilice espuma o masilla para sellar las placas superiores con fugas. En las viviendas multifamiliares, esta vía de fuga puede estar presente en la placa superior de los muros medianeros.

6. **Penetraciones eléctricas y de otro tipo a través de las placas superiores de las paredes:** utilice masilla o espuma de una parte.

7. **Penetraciones en el cielo raso:** estas pueden incluir instalaciones eléctricas, extractores de aire, bajantes sanitarias, tubos de escape de secadoras, red de conductos del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), etc. Selle con espuma o masilla, según corresponda. Selle desde el interior cuando sea posible, en lugar de hacerlo desde el ático.

8. **Uniones clave:** las uniones clave son los vacíos de la estructura y los espacios compartidos en los que convergen dos o más ensamblajes del edificio. Utilice espuma o masilla para sellar las uniones clave. Otra opción es utilizar el método de la bolsa con celulosa. Consulte *Instalación del aislamiento del ático en casas de 1 piso y medio en el Capítulo 2, Sección 2.2.7*, para obtener información sobre el método de la bolsa.

9. **Ventilador para toda la casa:** si el ventilador está en funcionamiento, arme una caja alrededor de él e instale una cubierta que se abra cuando el ventilador esté

en funcionamiento y se cierre cuando el ventilador esté apagado. La cubierta debe ser hermética al estar cerrada.

10. **Ventiladores de baño con fuente de calor:** construya una cubierta hermética en el ático mediante el uso de materiales incombustibles que no permitan una rápida transferencia del calor. Solo se pueden utilizar placas de yeso o cemento si se mantiene un espacio libre de tres pulgadas. La lámina metálica no es un material permitido. No se puede instalar el aislamiento sobre la parte superior de la cubierta hermética para evitar la acumulación de calor.

Cimientos

1. **Durmiente:** aplique un sellado continuo con espuma o masilla a lo largo de todo el hueco entre el durmiente y los cimientos. Finalizar en la parte exterior será más efectivo en la mayoría de los edificios.
2. **Vigueta de borde/solera de caja:** después de sellar el durmiente, selle todas fugas con espuma o masilla. Busque suciedad en el aislamiento de la solera de caja como evidencia de la fuga de aire. El uso de la puerta sopladora puede aumentar las fugas más pequeñas.
3. **Penetraciones:** utilice espuma o masilla para sellar las penetraciones y grietas grandes identificadas en los cimientos. Si la espuma va a estar expuesta a la luz solar, tome precauciones para protegerla del deterioro.

Sótano

1. **Chimeneas inactivas y bocas de limpieza:** realice un sellado de aire para evitar fugas y reducir los bucles convectivos. Etiquete claramente la chimenea para indicar que ya no está apta para el uso.
2. **Bañeras en paredes exteriores:** instale un aislante de relleno compactado en el espacio abierto entre la bañera y la pared exterior, si fuera posible.

Ventanas

1. **Falta de vidrios en las ventanas:** instale un nuevo vidrio en la ventana o selle la abertura de otro modo al seguir las prácticas seguras de trabajo con plomo y amianto. Consulte *Reparación y reemplazo de ventanas en el Capítulo 6, Sección 6.1.1* para obtener información sobre la reparación y el reemplazo de las ventanas. El sellado de aire del vidrio agrietado de la ventana se considera un sellado de aire secundario.

Puertas

1. **Reparación de puertas:** selle los huecos entre el tope y la jamba con masilla. El sellado de los huecos entre el tope o la jamba de la puerta se incluye dentro del sellado de aire secundario.
2. **Puertas del garaje:** coloque burletes en todas las puertas que conecten las áreas acondicionadas con un garaje adjunto.

1.5 Diagnósticos de presión por zona

Las pruebas de ZPD ayudan a cuantificar las fugas de aire de la casa a las “zonas” intermedias. Mediante el uso de las pruebas de ZPD, los trabajadores pueden priorizar el

sellado de aire a las áreas del límite de presión donde será más eficaz. Las pruebas de ZPD pueden permitir que los trabajadores ahorren tiempo trabajando en zonas cuyas derivaciones del aire sean insuficientes para garantizar un sellado de aire extenso. Algunas zonas intermedias comunes son los áticos, los garajes y los espacios debajo del piso.

Las pruebas de ZPD calculan un **paso total** de fugas de CFM₅₀ desde el exterior, pasando a través de la zona hasta el espacio acondicionado. Por ejemplo, un buen objetivo para “todas las derivaciones principales del ático” es que el paso total, a través de todos los áticos hasta el espacio acondicionado, no sea superior al 10 % de la fuga de aire total de la casa. Por ejemplo, una casa con una prueba de infiltración de aire final de 2200 CFM₅₀ debería tener un paso total a través de todas las zonas intermedias del ático de no más de 220 CFM₅₀.

Al llevar a cabo las pruebas de ZPD, utilice la prueba de infiltración de aire final estimada por los auditores, no la prueba de infiltración de aire en curso, para calcular la permeabilidad de una zona. Documente cualquier circunstancia inusual en la sección Comentarios de la hoja de trabajo de Datos de la puerta sopladora, que se encuentra dentro del Libro de diagnósticos.

Siempre realice la prueba de ZPD al impermeabilizar un edificio con un garaje adjunto. Registre los resultados de la prueba de ZPD inicial antes de comenzar el sellado de aire y la prueba de ZPD final en la hoja de trabajo ZPD del garaje, que se encuentra dentro del Libro de diagnósticos.

Utilice el ZPD para guiar las decisiones sobre dónde dirigir los esfuerzos de sellado de aire. El ZPD puede permitir que los trabajadores realicen lo siguiente:

1. Evaluar la hermeticidad de secciones específicas del límite de presión de un edificio, especialmente, pisos y cielos rasos.
2. Decidir cuál de las dos posibles barreras de aire sellar; por ejemplo, sellar en la cubierta del primer piso frente a sellar en los muros de contención. Véase la *Tabla 1-2 del Capítulo 1, Sección 1.5.3*.
3. Calcular la fuga de aire en CFM (pies cúbicos por minuto) a través de una barrera de aire particular.
4. Determinar si las áreas, como las cavidades del piso, los techos de los porches y los voladizos, son conductos de fuga de aire.
5. Determinar si las cavidades del edificio, las zonas intermedias y los conductos están conectados por fugas de aire.

Las pruebas de ZPD deben utilizarse siempre que sea apropiado. Por lo general, eso es así cuando la vivienda cumple con una o más de las siguientes condiciones:

1. Problemas de humedad estructural relacionados con un escape de aire húmedo hacia las zonas no calefaccionadas.
2. Varias zonas cuando es necesario determinar la vinculación entre las zonas o establecer las prioridades de sellado de aire.
3. Resultado inusualmente alto de la puerta sopladora, sin indicación de dónde se origina la fuga de aire.

- Los resultados del ZPD completado deben documentarse en el Formulario de diagnóstico de presión por zona requerido que se encuentra dentro del Libro de diagnósticos.

Tabla 1-1: Rendimiento de los componentes del edificio en cuanto al aire

| Buenas barreras de aire (<2 CFM ₅₀ por 100 ft ²) | Barreras de aire aceptables (2-10 CFM ₅₀ por 100 ft ²) | Barreras de aire deficientes (10-1000 CFM ₅₀ por 100 ft ²) |
|---|---|---|
| Tablero de partículas orientadas de 5/8" | Filtro perforado N.º 15 | Láminas de madera machihembradas de 5/8" |
| Panel de yeso de 1/2" | Bloque de hormigón | Lana de fibra de vidrio de 6" |
| Papel de barrera de aire de 4 mm | Mampostería ordinaria | Celulosa por pulverización húmeda de 1 1/2" |
| Tejas de asfalto y fieltro perforado sobre madera contrachapada de 1/2" | Placa de fibra revestida con asfalto de 7/16" | Revestimiento de madera sobre recubrimiento de tablas |
| Placa dura templada de 1/8" | Poliestireno expandido de 1" | Tejas de madera sobre recubrimiento de tablas |
| Listón y yeso pintados y sin fisuras | Revestimiento de ladrillos | Aislante de fibra insuflado |

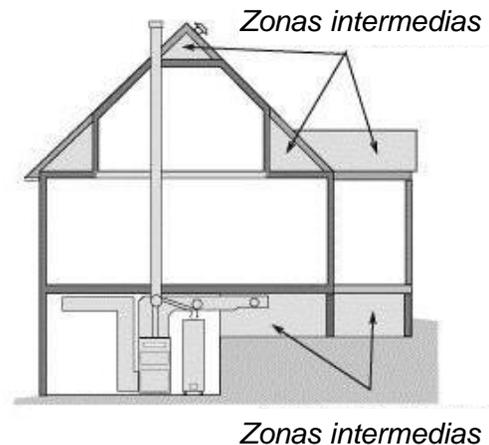
Medidas tomadas a una presión de 50 pascales.
 Basado en información extraída de: "Air Permeance of Building Materials" de Canada Mortgage Housing Corporation, junio de 1988, y estimaciones de ensambles comparables realizadas por el autor.
 Aunque la celulosa reduce las fugas de aire cuando se insufla en las paredes, no se considera un material de barrera de aire.

Límite de presión primario frente al secundario

El **límite de presión primario**, o barrera de aire, comprende aquellas superficies del armazón del edificio que contienen el aire acondicionado de la vivienda y que evitan las fugas de aire. Idealmente, el límite de presión primario será lo más continuo posible y estará alineado con el límite térmico del edificio.

El **límite de presión secundario** comprende las superficies del edificio que están fuera del límite térmico y que se combinan con los límites de presión primarios para formar zonas intermedias.

Las **zonas intermedias** son espacios que están aislados fuera del límite térmico de la casa, pero que están protegidos dentro del armazón exterior de ella. Las zonas intermedias pueden incluir las áreas no acondicionadas, como sótanos, espacios debajo del piso, áticos, porches cerrados y garajes adjuntos. Antes de la climatización, las zonas intermedias pueden estar incluidas dentro del límite de presión primario de la casa o fuera de él. Uno de los objetivos de la climatización es mejorar el límite de presión para que estas zonas no acondicionadas queden aisladas fuera del límite de presión primario de la casa.



Las zonas intermedias tienen dos límites de presión posibles: uno entre la zona y la casa, y otro entre la zona y el exterior. Por ejemplo, un ático tiene dos límites de presión: el cielo raso y la cubierta del tejado. Es esencial determinar cuál de los dos sirve como límite de presión primario.

Una vez completada la climatización, el límite más hermético debe ser el límite de presión primario y el menos hermético debe ser el límite de presión secundario. El límite de presión primario debe ser adyacente al aislante para garantizar la eficacia de este. La barrera de aire debe estar compuesta por materiales continuos que estén sellados en las uniones y que sean relativamente impermeables al flujo de aire.

1.5.1 Pruebas sencillas de fugas de aire

Durante una prueba de infiltración de aire, se puede identificar información valiosa sobre la permeabilidad relativa de las habitaciones o secciones de la casa.

A continuación, se presentan cinco métodos sencillos para localizar las fugas de aire.

- 1 **Sentir la fuga de aire:** desde el interior del edificio a lo largo del límite de presión primario, el movimiento del aire se sentirá durante una prueba de despresurización. Desde el interior de una zona intermedia a lo largo del límite de presión primario, el movimiento del aire se sentirá durante una prueba de presurización. La fuga de aire de una habitación se puede sentir al cerrar una puerta interior. Cuando hay un espacio más pequeño entre la puerta y la jamba, el flujo de aire se acelera. Sienta el flujo de aire a lo largo de esa rendija y compare esa intensidad del flujo de aire con el flujo de otras habitaciones mediante el uso de la misma técnica.
- 2 **Observar el movimiento causado por la fuga de aire:** para localizar las fugas de aire del interior, despresurice la casa y fíjese si hay telarañas, cortinas y polvo en movimiento. Para localizar las fugas de aire de las zonas intermedias, presurice la casa y fíjese si se mueve el aislante de relleno suelto, si hay polvo o telarañas en movimiento.
- 3 **Observar el movimiento del humo:** el uso de un generador de humo para detectar las áreas de fuga de aire es el mejor método para diagnosticar las fugas de aire del límite de presión primario durante una prueba de **presurización**.
- 4 **Imágenes térmicas:** observe las superficies con una cámara infrarroja. Las áreas de alto contraste o de resplandor a lo largo de las molduras del edificio pueden indicar la presencia de una fuga de aire. La observación de la superficie antes y después de hacer funcionar la puerta sopladora puede indicar cambios en la temperatura de la superficie, causados por la fuga de aire.



Prueba de puertas interiores: el sentir el flujo de aire con la mano en la rendija de una puerta interior brinda una indicación aproximada de la fuga de aire que proviene del exterior a través de esa habitación.

- 5 **Diferencia de flujo de aire en la habitación:** mida los CFM₅₀ de la casa con todas las puertas interiores abiertas. Cierre la puerta de una sola habitación o del sótano y observe la diferencia en la lectura de CFM₅₀. La diferencia es la fuga aproximada a través de esa habitación o del sótano.

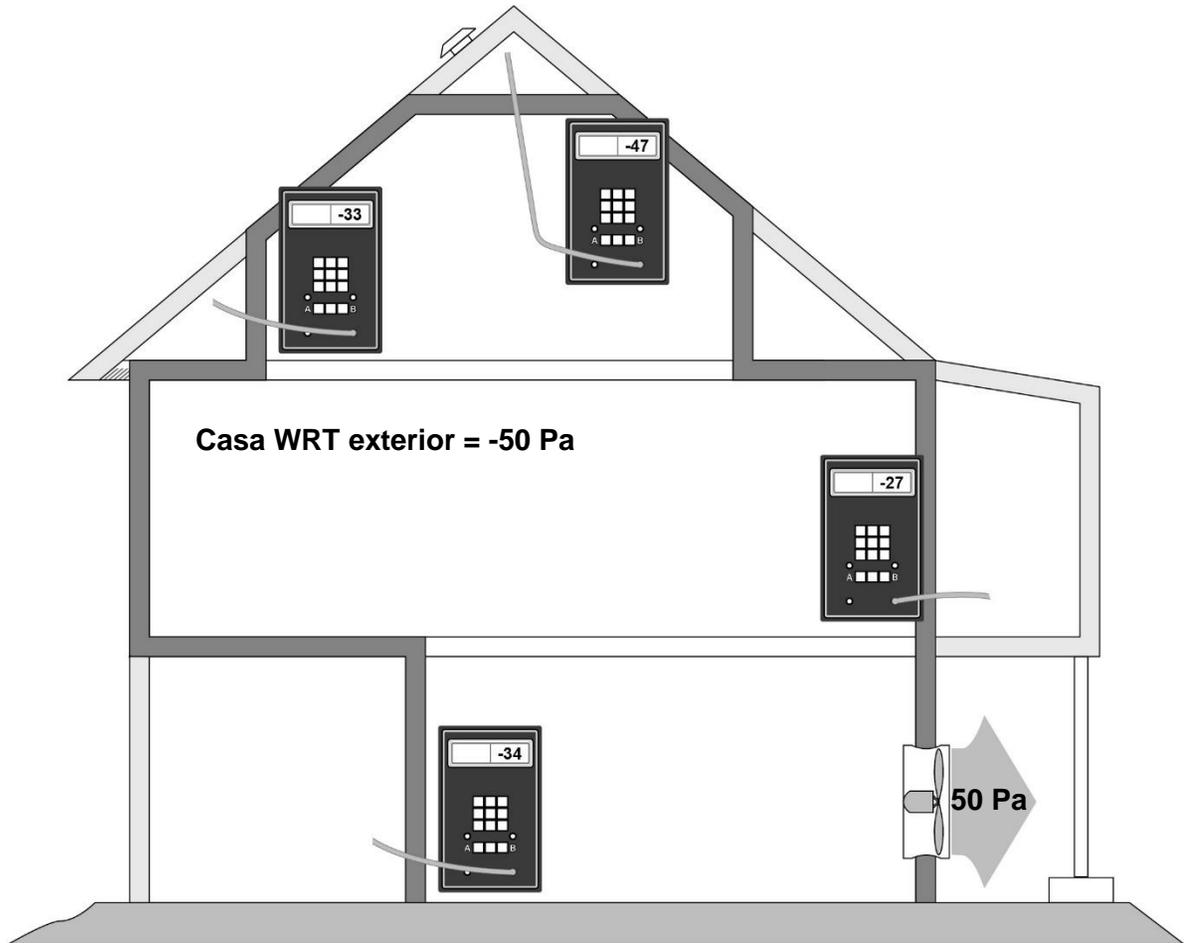
Las pruebas 1 a 3 pueden ser completadas por el ocupante como parte de la educación del cliente. El sentir el flujo de aire u observar el humo son observaciones sencillas, y pueden identificar muchas fugas de aire o revelar que las ventanas y las puertas tienen una fuga de aire mínima. Las pruebas 4 y 5 requieren experiencia para interpretar las observaciones. Las superficies de alto contraste pueden aparecer de esa forma cuando se utiliza una cámara infrarroja porque están más calientes o más frías. Esto puede deberse a la falta de aislamiento de la cavidad o a una fuga de aire a través o detrás de la superficie. Cuando el flujo de aire dentro de la casa se restringe al cerrar una puerta, como en la prueba 5, este puede tomar vías interiores alternativas que reduzcan la precisión de la prueba.

La experiencia y la capacitación pueden orientar las decisiones sobre la aplicabilidad y la utilidad de estas pruebas sencillas.

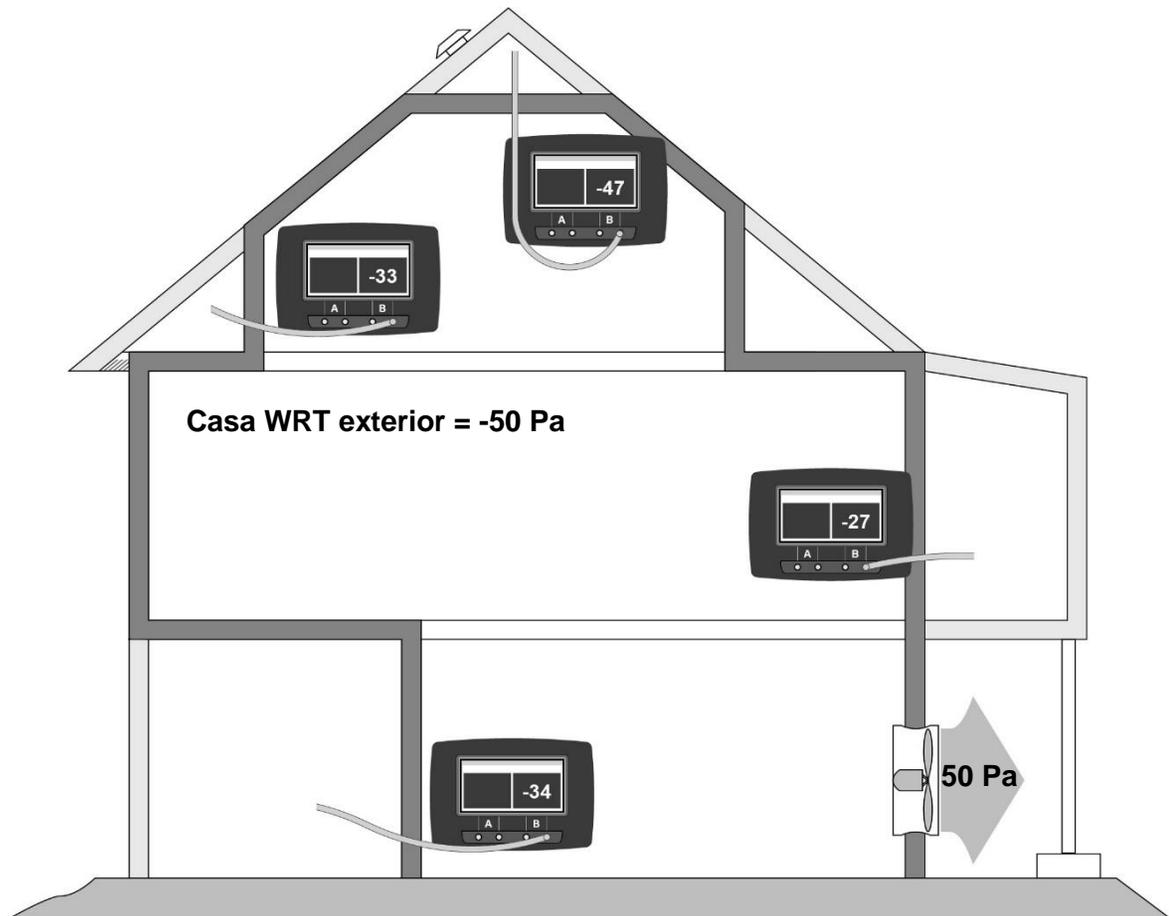
1.5.2 Uso de un medidor digital para probar los límites de presión

Un medidor digital, utilizado para las pruebas de infiltración de aire, también puede medir las presiones entre la casa y sus zonas intermedias durante las pruebas de infiltración de aire. La puerta sopladora, cuando se utiliza para crear una diferencia de presión de 50 pascales entre la casa y el exterior, también crea presiones entre la casa y la zona que pueden variar de 0 a 50 pascales en las zonas intermedias del edificio. La cantidad de presión diferencial depende de la permeabilidad relativa de los dos límites de presión de la zona.

Por ejemplo, en un ático con pequeños agujeros en el cielo raso y un techo bien ventilado, la presión entre la casa y la zona puede ser de 45 a 50 pascales. Este ático se describe como que está “mayormente afuera” del límite de presión de la casa. Cuanto más grandes sean los agujeros en el cielo raso con agujeros más pequeños en el techo, menor será la presión diferencial entre la casa y la zona, y más se podrá describir al ático como que “está adentro”. Este principio es válido para otras zonas intermedias, como los espacios debajo del piso, los garajes adjuntos y los sótanos no calefaccionados.



Pruebas de presión en las zonas del edificio utilizando un DG-700: la medición de la diferencia de presión a través del supuesto límite térmico le indica si la barrera de aire y el aislamiento están alineados. Si el medidor digital da una lectura cercana a -50 pascales, están alineados, suponiendo que las zonas intermedias probadas estén bien conectadas con el exterior.



Pruebas de presión en las zonas del edificio utilizando un DG-1000: la medición de la diferencia de presión a través del supuesto límite térmico le indica si la barrera de aire y el aislamiento están alineados. Si el medidor digital da una lectura cercana a -50 pascales, están alineados, suponiendo que las zonas intermedias probadas estén bien conectadas con el exterior.

Diagnóstico de presión por zona de solo presión

1. Encuentre un agujero existente entre el espacio acondicionado y la zona intermedia. Si no, con el permiso del cliente, perforo un agujero a través del piso, la pared o el cielo raso hasta la zona.
2. Introduzca una manguera en la zona y conéctela a la llave de referencia del canal B del medidor digital.
3. Deje abierta la llave de entrada del medidor digital hacia el interior.
4. Encienda la puerta sopladora y cree una diferencia de presión de 50 pascales en la Casa con referencia al Exterior (HwrtO) mediante el uso del canal A.
5. Lea el diferencial de presión en el canal B. Este es el diferencial de presión de la Casa con referencia a la Zona (HwrtZ). Por regla general, las lecturas cercanas a los 50 pascales indican que la zona está menos conectada a la casa en comparación con la conexión al exterior. Las lecturas de prueba muy inferiores a los 50 pascales suelen indicar la presencia de fugas de aire a lo largo del límite de presión primario. Cuanto menor sea la presión entre la casa y la zona, mayor

será el tamaño de los agujeros desde la casa hasta la zona.

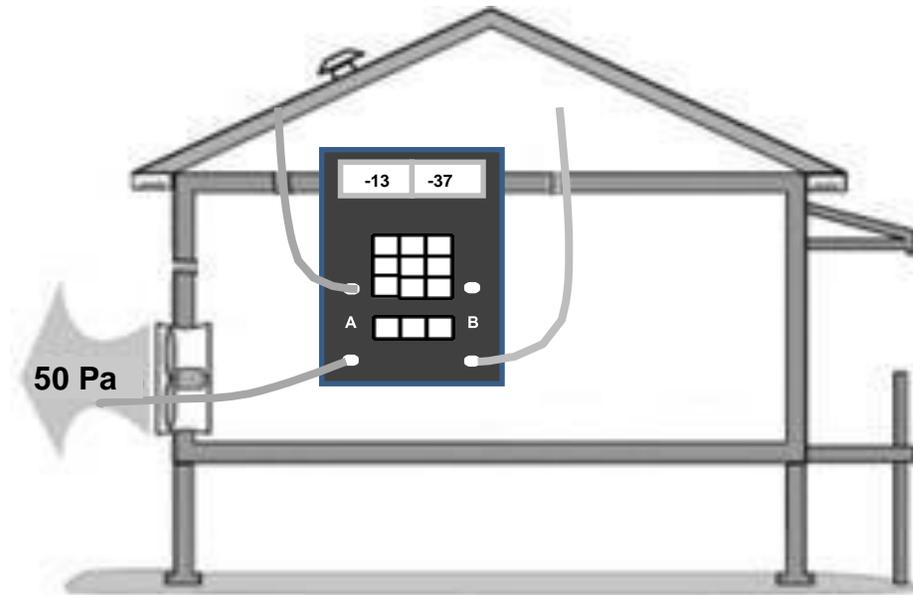
El principio principal de las fugas de aire en serie es una relación directa entre los diferenciales de presión medidos y la proporción del tamaño de los agujeros en los límites de presión primario y secundario.

Este método permite al usuario calcular el área de la superficie de fuga de aire a través de uno de los límites si se conoce el área de la superficie de fuga de aire a través del otro límite, o se lo supone.

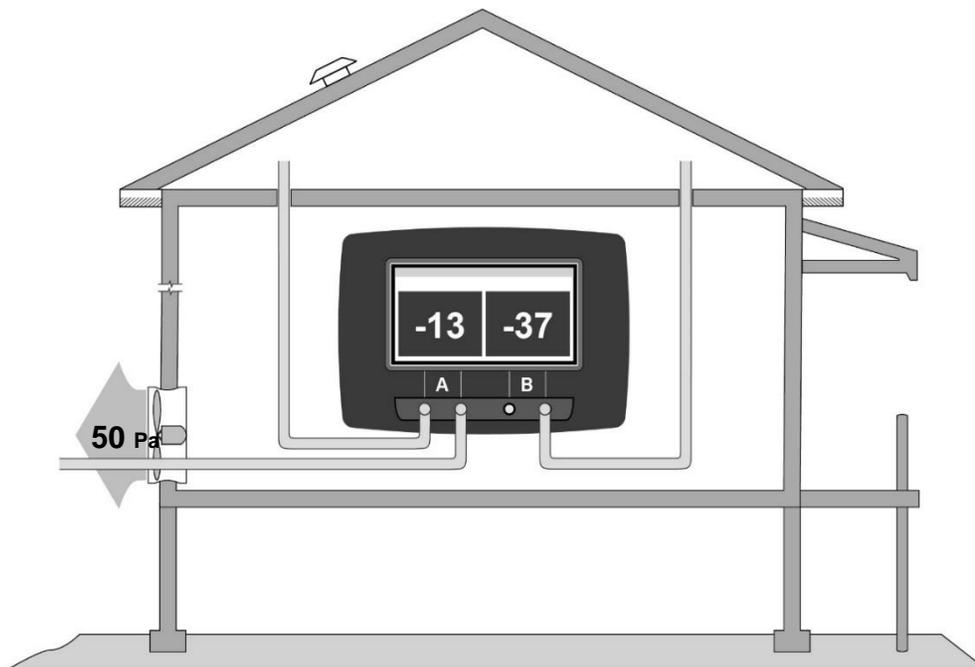
Por ejemplo, las pruebas pueden indicar un diferencial de presión HwrtZ de 41 Pa y un diferencial ZwrtO de 9 Pa cuando la diferencia de presión HwrtO es de 50 Pa. Según la tabla de Relaciones de derivaciones del ático, si el límite de presión secundario (techo) tuviera 300 pulgadas cuadradas de ventilación, esto indicaría la presencia de aproximadamente 100 pulgadas cuadradas de derivaciones situadas en el límite de presión primario (cielo raso).

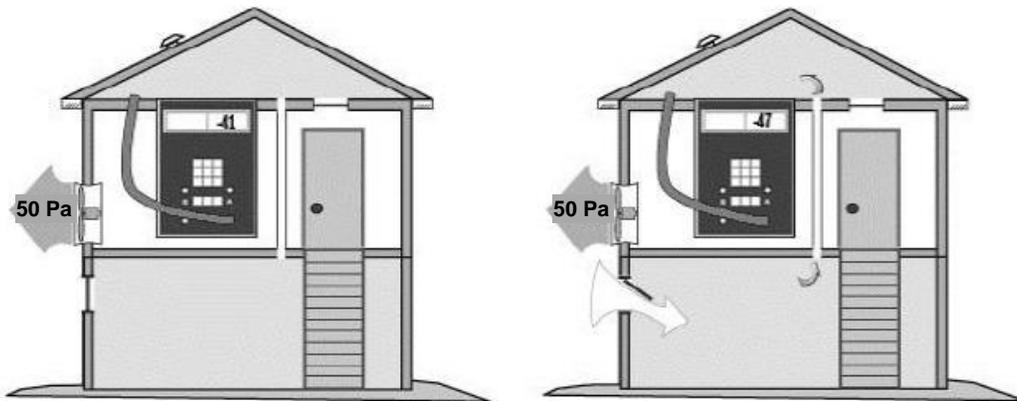
| Relaciones de derivaciones del ático | | |
|--------------------------------------|-------|---|
| Presiones de las zonas | | Tamaño relativo de los agujeros de derivación en comparación con los agujeros del techo (p. ej., ventilación) |
| ZwrtO | HwrtZ | HwrtZ |
| 1 | 49 | 1/13 |
| 2 | 48 | 1/8 |
| 5 | 45 | 1/4 |
| 9 | 41 | 1/3 |
| 13 | 37 | 1/2 |
| 25 | 25 | 1 |
| 38 | 12 | 2 |

- Si la prueba indica la presencia de fugas de aire importantes, encuentre y selle las fugas de la barrera de aire.



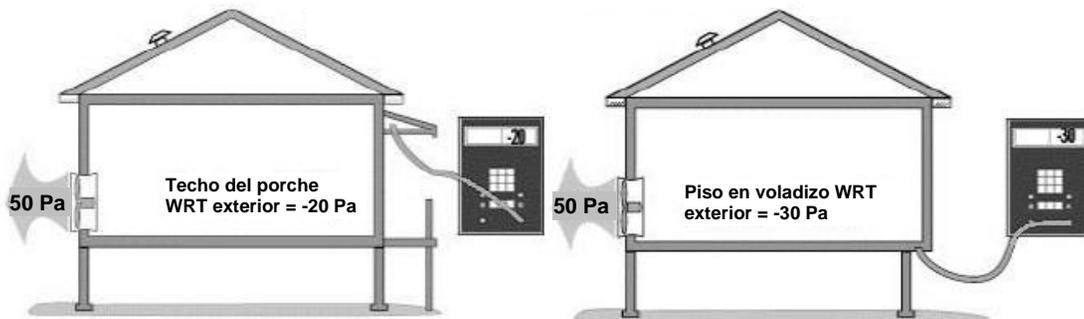
Presión del ático al exterior: el lado izquierdo del medidor muestra una presión del ático WRT exterior de -13 pascales, mientras que el lado derecho del medidor muestra una presión de la Casa WRT Ático de -37 pascales. Las dos lecturas suman -50 pascales para confirmar una presión Casa WRT Exterior de 50 pascales.





Conexión de las zonas: las mediciones del ático se acercan más a las del exterior después de abrir la ventana del sótano, lo cual indica que el ático y el sótano están conectados por una gran derivación.

Estos ejemplos suponen que el medidor digital está en el exterior con el puerto de referencia abierto al exterior.



Prueba del techo del porche: si el techo del porche estuviera afuera, en el medidor digital se leería cerca de 0 pascales. Esperamos que el techo del porche esté en el exterior porque está fuera del aislamiento. Sin embargo, encontramos que está parcialmente conectado con el interior, lo

Prueba del piso en voladizo: esperamos encontrar que el piso en voladizo esté en el interior. Una lectura de -50 pascales indicaría que está completamente en el interior. Aquí se mide una lectura menos negativa que -50 pascales, lo cual indica que la cavidad del piso está parcialmente

Prueba de fugas en las cavidades del edificio

Las cavidades del edificio, como las cavidades de las paredes, las cavidades del piso entre plantas, y los plafones bajos en cocinas y baños, también pueden someterse a una prueba de presión con un medidor digital para determinar su conexión con el exterior.

Prueba de la conexión de las zonas

A veces es útil determinar si dos zonas intermedias están conectadas por un pasaje de aire, como una derivación grande. Se puede determinar si dos zonas están conectadas al medir la presión entre la casa y la zona durante una prueba de infiltración de aire y luego, después de abrir la otra zona al exterior. El abrir una puerta interior que dé a una de las

zonas y comprobar los cambios de presión en la otra zona también puede ayudar a determinar las conexiones.

1. Encienda la puerta sopladora y establezca un diferencial de presión de 50 pascales entre la casa y el exterior.
2. Pruebe y registre el diferencial de presión entre la casa y la zona de una de las zonas.
3. Abra una puerta o cree alguna otra vía de acceso a la otra zona.
4. Restablezca un diferencial de presión de 50 pascales entre la casa y el exterior, ya que la apertura de la vía de acceso cambiará la presión general de la casa.
5. Vuelva a probar el diferencial de presión entre la casa y la zona en la primera zona. Si la apertura de la vía de acceso provocó un cambio en el resultado de la prueba, esto evidencia que existe una conexión entre las dos zonas.

1.5.3 Localización del límite de presión/térmico

Dónde hacer un sellado de aire y aislar es una decisión importante de renovación. Las presiones de las zonas son uno de los varios factores que se utilizan para determinar dónde debe ubicarse el límite térmico. Cuando hay dos opciones de lugar donde aislar y realizar el sellado de aire, las presiones de las zonas, junto con otras consideraciones, ayudan a decidir dónde ubicar los límites térmicos y de presión.

En las pruebas de fugas por zonas, la presión entre la casa y la zona suele utilizarse para determinar cuál de los dos límites de presión es más hermético (cuál tiene agujeros de menor tamaño).

Por ejemplo, un diferencial de presión de 26 a 50 pascales entre la casa y la zona significa que, probablemente, el límite de presión primario sea más hermético que el límite secundario. Si el límite secundario es bastante hermético, es difícil conseguir un diferencial de presión de 50 pascales entre la casa y la zona.

Sin embargo, si el techo está bien ventilado, es posible crear un diferencial de casi 50 pascales. Si el techo está demasiado ventilado, es fácil crear un diferencial de casi 50 pascales.

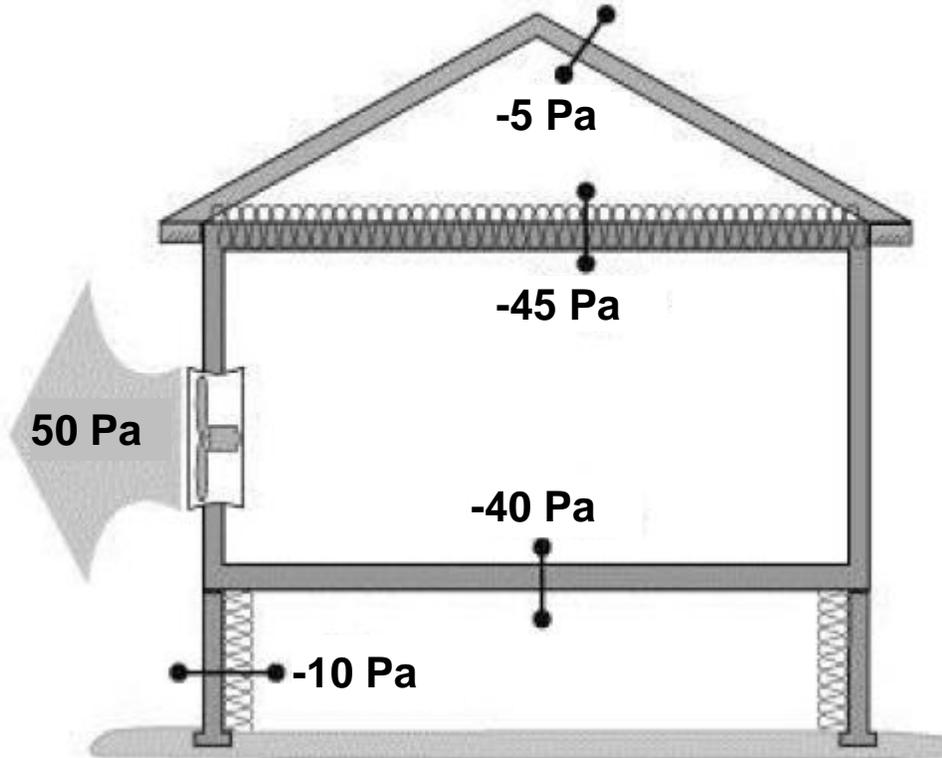
Por el contrario, un diferencial de presión de cero a 25 pascales entre la casa y la zona significa que el límite de presión secundario es más hermético que el límite primario. Si el techo está bien ventilado, estas lecturas indican que el cielo raso tiene aún más superficie de fuga que el techo.

Piso frente a espacio debajo del piso

El piso que se muestra aquí es más hermético que los muros de contención del espacio debajo del piso. Si los muros de contención del espacio debajo del piso están aislados, los agujeros y los respiraderos del muro de contención deben sellarse hasta que la diferencia de presión entre el espacio debajo del piso y el exterior sea lo más cercana posible a 50 pascales, idealmente más de 48 pascales. Un muro de contención con fugas hace que su aislamiento sea ineficaz.

Podría ser más eficaz impermeabilizar el piso que tiene un espacio debajo de él. Si se

aísle el piso en lugar de los muros de contención, que tienen un sellado de aire completo, la presión y el límite térmico estarían alineados en el piso. Si el espacio debajo del piso es adyacente a un sótano y el límite térmico debe trasladarse al piso, recuerde que el límite térmico incluye ahora la pared que separa el sótano del espacio debajo del piso. Aísle esta pared y realícele un sellado de aire de manera adecuada.



Mediciones de presión y ubicación de la barrera de aire: la barrera de aire y el aislamiento están alineados en el cielo raso como debería ser. Las mediciones de presión en el espacio debajo del piso muestran que el piso es la barrera de aire y el aislamiento está desalineado, instalado en el muro de contención. Podríamos decidir cerrar los respiraderos del espacio debajo del piso y realizar un sellado de aire en este espacio. Entonces, el aislamiento estaría alineado con la barrera de aire.

Sin embargo, suele tener más sentido situar el límite térmico en los muros de contención del espacio debajo del piso, en lugar de hacerlo en el piso. Situar el límite térmico en los muros de contención elimina la preocupación de que haya tuberías congeladas en el espacio debajo del piso. Además, el tratamiento de los muros de contención suele requerir menos trabajo y material que el tratamiento del piso.

Tabla 1-2: Espacio debajo del piso: ¿Dónde debería estar la barrera de aire?

| Factores que favorecen al muro de contención | Factores que favorecen al piso |
|--|---|
| Barrera contra la humedad del suelo y buen drenaje perimetral presente o previsto. | Espacio húmedo debajo del piso con poca o ninguna mejora ofrecida por la climatización. |
| La prueba muestra que los muros de contención son más herméticos que el piso. | La prueba muestra que el piso es más hermético que los muros de contención. |
| La unidad de calefacción central, los conductos y la instalación hidráulica se encuentran en el espacio debajo del piso. | No hay ninguna instalación hidráulica ni calefacción en el espacio debajo del piso. |
| El muro de contención está aislado. | El piso está aislado. |

Tabla 1-3: Sótano desocupado: ¿Dónde debería estar la barrera de aire?

| Factores que favorecen al muro de contención | Factores que favorecen al piso |
|---|---|
| Drenaje del suelo y sin problemas de humedad. | Sótano húmedo sin solución durante la climatización. |
| Escalera interior entre la casa y el sótano. | El sellado de aire y el aislamiento del piso son una opción razonable, teniendo en cuenta el acceso y los obstáculos. |
| Conductos y unidad de calefacción central en el sótano. | No hay unidad de calefacción central ni conductos. |
| La prueba muestra que los muros de contención son más herméticos que el piso. | La prueba muestra que el piso es más hermético que los muros de contención. |
| Se puede ocupar el sótano algún día. | Entrada exterior y escalera solamente. |
| Lavadero en el sótano. | Muros de contención de mampostería ordinaria. |
| El sellado de aire y el aislamiento del piso serían muy difíciles de llevar a cabo. | Piso de tierra o piso de hormigón en estado de deterioro. |
| Piso de hormigón. | Muros de contención muy agrietados. |

Límite del garaje

En el caso de un garaje subterráneo o adjunto, localice los límites térmicos y de presión en el piso y las paredes que separan el garaje de los espacios habitables. Asegúrese de que las tuberías de estas cavidades del piso y de la pared estén situadas en el lado interior (caliente) de los límites térmico y de presión, para evitar que se congelen las tuberías.

En el caso de los garajes subterráneos, asegúrese de realizar un sellado de aire en la unión clave entre el piso y la vigueta por encima de la pared que separa el garaje de la casa. Utilice el método de la bolsa si fuera necesario. Consulte la *Instalación del aislamiento del ático en casas de 1 piso y medio (áticos acabados) en el Capítulo 2, Sección 2.2.7* para obtener más información sobre el método de la bolsa.

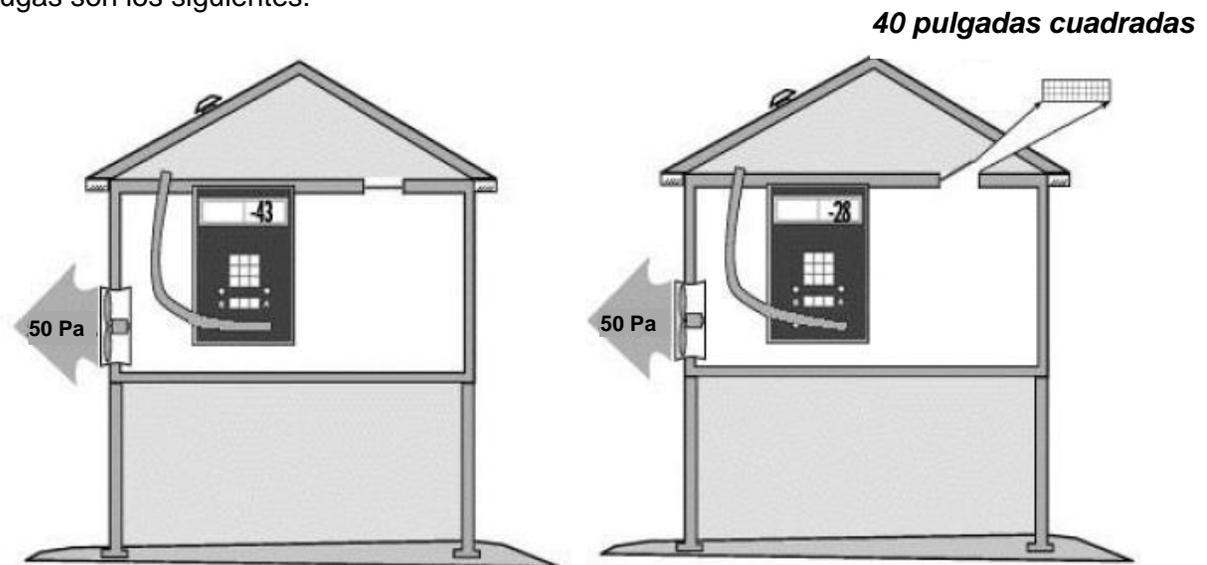
Ubicación de los conductos

Siempre que sea posible, ubique los límites térmicos y de presión para incluir la red de conductos. Esta es una mejor opción que aislar los conductos fuera del límite térmico, porque reduce la pérdida de energía de las fugas de los conductos.

1.5.4 Medición de fugas por zonas de "adición de un agujero"

El procedimiento "adición de un agujero" calcula el flujo de aire real entre la casa y la zona. Utilice la hoja de trabajo "Adición de un agujero" que se encuentra en el Libro de diagnósticos para realizar los cálculos descritos aquí. Este procedimiento funciona para la mayoría de las zonas intermedias que tienen una abertura o un acceso al interior.

La hoja de trabajo "Adición de un agujero" sirve para calcular los resultados de las fugas en función de los datos ingresados del usuario. Los tres cálculos de los resultados de fugas son los siguientes:



Prueba de "adición de un agujero": la primera presión de la casa al ático es de -43 pascales. Esta prueba funciona igual de bien con los espacios debajo del piso y los garajes adjuntos.

Prueba 2 de "adición de un agujero": la apertura de un agujero de aproximadamente 40 pulgadas cuadradas reduce la segunda presión de la casa a la zona en 15 pascales.

Paso total: este número representa la cantidad de fugas (en CFM₅₀) que pasa por ambos límites de presión.

Casa con referencia a la Zona: este número representa la cantidad de fugas que hay entre la casa y la zona.

Zona con referencia al Exterior: este número representa la cantidad de fugas que hay entre la zona y el exterior.

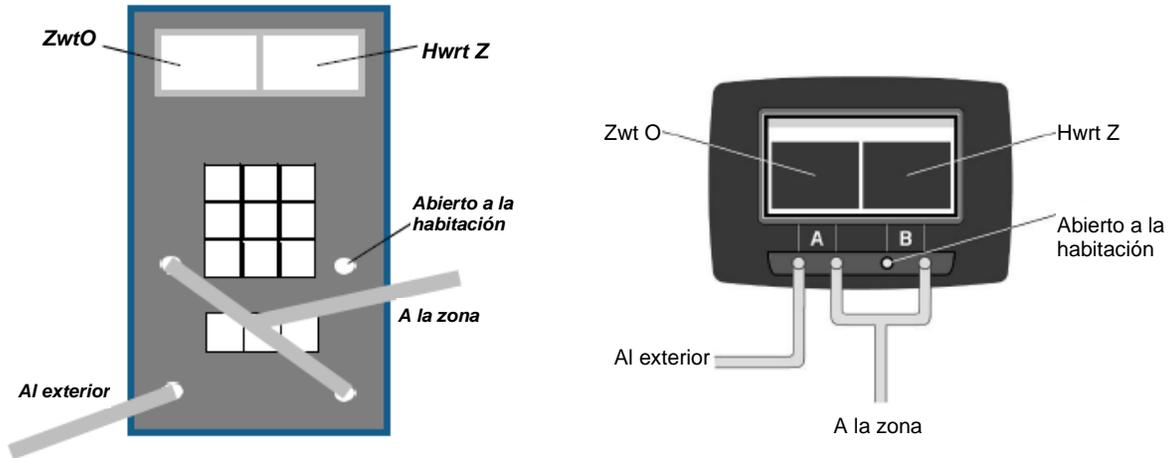
Idealmente, el porcentaje de fugas del paso total a través de los áticos es del 10 %, o menos, del valor total de la puerta sopladora. Este número se calcula mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje} = \text{Paso total} \div \text{CFM}_{50} \text{ de toda la casa}$$

Antes de iniciar una prueba de fugas por zona de "adición de un agujero", confirme que se pueda abrir un "agujero" entre la casa y la zona, o entre la zona y el exterior. El agujero podría ser la escotilla de un ático, una puerta hacia la zona o cualquier otra abertura.

Siga estos pasos para completar la prueba de ZPD de "adición de un agujero":

1. Prepare una prueba de infiltración de aire estándar. Ponga la casa en condiciones de funcionamiento invernal, apague todos los aparatos de combustión y mantenga las puertas interiores abiertas y quietas durante la prueba.
2. Coloque una manguera de presión de referencia que vaya hacia un lugar al aire libre que no se vea afectado por el viento. Despliegue una segunda manguera de presión hacia la zona, al mantener el extremo de la manguera alejado de las corrientes de aire que podrían ser ocasionadas por los respiraderos del techo y las derivaciones grandes. Ambas mangueras se conectarán al medidor digital más tarde durante la prueba. Asegúrese de que ambas mangueras sean lo suficientemente largas como para llegar al medidor al mismo tiempo.
3. Encienda el medidor de presión y déjelo en modo PR/PR para todas las pruebas. *No utilice la función Línea de base ajustada del medidor digital al completar los diagnósticos de presión por zona.*
4. Conecte un puente en T a la llave de entrada del canal A y la llave de referencia del canal B. Deje la llave del puente abierta al interior por el momento, sin manguera conectada. Conecte la manguera de presión exterior a la llave de referencia del canal A del medidor digital.
5. Abra la hoja de trabajo "Adición de un agujero" que se encuentra en el Libro de diagnósticos. Seleccione el tipo de prueba (despresurización o presurización) que se va a llevar a cabo.
6. Conecte la manguera de presión de la zona al puente en T. Registre las presiones de línea de base, la línea de base de la Zona con referencia al Exterior (ZwrtO) del canal A y la línea de base de la Casa con referencia a la Zona (HwrtZ) del canal B.



7. Retire la manguera de presión de la zona. Mida el diferencial de presión de la línea de base de la Casa con referencia al Exterior (HwrtO). Ingrese el resultado en el Libro de diagnósticos, como un número positivo o negativo. El libro calculará la presión ajustada, que se convierte en la presión objetivo del edificio para la prueba de infiltración de aire.
8. Ponga en marcha el ventilador de la puerta sopladora para crear una diferencia de presión HwrtO y ajuste la velocidad del ventilador dentro de 1 pascal de la presión objetivo del edificio.
9. Sin cambiar la velocidad del ventilador, reconecte la manguera de presión de la zona al puente en T. Registre la lectura de ZwtO del canal A en la línea de Presión con casa a 50 pascales de la hoja de trabajo de "adición de un agujero". Registre la lectura de HwrtZ del canal B en la misma línea de la hoja de trabajo.
10. Apague el ventilador de la puerta sopladora. Cree un agujero al abrir el acceso entre la zona y la casa. El tamaño del agujero creado debe ser suficiente para cambiar la presión HwrtZ con casa a 50 pascales medida en 6 a 20 pascales. Un agujero demasiado grande o demasiado pequeño puede traer aparejados resultados incorrectos.
11. Repita los pasos 6 a 9. Si la lectura de HwrtZ tiene una diferencia de 20 pascales más, reduzca el tamaño del agujero. Si la lectura de HwrtZ tiene una diferencia de 6 pascales menos, aumente el tamaño del agujero. *Si se cambia el tamaño del agujero, las presiones de la línea de base cambiarán y deberán volver a medirse (vuelva al paso 6).*
12. Determine el área de la superficie del agujero final en pulgadas cuadradas. Asegúrese de contemplar los espacios triangulares creados a ambos lados de la escotilla de acceso si esta se inclina para abrirse. Ingrese las dimensiones de la abertura para que la hoja de trabajo "Adición de un agujero" calcule un tamaño de abertura que coincida con el área de la superficie medida del agujero.
13. Cuando la lectura de HwrtZ del canal B esté dentro del rango de 6 a 20 pascales de diferencia, regístrela en la línea de Presión con casa a 50 pascales de la hoja

de trabajo de Adición de un agujero de la sección "Lecturas de presión después de la adición de un agujero". Registre la lectura de Zwrto del canal A en la misma línea de la hoja de trabajo.

14. La hoja de trabajo calculará los índices de fuga y la fuga del paso total. Regrese la casa a las condiciones anteriores a la prueba y recuerde volver a encender los aparatos de combustión.

Siga los indicadores de advertencia de la hoja de trabajo "Adición de un agujero", si aparecen.

1.5.5 Medición de fugas por zonas de "apertura de una puerta"

El método de "apertura de una puerta" es otra forma de determinar la cantidad de fugas en CFM₅₀ que viajan a través de una zona intermedia, como un ático con acceso por escalera, un sótano desocupado o un garaje adjunto. Este método se utiliza cuando hay una puerta entre la casa y la zona, o entre la zona y el exterior. Utilice la hoja de trabajo de Abertura de una puerta o ZPD del garaje, que se encuentra dentro del Libro de diagnósticos, para realizar los cálculos.

La hoja de trabajo "Abertura de una puerta" sirve para calcular los resultados de las fugas en función de los datos ingresados del usuario. Los tres cálculos de los resultados de fugas son los siguientes:

Paso total: este número representa la cantidad de CFM₅₀ que pasa por ambos límites de presión.

Casa con referencia a la Zona: este número representa la cantidad de fugas que hay entre la casa y la zona.

Zona con referencia al Exterior: este número representa la cantidad de fugas que hay entre la zona y el exterior. Si el ático es la zona, se trata de la ventilación del ático.

La fuga de aire objetivo entre una casa y un garaje adjunto es de 50 CFM. Idealmente, el objetivo es que no haya ninguna fuga entre la casa y el garaje.

Siga estos pasos para completar la prueba de "apertura de una puerta":

- 1 Prepare una prueba de infiltración de aire estándar. Ponga la casa en estado invernal, apague todos los aparatos de combustión y mantenga las puertas interiores abiertas y quietas durante la prueba.
- 2 Despliegue una manguera de presión hacia el exterior, a un lugar no afectado por el viento. Despliegue una segunda manguera de presión hasta la zona, al mantener el extremo de la manguera alejado de los respiraderos del techo y las derivaciones grandes que puedan crear corrientes de aire. Ambas mangueras se conectarán al medidor digital más tarde durante la prueba. Asegúrese de que ambas mangueras sean lo suficientemente largas como para llegar al medidor al mismo tiempo.
- 3 Encienda el medidor de presión y déjelo en modo PR/PR para las pruebas de presión. *No utilice la función Línea de base ajustada del medidor digital al*

completar los diagnósticos de presión por zona.

- 4 Conecte un puente en T a la llave de entrada del canal A y la llave de referencia del canal B. Deje la llave del puente abierta al interior por el momento, sin manguera conectada al tercer tramo de la conexión en T. Conecte la manguera de presión exterior a la llave de referencia del canal A del medidor digital.
- 5 Abra la hoja de trabajo de Abertura de una puerta o ZPD del garaje, que se encuentra en el Libro de diagnósticos. Seleccione el tipo de prueba (despresurización o presurización) que se va a llevar a cabo.
- 6 Conecte la manguera de presión de la zona al puente en T. Registre las presiones de línea de base, la línea de base de la Zona con referencia al Exterior (ZwrtO) del canal A y la línea de base de la Casa con referencia a la Zona (HwrtZ) del canal B.
- 7 Retire la manguera de presión de la zona. Mida la presión de la línea de base de la Casa con referencia al Exterior (HwrtO). Ingrese el resultado en el Libro de diagnósticos, como un número positivo o negativo. El libro calculará la presión ajustada, que es la lectura de la presión objetivo del edificio para la prueba de infiltración de aire.
- 8 Ponga en marcha el ventilador de la puerta sopladora para crear una diferencia de presión HwrtO y ajuste dentro de 1 pascal de la lectura de la presión objetivo.
- 9 Sin cambiar la velocidad del ventilador, reconecte la manguera de presión de la zona al puente en T. Registre la lectura de ZwrtO del canal A en la línea de Presión con casa a 50 pascales de la hoja de trabajo de Apertura de una puerta o de ZPD del garaje. Registre la lectura de HwrtZ del canal B en la misma línea de la hoja de trabajo.
- 10 Complete la prueba de infiltración de aire con la puerta cerrada hacia la zona y registre la lectura en la hoja de trabajo.
- 11 Abra la puerta entre la casa y la zona. La puerta que se abra estará entre el sótano y el exterior cuando se determine que hay una fuga hacia el sótano desde el exterior.
- 12 Realice una prueba de infiltración de aire con la puerta abierta de par en par y regístrela en la hoja de trabajo de Apertura de una puerta o ZPD del garaje.
- 13 La hoja de trabajo calculará los índices de fuga y la fuga del paso total. Regrese el edificio a las condiciones anteriores a la prueba y recuerde volver a encender los aparatos de combustión.

Siga los indicadores de advertencia de la hoja de trabajo de Apertura de una puerta o ZPD del garaje, si aparecen.

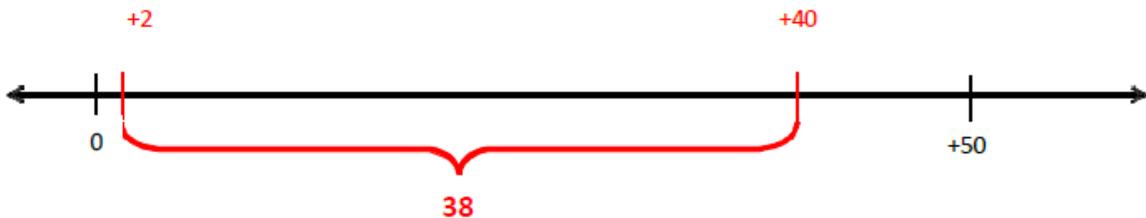
La suma de las presiones HwrtZ y ZwrtO debe ser aproximadamente igual a la presión HwrtO real. Por ejemplo, si la presión HwrtZ es de -45 Pa y la presión ZwrtO es de -6 Pa, la presión HwrtO indirecta se calculará en -51 Pa ($-45 + -6 = -51$). Cuanto mayor sea la diferencia entre la presión HwrtO y la suma de las presiones HwrtZ + ZwrtO, menos precisa será la prueba. Si la diferencia de la suma es superior a 2 pascales, la hoja de trabajo indicará a los trabajadores que consideren volver a realizar la prueba.

1.5.6 Ajuste de las mediciones de presión de la zona para la línea de base

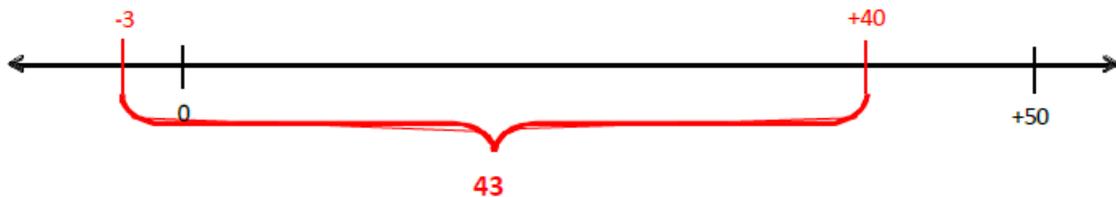
El Libro de diagnósticos ajusta automáticamente los resultados de las pruebas a las presiones de línea de base medidas. Sin embargo, es importante entender cómo las presiones de línea de base (causadas por el efecto chimenea, el viento, o las unidades de acondicionamiento del aire y los ventiladores) afectan a las mediciones de la presión de la zona. Las lecturas de la línea de base de la presión medida de la zona se restan de las lecturas de la presión medida de la zona, tomadas con la casa a una diferencia de presión de 50 pascales. Esto puede ser confuso cuando se resta un número negativo de una lectura negativa (despresurización) o una lectura positiva (presurización). Las líneas de números que aparecen a continuación son ejemplos de cómo ajustar la línea de base para los métodos de prueba de presurización y despresurización.

Presurización

Línea de base positiva de +2, lectura de zona de 40 con la casa a 50. La lectura de presión de zona ajustada es 38 ($40 - (+2) = 38$).



Línea de base negativa de -3, lectura de zona de 40 con la casa a 50. La lectura de presión de zona ajustada es 43 ($40 - (-3) = 43$).

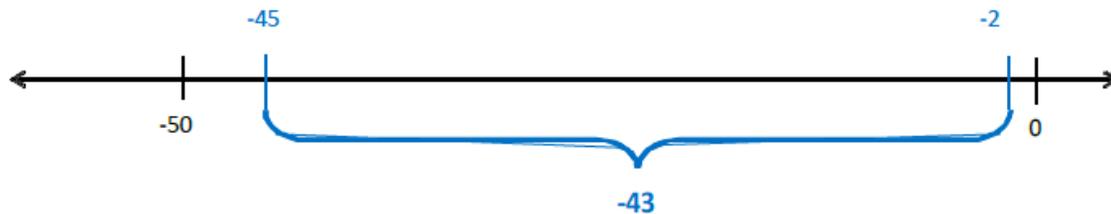


Despresurización

Línea de base positiva de +3, lectura de zona de -35 con la casa a -50. La lectura de presión de zona ajustada es 38 ($-35 - (+3) = 38$).



Línea de base negativa de -2, lectura de zona de -45 con la casa a -50. La lectura de presión de zona ajustada es 43 ($-45 - (-2) = -43$).



Inspección final y normas de control de calidad

Las instalaciones aceptables deberán cumplir con las siguientes normas.

Sellado de aire y diagnósticos del edificio

General

1. El archivo del cliente contiene la documentación de todas las pruebas de diagnóstico, sellado de aire y seguridad de la combustión que se llevaron a cabo en el edificio.
2. Las pruebas de diagnóstico fueron apropiadas para la configuración del edificio.
3. Se siguieron las directrices del programa para reducir las fugas de aire (p. ej., sellado de aire principal y secundario, y pruebas de ZPD).

Sellado de aire

1. Todas las derivaciones principales del ático y las uniones clave del edificio están selladas.
2. Todas las fugas significativas de los cimientos y la solera de caja tienen el sellado de aire.
3. Se han parchado, reparado o reemplazado las ventanas o sus vidrios rotos o faltantes.
4. Las pruebas y horas de sellado de aire están documentadas en el Libro de diagnósticos.
5. Los materiales de sellado de aire cumplen con la función prevista. Cuando las

cavidades están rellenas de manera compacta con celulosa que tenga la densidad adecuada, no se verá que el humo químico pase a través de las penetraciones, incluso cuando el edificio esté a una presión diferencial de 50 pascales.

6. Se utilizó masilla pintable en los casos en los que fuera probable que el ocupante o el propietario pintaran la obra terminada.
7. El sellador de espuma, si se utilizó uno, se aplicó eficazmente y sin desperdicio. Se limpió el exceso de pulverización.
8. Se instalaron burletes solo en las puertas de salida del espacio acondicionado, incluidas las puertas que dan al garaje.

Prueba de infiltración de aire

1. El equipo fue calibrado según las instrucciones del fabricante.
2. El valor final de temperatura/altitud de la puerta sopladora puede replicarse a +/- 10 %. (Inspección final e inspección de control de calidad).
3. El Libro de diagnósticos está completo.

Diagnósticos de presión por zona

1. La prueba de ZPD se llevó a cabo en el garaje adjunto y está debidamente documentada en el Libro de diagnósticos.
2. Se utilizó el método apropiado cuando se completó la prueba de ZPD (p. ej., método de apertura de una puerta y adición de un agujero).
3. Los resultados de las fugas del paso total están dentro del rango aceptable o la documentación apoya el trabajo completado.

Capítulo 2: Medidas de la envoltura térmica del edificio

2.1 Aislamiento de la envoltura térmica

La envoltura térmica del edificio comprende aquellas superficies que funcionan como límite térmico entre los espacios acondicionados y los no acondicionados. Estas superficies pueden incluir, entre otras, las paredes exteriores, los áticos, los cimientos y los pisos expuestos. El aislamiento reduce la transmisión de calor al ralentizar la conducción, convección o radiación a través de la envoltura del edificio. Los distintos materiales aislantes del edificio constituyen el *límite térmico*; el límite que separa el espacio acondicionado del espacio no acondicionado. Los materiales herméticos que cubren las paredes, el piso y el cielo raso para evitar el movimiento del aire forman el *límite de presión*. Los límites térmicos y de presión deben ser lo más continuos posible, y deben estar bien alineados para que el aislamiento sea eficaz. El límite de presión debe abordarse antes de proceder a trabajar en el límite térmico, excepto en las circunstancias en que los límites térmico y de presión se aborden al mismo tiempo, a través de medidas, como el aislamiento por relleno compactado. Consulte el *Capítulo 1, Sección 1.5.3* para obtener información sobre cómo abordar el límite de presión.

Cuando se instala el aislamiento, se adhiere un certificado de aislamiento fechado cerca de la escotilla de un ático, el panel eléctrico u otro lugar visible, el cual debe incluir la información siguiente:

1. Tipo de aislamiento
2. Área de cobertura
3. Valor R
4. Espesor de instalación y espesor de asentamiento
5. Cantidad de bolsas instaladas de acuerdo con las instrucciones del fabricante
6. El aislante SPF deberá incluir lo siguiente:
 - a) Tipo de espuma de dos partes
 - b) Densidad
 - c) Propagación de la llama y el humo

La espuma de poliuretano en aerosol (SPF) y el aislante rígido requieren un índice de propagación de la llama y desarrollo del humo de 75/450, o menos, cuando se prueben de acuerdo con ASTM E84 o UL 723, y todos los demás aislantes requieren de un índice de 25/450 o menos. La SPF utilizada para el sellado o el aislamiento de los conductos requiere un índice de propagación de la llama y desarrollo del humo de 25/450 o menos. Consulte el Anexo C del Manual del programa de climatización para conocer las especificaciones adicionales de los materiales.

2.2 Aislamiento de techos y áticos

2.2.1 Preparación previa al aislamiento del techo y el ático

Lleve a cabo estos pasos preparatorios y procedimientos de seguridad antes de instalar el aislante del ático:

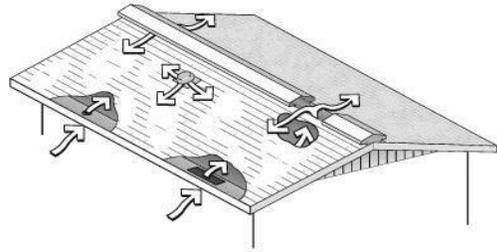
1. Ventile todos los aparatos de escape al exterior, como se especifica en el *Capítulo 3, Sección 3.13* mediante el uso de una terminación de escape específica. Selle y aíse los conductos de escape a R-8 para evitar la condensación dentro del conducto. Revise todos los ventiladores para comprobar que el regulador de contracorriente funcione correctamente. Repare o reemplace el regulador de tiro o el conjunto completo del ventilador si el regulador de tiro funciona con problemas.
2. Aíse el aislante a un mínimo de 2 pulgadas de las chimeneas de mampostería activas (consulte la Sección 3.2, punto 13) y según la instrucción del fabricante para los respiraderos metálicos, mediante el uso del material de encajonamiento rígido. Cuando se instala un revestimiento para gas de un tamaño adecuado en una chimenea de mampostería de gran tamaño, no es necesario el encajonamiento. No permita que el aislante se derrame en los espacios libres.
3. Repare las fugas del techo y solucione otros problemas de humedad relacionados con el ático antes de aislarlo.
4. Confirme que todos los empalmes de cables estén encerrados en cajas de conexiones eléctricas. Marque con una señal o bandera todas las cajas de conexiones que se cubrirán con aislamiento.
5. Cuando no retire el cableado de la perilla y el tubo, mantenga una distancia de 3 pulgadas del aislante alrededor del cableado con corriente de la perilla y el tubo, mediante el uso de los materiales adecuados. Consulte *Seguridad eléctrica en el Capítulo 5, Sección 5.7*.
6. Retire o perforo los retardadores de vapor existentes del lado frío del aislante.
7. Consulte las instrucciones del fabricante para determinar si las instalaciones pueden cubrirse con aislante. Si las instalaciones no pueden cubrirse con aislante o si se desconoce la especificación del Contacto del aislamiento (Insulation Contact, IC), mantenga todo el aislante a tres pulgadas de estas instalaciones y no instale el aislante sobre la parte superior de la cobertura.
8. Si la distribución de aire forzado (calefacción o aire acondicionado) pasa por el ático, selle y aíse según corresponda (consulte *Fugas en conductos y Aislamiento de conductos en el Capítulo 3, Secciones 3.4.2 y 3.4.3*). No aplique el aislante a los conductos que estarán rodeados por R-8 o más del aislante de relleno suelto.
9. Si el ático se utiliza como lugar de almacenamiento, elimine o reduzca el área de almacenamiento con la aprobación del cliente. Construya un dique de contención del aislante alrededor del área. Si hay elementos presentes durante el aislamiento, retírelos temporalmente del área, o cúbralos con plástico o una lona.
10. Instale marcadores de profundidad para el aislante instalado cada 300 pies cuadrados del área del ático, al comenzar la medición en la barrera de aire.
11. Cuando un ventilador para toda la casa se encuentre en un hogar, construya una

caja alrededor del ventilador a una altura que proteja la carcasa del ventilador y el motor del aislante. Aísle los lados expuestos y la parte superior del conjunto de la caja al mismo valor R que el aislante contiguo. Utilice las fijaciones mecánicas o el adhesivo adecuados.

12. Considere colocar lana de fibra de vidrio en la parte superior de la carcasa del extractor de aire del ático antes de insuflar el aislante. La lana evitará que el aislante de relleno suelto se derrame en la casa si se reemplaza el ventilador en el futuro.

2.2.2 Ventilación del ático

Instale la ventilación del ático cuando sea necesario. Al instalar la ventilación, debe haber una distribución equitativa del área de ventilación en todas las áreas del ático siempre que sea posible. Divida el área libre neta de ventilación del ático de manera equitativa entre la ventilación alta y la baja, si fuera posible. Consulte los códigos de construcción estatales y locales para conocer los requisitos sobre la cantidad mínima de ventilación del ático.



Ventilación baja y alta del ático: una cantidad moderada de ventilación crea un intercambio de aire con el exterior.

Respiraderos a dos aguas

Instale los respiraderos a dos aguas lo más alto posible en el extremo del hastial y por encima del nivel final del aislante del ático. Construya un dique de contención frente a los respiraderos a dos aguas existentes si el aislante llega hasta la parte inferior del respiradero.

Respiraderos de techo

Instale el tapajuntas superior de los respiraderos de techo debajo de las tejas de asfalto, y fíjelo y séllelo mecánicamente con cemento plástico para techos o con productos específicamente diseñados para este fin. Centre todos los respiraderos de techo entre las vigas. Siempre que sea posible, monte los respiraderos a no menos de 12 pulgadas (medidas verticalmente) de la cumbrera del techo.

Respiraderos de plafón

Cuando se requiera un respiradero de plafón, utilice productos específicamente diseñados para este fin. Las canaletas de los aleros permiten la instalación de la máxima cantidad de aislante sobre la placa superior exterior. Las canaletas también pueden evitar que el viento quite el aislante, lo cual degrada el valor R de este. Instale las canaletas de los aleros según sea necesario para promover la suficiente ventilación del ático.

Fije mecánicamente las canaletas de los aleros en la parte superior e instale los bloqueos en la base para evitar que el aislante se derrame en el área del plafón. En los casos de las cavidades de las vigas en las que no se haya instalado una canaleta, asegúrese de que la cavidad esté bloqueada con lanas de fibra de vidrio o una barrera rígida para evitar los derrames en el área del plafón. Las canaletas deben ser lo suficientemente largas como para extenderse al menos 6 pulgadas sobre el nivel final del aislante, y deben tener al menos una pulgada de espacio libre entre el aislante y el material de la cubierta del techo.



Canaleta del plafón: permite la instalación de la máxima cantidad de aislante en esta área fría. También evita que el viento quite el aislante y que se obstruyan las vías de aire por el aislamiento insuflado.

2.2.3 Accesos al ático, escaleras y puertas de acceso al ático

Lleve a cabo estas tareas para abordar los accesos al ático, las escaleras y las puertas antes del aislamiento:

1. Aísle los accesos al ático accesibles hasta el valor R del aislamiento del ático adyacente o hasta el máximo permitido estructuralmente, lo que sea menor. Fije permanentemente el aislante y asegúrese de que esté en completo contacto con la barrera de aire. El acceso debe ser operable, y debe tener burletes y sellado de aire.
2. Instale un material de encajonamiento duradero para mantener el valor R del aislamiento del ático hasta el acceso, permitir el acceso repetido al ático y evitar que el aislante de relleno suelto entre a la casa.
3. Coloque advertencias en los accesos a los áticos con materiales que contengan amianto o vermiculita. Consulte el Manual del programa de climatización de Wisconsin (Capítulo 9: Salud y seguridad) para obtener más información sobre el amianto.



Escaleras y puertas

Establezca un aislamiento continuo y una barrera de aire alrededor de la parte superior de la escalera de un ático o sobre dicha parte. Si se accede al ático mediante un hueco de escalera y una puerta vertical estándar, existen dos métodos de tratamiento.

Método 1

Aísle las paredes del hueco de la escalera, así como debajo de los rellanos, las huellas y las contrahuellas de las escaleras. Aísle y coloque un burlete en la parte posterior de la puerta hasta el valor R del aislamiento de la pared adyacente o hasta el máximo permitido estructuralmente, lo que sea menor.

Cuando planifique el aislamiento de los huecos de escaleras, investigue si existen barreras, como bloqueo contra incendios, que puedan impedir que el aislante llene las cavidades. Considere qué pasajes pueden llevar a otras áreas en las que no se debe instalar el aislamiento, como armarios o tapas para chimeneas. Las paredes con entramado continuo y las cavidades profundas de las escaleras complican esta medida.



Método 2

Establezca el límite térmico al nivel del cielo raso al instalar en la parte superior de la escalera una escotilla horizontal que esté aislada y tenga un sellado de aire. Aísle la escotilla hasta el valor R del aislamiento del ático adyacente o hasta el máximo permitido estructuralmente, lo que sea menor.

Aislamiento y sellado de las escaleras retráctiles del ático

La construcción de una caja aislada es una buena solución para aislar y sellar este punto débil del límite térmico. Aísle la caja y la cubierta con un valor R igual al nivel de aislamiento del ático o el valor R más alto permitido estructuralmente. Tenga cuidado al establecer un límite térmico continuo cuando selle y aísle alrededor de la abertura de la escotilla.



2.2.4 Cálculo del aislante de relleno suelto del ático

Instale el aislante de relleno suelto del ático a una profundidad uniforme para obtener una cobertura adecuada (bolsas por pie cuadrado) y un valor R adecuado con el grosor de instalación especificado por el fabricante. Siga las instrucciones del fabricante para conseguir la densidad correcta y alcanzar el valor R requerido.

El aislante de relleno suelto siempre se asienta y el fabricante da cuenta del asentamiento en las tablas de espesor mínimo de instalación indicadas. El espesor instalado de la celulosa disminuye entre un 10 % y un 20 % debido al asentamiento, y el espesor instalado de la fibra de vidrio insuflada disminuye entre un 3 % y un 10 %. Consulte el Anexo A-3 para conocer el cálculo de la densidad y la cantidad de bolsas necesarias para alcanzar el valor R deseado con la densidad establecida.

2.2.5 Instalación de aislante insuflado en el ático

Se prefiere el aislante insuflado al aislante de lana porque el insuflado forma una manta continua. La insuflación de aislante en el ático a la mayor densidad estructuralmente permitida ayuda a minimizar el asentamiento y reduce las corrientes convectivas dentro del aislante.

Siga estos pasos cuando instale el aislante de relleno suelto en el ático:

1. Rellene primero los bordes del ático, cerca de los aleros o el extremo del hastial, y trabaje de vuelta hacia la escotilla del ático. Asegúrese de que la densidad del aislante que se coloque sobre las placas superiores exteriores sea la adecuada.
2. Instale el aislante a una profundidad coherente. Utilice un palo para nivelar el aislante si fuera necesario.
3. Haga un recuento de bolsas mientras realiza el insuflado para confirmar que se haya instalado la profundidad y la densidad de aislante adecuadas.
4. Evite el “esponjamiento” y mantenga una densidad adecuada al hacer circular la mayor cantidad de aislante posible a través de la manguera con la presión de aire

disponible. Cuanto más se compacte el aislante en la manguera de insuflado, mayor será su densidad instalada.

5. Rellene con una densidad mayor las cavidades del ático con piso para minimizar el asentamiento si no hay riesgos eléctricos ni materiales. Instale un aislante de relleno compactado o con la máxima densidad estructuralmente permitida en las cavidades del ático con piso cuando no se hayan abordado las derivaciones ocultas con otros métodos.
6. Agregue un aislante adicional sobre los áticos con piso que no se utilicen para el almacenamiento, según sea necesario para alcanzar el valor R especificado.

2.2.6 Instalación de aislamiento de lana en el ático

Siga estos pasos cuando instale lana de fibra de vidrio de manera horizontal en el ático:

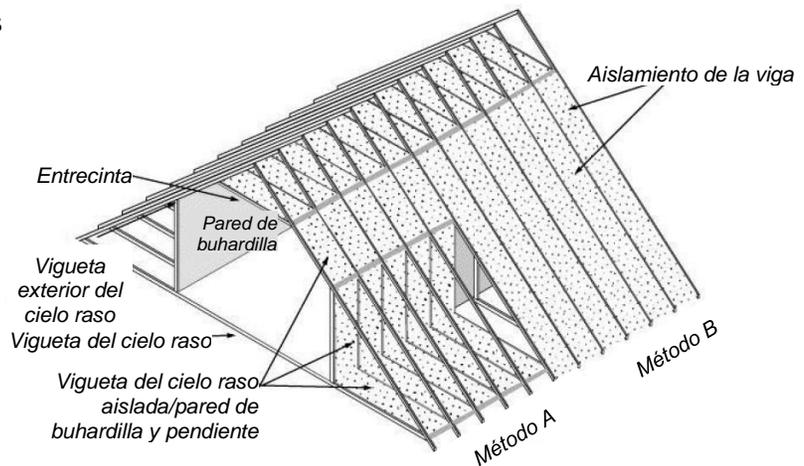
1. Instale el aislamiento de lana de fibra de vidrio sin revestimiento. Corte las lanas con cuidado para garantizar un ajuste firme contra las viguetas del cielo raso y otras estructuras.
2. Instale dos capas de aislante de lana formando un ángulo recto entre ellas. Esta práctica minimiza los vacíos y genera una mejor resistencia térmica.

2.2.7 Instalación del aislamiento del ático en casas de 1 piso y medio (áticos acabados)

Los áticos acabados de las casas de 1 piso y medio requieren de un cuidado especial al instalar el aislante. Por lo general, incluyen cuatro secciones de áticos separadas que requieren de diferentes métodos de sellado y aislamiento:

Entrecinta: el ático que está en la parte superior del edificio, el cual se extiende entre los dos áticos de las vigas del techo y los conecta.

Viga del techo: las cavidades que se encuentran entre el cielo raso y el techo. La sección de las vigas del techo que se extiende entre el ático de las entrecintas y la parte superior de la pared de buhardilla a veces se denomina “pendiente” o “inclinación”.



Ático acabado: esta ilustración muestra dos enfoques para aislar un ático acabado. O bien, A) se aísla la pared de buhardilla y la vigueta exterior del cielo raso, o B) se aíslan las vigas. El método A reduce el tamaño de la envoltura térmica, mientras que el método B da lugar a una menor área de superficie expuesta al aire no acondicionado.

Pared de buhardilla: la pared corta entre el área habitable y la pared estructural exterior del edificio. Por lo general, el espacio que se crea detrás de la pared de buhardilla se utiliza para el almacenamiento.

Vigueta exterior del cielo raso: superficie plana del ático situada por encima del área habitable del primer piso. Siga estos métodos al aislar los áticos acabados:

Método A

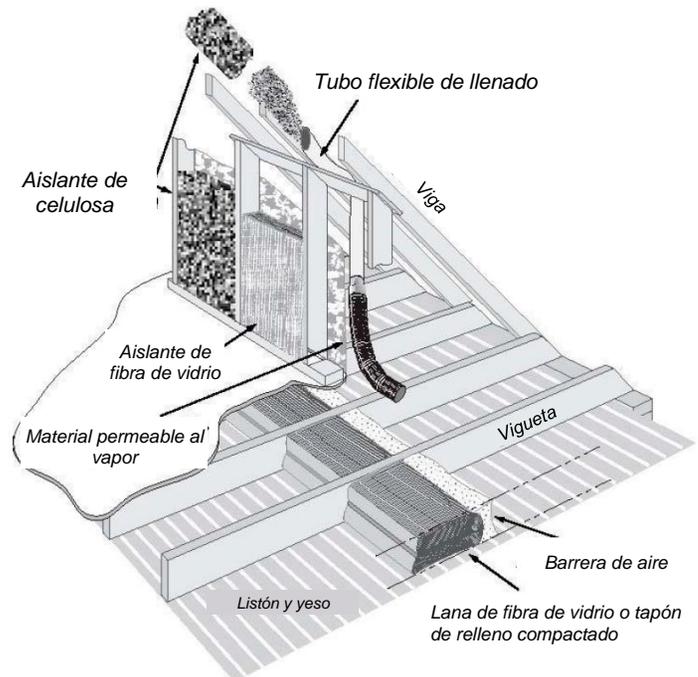
El **método A** trata el espacio detrás de la pared de buhardilla como un espacio de ático *no acondicionado*. El límite térmico incluye la entrecinta, la viga del techo, la pared de buhardilla y la vigueta exterior del cielo raso.

Siga estos pasos para tratar los áticos con el **método A**:

1. Selle y aisle cuidadosamente los armarios empotrados, las cómodas o los gabinetes que sobresalen dentro del límite térmico a través de la pared de buhardilla. La espuma de dos partes puede ser eficaz para sellar y aislar estas áreas desde el interior del ático de la pared de buhardilla. Consulte *Información general sobre la espuma de poliuretano en aerosol (SPF) en el Anexo A-4* para obtener información adicional.
2. Cree un sello hermético y permanente en el espacio de la vigueta del piso debajo de la pared de buhardilla. Inserte piezas de aislamiento de placas rígidas, paneles de yeso o placas para conductos entre cada vigueta, y selle el perímetro de cada pieza con espuma de una parte. También puede insertar lana de fibra de vidrio en la cavidad y rociar su cara con espuma de dos partes o utilizar el **método de la bolsa** para insuflar un tapón apretado de celulosa compactada en las cavidades de la vigueta.

Para utilizar el **método de la bolsa**, coloque una bolsa de plástico o malla sobre el extremo del tubo de llenado e introduzca el tubo y la bolsa en la cavidad. Mientras sujeta la bolsa, empiece a insuflar el aislante en la bolsa hasta que esté llena, luego empuje la parte restante de la bolsa en la cavidad. La bolsa limitará la cantidad de aislante que se necesita para tapar esta área.

3. Asegúrese de que la cobertura del aislante sea la adecuada donde la pared de buhardilla se une a la viga del techo y donde esta última se une a la entrecinta.



Mejores prácticas para áticos acabados: el sellado de aire y el aislamiento se combinan para reducir drásticamente la transmisión de calor y las fugas de aire en las casas con áticos acabados.

4. Aísle las vigas del techo con un aislante de relleno compactado. Las vigas del techo se pueden aislar desde el ático de la entrecinta o el ático de la vigueta exterior del cielo raso. Asegúrese de que el extremo opuesto tenga una barrera instalada. De manera alternativa, construya un dique de contención en ambos extremos de cada cavidad e insufla las vigas del techo desde el interior, como el aislante de la pared interior. Consulte *Aislamiento de paredes con relleno compactado desde el interior en el Capítulo 2, Sección 2.3.5*
 5. Aísle las paredes de buhardilla con un aislante de relleno compactado, lanas de fibra de vidrio o espuma de dos partes. Si se rellenan las paredes de buhardilla con un relleno compactado, prepare la instalación del aislante al fijar un material permeable al vapor del lado frío de los montantes de las paredes de buhardilla con el refuerzo necesario. Si el área del ático sigue siendo accesible, el aislante de espuma de dos partes se debe cubrir con una barrera térmica.
 6. Al aislar las paredes de buhardilla con aislamiento de lana de fibra de vidrio, utilice lanas del tamaño adecuado para que encajen en las cavidades de los montantes.
- 
7. Cubra el aislante de lana de fibra de vidrio existente o instalado con un material permeable al vapor para evitar que el viento lo quite. Envuelva o selle el material permeable al vapor alrededor de los montantes, en cada extremo, para evitar que circule aire detrás del material. Si al colocar una segunda capa de aislante de lana de fibra de vidrio no se puede acceder a los montantes, fije el material permeable al vapor a las vigas del techo y a la cubierta de la parte superior, así como al piso de la parte inferior de la pared.
 8. Aísle los paneles de acceso al ático de la pared de buhardilla hasta el valor R del aislamiento de la pared de buhardilla adyacente o hasta el máximo estructuralmente permitido, lo que sea menor. Los paneles operables deben tener burletes y deben cerrarse con un sello hermético. Los paneles verticales de acceso requieren fijaciones mecánicas para mantener un sello hermético.
 9. Instale un dique de contención si fuera necesario para mantener el valor R del aislante cerca del acceso y para evitar que el aislante con relleno suelto de la vigueta exterior del cielo raso se derrame en el área habitable. Los paneles de acceso secundario de una pared de buhardilla pueden sellarse permanentemente con la aprobación del propietario del edificio.
 10. Siga los pasos indicados en *Aislamiento de áticos con accesibilidad limitada del Capítulo 2, Sección 2.2.8* para aislar los áticos de la entrecinta y la vigueta exterior del cielo raso.

Método B

El **método B** trata el espacio del ático detrás de la pared de buhardilla como un espacio *acondicionado*. El límite térmico se encuentra en la cubierta del techo y en las paredes del extremo del hastial.

Siga estos pasos para tratar los áticos con el **método B**:

1. Cree un sello hermético y permanente en el espacio de las viguetas sobre la parte superior de la placa superior exterior del primer piso. Esto se puede realizar al insertar piezas de aislamiento de placas rígidas, paneles de yeso o placas para conductos y aplicar espuma de una parte en el perímetro de cada pieza. O bien, puede insertar lana de fibra de vidrio en la cavidad y rociar su cara con espuma de dos partes, o puede utilizar el **método de la bolsa** para insuflar celulosa compactada en las cavidades de la vigueta. Consulte el **método A** anterior para obtener información sobre el **método de la bolsa**. Consulte *Información general sobre la espuma de poliuretano en aerosol (SPF)* en el Anexo A-4 para obtener información adicional.
2. Haga un sellado de aire a lo largo de las paredes del extremo del hastial. Dado que el ático se convertirá en un espacio acondicionado, no realice un sellado de aire en el piso de la vigueta exterior del cielo raso ni en la unión clave de la cavidad del piso debajo de la pared de buhardilla.
3. Asegúrese de que la cobertura del aislamiento sea adecuada y continua donde la viga del techo se une a la vigueta exterior del cielo raso y la placa superior exterior.
4. Aísle las vigas del techo y los extremos del hastial.
 - a. Método de aislamiento con relleno compactado:
 - i. Recubrimiento existente: taladre agujeros e instale el aislante de relleno compactado mediante el uso del método de tubos. Parche todos los agujeros perforados. Las vigas del techo se pueden aislar desde el ático de la entrecinta mediante el uso del método de tubos.
 - ii. Montantes o vigas expuestas: si las cavidades van a ser rellenas con un relleno compactado, prepárelas para el insuflado al fijar un material *no permeable* al vapor del lado caliente de las vigas con refuerzo, según sea necesario. Selle los bordes para lograr un retardador de vapor continuo. Insufla las cavidades del ático de las viguetas exteriores del cielo raso a través de los agujeros cortados en el material *no permeable* al vapor. Parche todos los agujeros cortados. Las vigas del techo se pueden aislar desde el ático de la entrecinta mediante el uso del método de tubos.



Método B, utilizando una placa de espuma de poliisocianurato con sus caras recubiertas con láminas de aluminio como barrera de vapor y de aire.

- b. Método de aislamiento con lana de fibra de vidrio: si se instala un aislante de lana de fibra de vidrio, cúbralo con un retardador de vapor. Haga un sellado de aire en el material, ya que ahora actuará como límite de presión primario.
 - c. Método de espuma de dos partes: si se instala espuma de dos partes, no instale un retardador de vapor, ya que la espuma de dos partes actúa como aislante y como sello de aire. Por lo general, el aislamiento con espuma de dos partes es más costoso que la instalación de celulosa compactada, o que el sellado de aire y la posterior instalación de lanas de fibra de vidrio. Si el ático lateral va a seguir siendo accesible, la espuma debe cubrirse con una barrera térmica.
5. Siga los pasos indicados en el *Capítulo 2, Sección 2.2.8* para aislar el ático de la entrecinta.

2.2.8 Aislamiento de áticos con accesibilidad limitada

En los áticos con acceso limitado y sin riesgos eléctricos ni materiales, aisle con aislante de relleno suelto a una densidad suficiente para minimizar el asentamiento. Instale un aislante de relleno compactado en las cavidades del ático inaccesible cuando no se hayan abordado las derivaciones ocultas con otros métodos.

Estas áreas pueden incluir, entre otras, las siguientes:

- ✓ Techo tipo cobertizo
- ✓ Ático inaccesible de la entrecinta
- ✓ Ático inaccesible de la vigueta exterior del cielo raso y áreas de paredes de buhardilla

Cuando aisle áticos con acceso limitado, realice lo siguiente:

1. Inspeccione el techo para verificar que esté en buen estado, sin deterioro visible.
2. Acceda a la cavidad a través de los extremos del hastial, las colas de las vigas, la cubierta del techo o a través del cielo raso.
3. Inspeccione el ático para ver si hay derivaciones de aire hacia el espacio acondicionado. Selle las derivaciones descubiertas como se indica en *Sellado de aire y calidad del aire interior en el Capítulo 1, Sección 1.4*.
4. Instale el aislante insuflado mediante el uso de un método adecuado.

2.2.9 Aislamiento de las cavidades cerradas del techo

Aíse las cavidades cerradas del techo con aislante de relleno suelto con una densidad suficiente como para minimizar el asentamiento si no presenta riesgos eléctricos ni de otro tipo. Instale un aislante de relleno compactado en las cavidades del ático cuando no se hayan abordado las derivaciones ocultas con otros métodos.

Estas áreas pueden incluir, entre otras, las siguientes:

- ✓ Techo de catedral
- ✓ Techo plano
- ✓ Buhardillas

- ✓ Áreas por encima de los salientes

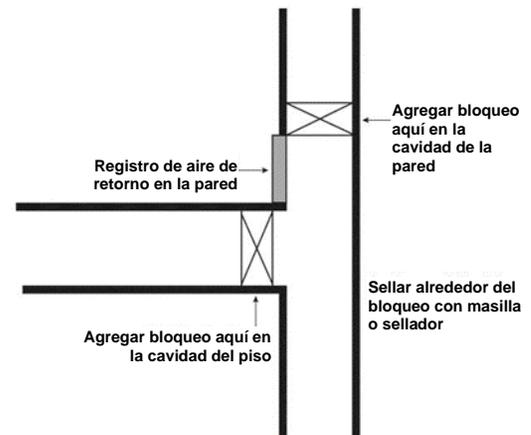
Al aislar las cavidades cerradas del techo, haga lo siguiente:

1. Inspeccione el techo para verificar que esté en buen estado, sin deterioro visible.
2. Acceda a la cavidad a través de sus extremos del hastial, las colas de las vigas, la cubierta del techo o a través del cielo raso.
3. Insufla el aislante mediante el uso de un método adecuado para garantizar la densidad correcta del aislante instalado.

2.3 Aislamiento de paredes

Un aislante de pared de relleno compactado que esté correctamente instalado reduce las fugas de aire a través de las paredes y otras cavidades cerradas del edificio, ya que las fibras son introducidas en las grietas por la máquina de insuflado.

Las cavidades vacías o parcialmente vacías de las paredes favorecen el flujo de aire, como las chimeneas. Las corrientes de convección o las fugas de aire pueden reducir significativamente el rendimiento térmico del aislamiento de las paredes si quedan espacios para que fluya el aire. Es importante instalar un aislante de pared de relleno compactado con una cobertura y densidad uniformes. El método de relleno compactado con tubos es el método de aislamiento de paredes elegido por Wisconsin porque garantiza una cobertura y densidad adecuadas del aislamiento.



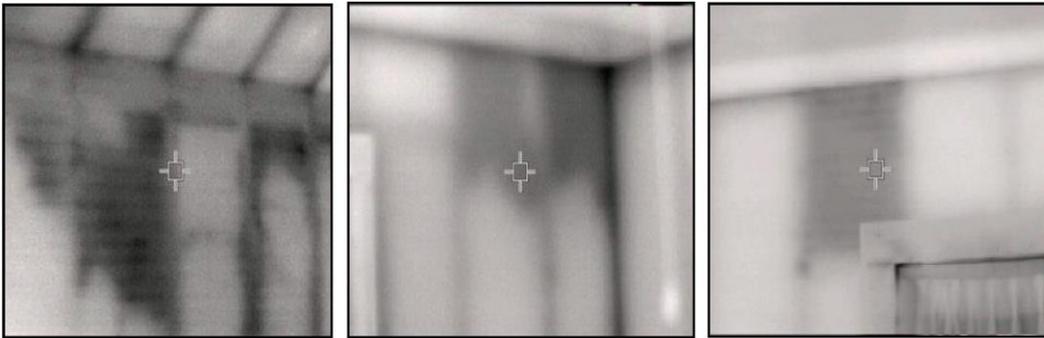
Es necesario tener precaución al rellenar las paredes mediante tubos porque el proceso ejerce presión sobre las superficies interiores y exteriores de las paredes. Si la presión sobre un material en particular (como yeso, panel de yeso o revestimiento de madera) es demasiado grande, la pared podría agrietarse o explotar. También es importante comprobar si hay agujeros ocultos en las paredes exteriores y en las estructuras con entramado continuo, por donde pueda escaparse el aislante hacia los sótanos, áticos, armarios y otros espacios. Inspeccione las paredes exteriores para identificar las cavidades que estén abiertas al sistema de distribución de aire forzado, que lo contengan o formen parte de él. Selle los sistemas de distribución en las cavidades que se van a aislar. Tenga mucho cuidado de que el aislante no llene las cavidades de la pared que forman parte del sistema de distribución, lo que podría dañar la unidad de calefacción central.



Escáner de infrarrojos: permite que el usuario vea las diferencias de temperatura, las cuales verifican la cobertura del aislante en una cavidad de la pared.

La densidad y la cobertura adecuada del aislante pueden confirmarse mediante el uso de una cámara de infrarrojos o un termómetro láser, o al utilizar una puerta sopladora con humo artificial. Siempre que sea posible, utilice estas herramientas para verificar la cobertura completa del aislante.

Las partes no aisladas o mal aisladas de la pared se mostrarán de manera diferente en una cámara de infrarrojos que una pared bien aislada. La herramienta se utiliza mejor siempre que haya, o pueda crearse, una diferencia de temperatura sustancial en ambos lados de la pared.



Imágenes infrarrojas de superficies exteriores: las manchas oscuras indican áreas con poco o ningún aislamiento, ya sean vacíos de aislamiento o miembros estructurales.

Cuando las cavidades están rellenas con la densidad adecuada, no se verá que el humo químico pase a través de las penetraciones, incluso cuando se lleve al edificio a una presión diferencial de 50 pascales.

2.3.1 Cálculo de la densidad y la cobertura de la pared

El aislamiento de paredes con relleno compactado debe instalarse con una densidad de 3.5 a 4.5 libras por pie cúbico para la celulosa y de 2.0 a 2.5 libras por pie cúbico para la fibra de vidrio. Estos cálculos sirven para determinar la cantidad de bolsas necesarias para aislar las paredes y para evaluar la densidad después de completar el trabajo de aislamiento de la pared. Consulte el *Anexo A-3* para conocer el cálculo de la densidad y la cantidad de bolsas necesarias para alcanzar el valor R con la densidad establecida.

2.3.2 Inspección y reparación de las paredes antes de instalar el aislante

1. Inspeccione las paredes en busca de evidencias de daños por humedad.
2. Selle los huecos evidentes en las molduras exteriores de las ventanas u otras áreas que puedan permitir la penetración de agua en la pared.
3. Antes de retirar el revestimiento, quite las abrazaderas que sujetan al revestimiento exterior de las canaletas y los conductos eléctricos, entre otros.
4. Inspeccione las superficies interiores de las paredes exteriores para asegurarse de que sean lo suficientemente resistentes como para soportar la fuerza del relleno compactado. Refuerce temporalmente o repare de manera permanente las paredes débiles cuando sea necesario, antes de proceder al relleno compactado.
5. Inspeccione las aberturas interiores por las que pueda escaparse el aislante, como puertas corredizas empotradas, armarios sin fondo, plafones interiores, armarios y aberturas de entramado continuo del ático o el espacio debajo del piso. Tomarse unos minutos para investigar estas áreas le ahorrará mucho tiempo y problemas más adelante, si es que hay aberturas. Selle las aberturas según sea necesario para evitar que el aislante insuflado se escape.
6. No aisle las cavidades utilizadas como distribución de aire forzado. Tampoco aisle las cavidades que contengan el cableado con corriente de la perilla y el tubo, los cables desnudos, las uniones abiertas o las conexiones de cables sin caja. En el archivo del cliente, documente la ubicación de las cavidades utilizadas como distribución y con el cableado con corriente de la perilla y el tubo. Consulte *Seguridad eléctrica en el Capítulo 5, Sección 5.7*.

2.3.3 Cómo quitar el revestimiento y perforar el recubrimiento

Cuando aisle una pared desde el exterior, quite la capa exterior del revestimiento para perforar a través del recubrimiento y cualquier subcapa de revestimiento. Quitar el revestimiento puede facilitar la inserción de un tubo de llenado flexible, ya que el tubo debe atravesar una capa menos de material.

El revestimiento quitado y manipulado con cuidado se reinstala después del aislamiento, lo cual crea una apariencia lo más parecida posible a la original. Perfore agujeros en el revestimiento (con el consentimiento del propietario del edificio) solo como último recurso y solo si no se puede quitar el revestimiento. En el archivo del cliente debe figurar la documentación en la que se detallan las condiciones que impidieron que se quite el revestimiento.

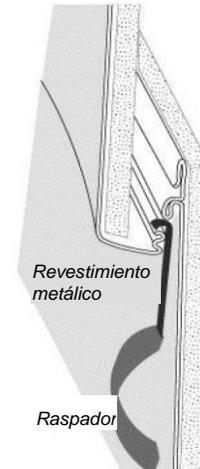


Algunos materiales de revestimiento requieren procedimientos especializados. La placa

de cemento-amianto ("transite", también denominado revestimiento de pizarra) y el estuco solo pueden ser alterados por personas que tengan la certificación para el uso de amianto del Departamento de Servicios de Salud (Department of Health Services, DHS) (consulte el Manual del programa de climatización de Wisconsin, Capítulo 9: Salud y seguridad, para conocer la política completa sobre el amianto). Los procedimientos de aislamiento de las paredes laterales deben seguir los procedimientos seguros para el uso del plomo bajo la dirección de un renovador de uso seguro del plomo, cuando corresponda (consulte el Manual del programa de climatización de Wisconsin, Capítulo 9: Salud y seguridad, para conocer la política completa sobre el plomo). Toda persona que complete este trabajo debe estar capacitada en procedimientos seguros para el uso del plomo.

1. El revestimiento metálico o de vinilo puede quitarse con un raspador.
2. El revestimiento de madera con tablas solapadas requiere que se haga palanca cuidadosamente con una barra plana debajo de los clavos que sujetan el revestimiento a la estructura. Corte la pintura entre las partes de revestimiento con una navaja multiuso antes de hacer palanca.

Cómo quitar el revestimiento metálico o de vinilo: se separan las uniones del revestimiento metálico y de vinilo con un raspador.



Para obtener más información sobre cómo quitar el revestimiento, consulte el video "Dense-Pack Sidewall Insulation" (Aislamiento de paredes laterales con relleno compactado), que está disponible en el sitio web de HE Plus TTA.

2.3.4 Aislamiento de paredes con relleno compactado desde el exterior

El aislante de relleno compactado se instala mejor en las paredes al utilizar el método del tubo con una máquina de insuflado de aislante que viene equipada con controles separados para la alimentación de material y aire. Marque el tubo de llenado a intervalos de un pie para que el instalador sepa cuándo el tubo ha llegado a la parte superior de la cavidad de la pared y cuándo el extremo del tubo está casi retirado al finalizar el relleno compactado de la cavidad.

Mangueras para el aislante, acoplamientos y tubo de llenado:

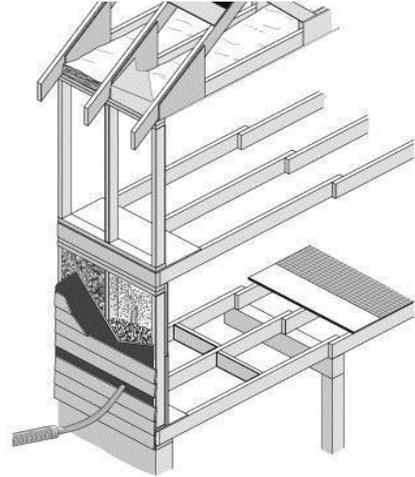
las reducciones graduales del diámetro de la manguera disminuirán la posibilidad de que se tapone con el aislante. El objetivo es conseguir una mezcla de material y aire que maximice la producción y la densidad correcta.



Para evitar el asentamiento, se debe insuflar el aislante de relleno suelto con la densidad recomendada de 3.5 a 4.5 libras por pie cúbico para la celulosa y de 2.0 a 2.5 libras por pie cúbico para la fibra de vidrio.

Para aislar las paredes laterales desde el exterior, realice lo siguiente:

1. Quite el revestimiento siguiendo las prácticas seguras para el uso de plomo si fuera necesario. Consulte *Pintura con plomo y trabajo seguro con plomo en el Capítulo 5, Sección 5.5*. El revestimiento de transite (pizarra) deberá ser retirado intacto solo por personas que tengan la certificación para el uso de amianto correspondiente del DHS, a menos que el revestimiento haya sido probado y no contenga amianto.
2. Perfore o corte un agujero de dos a tres pulgadas de diámetro para acceder a cada cavidad que se vaya a aislar.
3. Sondee todas las cavidades de la pared a través de los agujeros para identificar los materiales de bloqueo de incendios, el arriostramiento diagonal y otros obstáculos. Después del sondeo, perfore o corte los agujeros adicionales que sean necesarios para garantizar una cobertura completa.
4. Empiece por aislar varias cavidades de pared de altura completa y sin obstrucciones con una cantidad conocida de aislante, a fin de poder calcular la densidad instalada y ajustar los controles del insuflador adecuadamente.
5. Dependiendo de la ubicación del agujero, introduzca el tubo hasta un extremo de la cavidad. Ponga en marcha la máquina y retire lentamente la manguera, a medida que se vaya llenando la cavidad. Mueva la manguera hacia adelante y hacia atrás mientras va trabajando en la cavidad para compactar el aislante con más fuerza, si fuera necesario.
6. Cierre el flujo de material cuando quede aproximadamente un pie de tubo en la pared. Vuelva a introducir el tubo en el extremo opuesto de la cavidad y repita el paso 5. Cierre el flujo de material cuando la cavidad esté completamente llena.



Llenado de paredes mediante tubos: este método puede lograrse desde el interior o el exterior de la casa. Es el método de aislamiento de paredes preferido porque es una forma fiable de conseguir una cobertura y densidad uniformes.

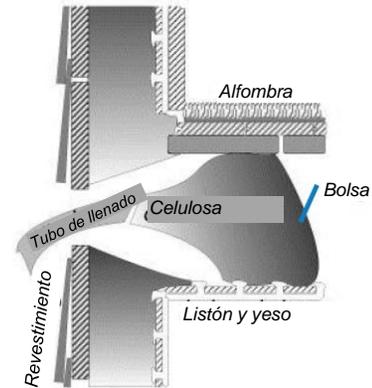


Llenado de paredes mediante tubos: el aislante se insufla de manera compactada en las paredes mediante el uso de un tubo de llenado que se inserta en la cavidad de la pared.

7. Tapone los agujeros, selle los tapones para evitar la infiltración de agua y aire, y reemplace el revestimiento.

Cuando aisle las paredes con entramado continuo o las áreas de viguetas perimetrales en edificios de varios pisos, aisle el perímetro entre los dos pisos al insuflar el aislante en cada cavidad del piso para crear un tapón de aislante. Esta técnica también evita que el aire se mueva a través de la cavidad del piso.

Si el proceso requiere demasiado aislante, utilice el **método de la bolsa**. Consulte el *Método A en el Capítulo 2, Sección 2.2.7*, para obtener información sobre el **método de la bolsa**.



Taponamiento de una cavidad del piso con entramado continuo: insufla un tapón de aislante en las cavidades del segundo piso con entramado continuo.

2.3.5 Aislamiento de paredes con relleno compactado desde el interior

En las casas en las que no se pueden aislar las paredes desde el exterior, puede ser necesario aislar desde el interior. Los agujeros perforados para el aislante deben recuperar un aspecto lo más parecido posible al original o de manera tal que el resultado sea satisfactorio para el cliente.

Para aislar las paredes laterales desde el interior, realice lo siguiente:

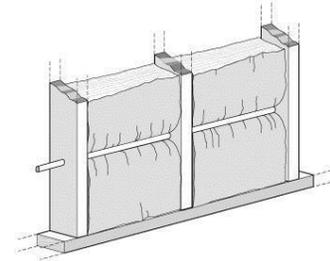
1. Practique las técnicas de trabajo seguro con el plomo. Consulte *Pintura con plomo y trabajo seguro con plomo en el Capítulo 5, Sección 5.5*.
2. Cuando los resultados de las pruebas lo requieran, siga los protocolos para el uso de amianto. Consulte el Capítulo 9 (Salud y seguridad) del Manual del programa de climatización de Wisconsin para conocer las políticas integrales sobre el amianto.
3. Retire el zócalo o el guardasillas cuando sea posible para permitir la perforación. Utilice tapones de madera o espuma y compuesto para uniones o yeso de fraguado rápido para sellar los agujeros antes de reinstalar el zócalo o el guardasillas. O bien, perfore los agujeros y escalónelos, al menos, seis pulgadas hacia arriba y hacia abajo, lo cual reducirá las grietas horizontales en las paredes de listón y yeso.
4. Utilice una sonda no conductiva para determinar dónde perforar en la siguiente cavidad.
5. Inserte un tubo de llenado y rellene la cavidad de manera compactada siguiendo los procedimientos que se detallan en *Aislamiento de paredes con relleno compactado desde el exterior en el Capítulo 2, Sección 2.3.4*.
6. Utilice tapones de madera o espuma, junto con el compuesto para uniones o el yeso de fraguado rápido, para sellar y parchar los agujeros.
7. Si fuera necesario, se puede instalar un guardasillas o una moldura de papel tapiz para ocultar los agujeros.

2.3.6 Relleno compactado desde otros lugares de acceso

Muchas veces, las cavidades con entramado continuo se pueden aislar desde el ático o el sótano donde la cavidad esté abierta. En estos casos, utilice un dique de contención temporal para rellenar completamente la cavidad con aislante de relleno compactado, siguiendo los procedimientos descritos en la *Instalación del aislamiento del ático en casas de 1 piso y medio (áticos acabados) en el Capítulo 2, Sección 2.2.7.*

2.3.7 Aislamiento de paredes interiores con cavidades abiertas

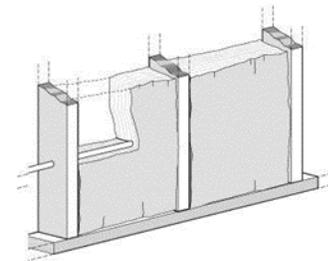
Las lanas de fibra de vidrio alcanzan su valor R nominal solo cuando se instalan correctamente. Si existen huecos entre la cavidad y la lana en la parte superior e inferior, o si la lana está comprimida, el valor R efectivo puede disminuir hasta un 30 %. El aislante de fibra de vidrio debe tener un índice de propagación de llama y de desarrollo de humo de 24/450, o menos, y un material de soporte con un índice de desarrollo de humo de 450, o menos, cuando se pruebe de acuerdo con el método ASTM E84 o la prueba UL 723.



Lanas de fibra de vidrio comprimidas por un cable: esto reduce el valor R de la pared al crear un vacío entre el aislante y el panel interior.

Para aislar las cavidades abiertas de la pared interior, realice lo siguiente:

- 1 Antes de instalar el aislamiento, selle con aire el recubrimiento exterior de la pared.
- 2 Siempre que sea posible, utilice un aislante de lana de fibra de vidrio de ajuste por fricción, sin revestimiento y del tamaño adecuado.
- 3 Elija lanas de alta densidad siempre que sea posible, e instálaslas hasta el máximo estructuralmente permitido.
- 4 Instale la lana de fibra de vidrio de manera tal que rellene toda la cavidad, sin dejar espacios en las esquinas ni en los bordes.
- 5 Corte el aislante de lana a la altura exacta de la cavidad. Una lana corta crea espacios de aire por encima y por debajo de la lana, lo cual permite la convección. Una lana larga se amontona, lo cual crea espacios de aire.
- 6 Divida las lanas alrededor del cableado, en lugar de dejar que el cableado amontone la lana de un lado de la cavidad.
- 7 Aísle detrás y alrededor de los obstáculos con trozos de lana de fibra de vidrio.
- 8 Antes de instalar los paneles de yeso, cubra el aislante sin revestimiento expuesto con un retardador de vapor de polietileno hermético. Instale el retardador de vapor del lado caliente de la pared.



Lana dividida alrededor de un cable: la lana alcanza su valor R nominal.

- 9 El aislante con revestimiento de papel kraft o de lámina de aluminio, que está expuesto al espacio habitable interior, debe cubrirse con una barrera térmica, como una placa de sulfato cálcico calcinado de media pulgada como mínimo.

A veces, el aislante de relleno compactado puede insuflarse en las cavidades abiertas de los montantes a través de una barrera de aire o una malla de plástico. Esta es una buena opción si el aislante está lo suficientemente compactado como para resistir el asentamiento. La malla se abultará si se instala con la densidad adecuada. Sin embargo, podría dificultar la instalación de paneles de yeso. En su lugar, considere la posibilidad de cortar agujeros en los paneles de yeso para rellenar las cavidades con un aislante de relleno compactado después de instalar los paneles de yeso.

2.4 Requisitos de los espacios debajo del piso

Los espacios debajo del piso suelen ser áreas pequeñas y difíciles para completar el trabajo. Las agencias deben tener una política escrita para los requisitos mínimos de trabajo, a fin de completar efectivamente el trabajo necesario en un espacio debajo del piso.

2.4.1 Requisitos de acceso a los espacios debajo del piso

Al crear un nuevo acceso a un espacio debajo del piso, se debe implementar la siguiente guía de tamaño del acceso:

| Tipo de acceso | Tamaño |
|------------------------------|-----------|
| Acceso al piso | 18" x 24" |
| Acceso a la pared perimetral | 16" x 24" |

Es posible que un nuevo acceso deba ser más pequeño si los miembros estructurales existentes limitan el trabajo. No altere los sistemas estructurales o de armazón para instalar la escotilla de acceso.

2.4.2 Señalización de los espacios debajo del piso

En cada acceso, dentro del espacio debajo del piso, debe colocarse un cartel laminado de al menos 8½" x 11". El cartel incluirá la información siguiente:

- ✓ Una lista de los componentes mecánicos instalados en el espacio debajo del piso.
- ✓ Un enunciado que prohíba el almacenamiento de materiales peligrosos e inflamables.
- ✓ Un enunciado de precaución para que quienes ingresen al espacio debajo del piso no dañen la barrera de aire, el retardador de vapor de suelo ni el aislante.
- ✓ La información de contacto del instalador se incluirá en el cartel en caso de que haya dudas o sea necesario realizar reparaciones.

2.5 Aislamiento de pisos y cimientos

El aislamiento y el sellado de aire de los cimientos se combinan para completar el límite térmico en la base del edificio. A medida que se identifican y definen las partes de los

cimientos dentro de los límites térmico y de presión, es muy importante asegurarse de que la tierra expuesta esté cubierta con un retardador de vapor de suelo. Evalúe el área del suelo del espacio debajo del piso para ver si hay problemas de salud y seguridad, y escombros. Retire toda vegetación o elemento de más de una pulgada que podrían penetrar el retardador de vapor de suelo o causar lesiones. Elimine adecuadamente los elementos identificados.

Instale un retardador de vapor de suelo (con un grosor mínimo de 6 mil de 0.1 perm o menos) sobre la tierra expuesta, de acuerdo con la sección 2.0202 de las Especificaciones estándares de trabajo (Standard Work Specifications, SWS). Instale un retardador de vapor de suelo más grueso si hay elementos en el espacio debajo del piso que pudieran reducir la eficacia y la durabilidad de la barrera. Superponga las uniones del retardador de vapor de suelo unas 12 pulgadas como mínimo con una técnica de “teja invertida” o “solapamiento ascendente” (p. ej., haga una superposición para que el agua que se filtra a través del muro de contención no pase por entre las uniones). Selle todas las uniones y alrededor de todas las penetraciones. Instale el retardador de vapor de pared debajo del retardador de vapor de suelo en la conexión entre la pared y el piso. La barrera de aire y el retardador de vapor de suelo no deben interferir con el patrón de drenaje establecido. Los puntos de recolección del drenaje interior deben seguir siendo accesibles. Asegure el retardador de vapor de suelo con sujetadores o balastos en terrenos inclinados o, si el área se utiliza habitualmente para el mantenimiento o el almacenamiento, para evitar el levantamiento. Todas las penetraciones en el retardador de vapor de suelo, junto con las uniones y las conexiones con los cimientos, deben sellarse con un sellador duradero y compatible.

Asegúrese de que el retardador de vapor de suelo no se dañe al instalarlo ni al realizar trabajos. Selle los agujeros y las roturas con los materiales apropiados si se dañan en el proceso de trabajo.

Si hay un desagüe, el retardador de vapor de suelo instalado no debe impedir el flujo de humedad hacia el desagüe.

La decisión de aislar el piso o los cimientos debe tomarse en función de la accesibilidad y en función de si la distribución térmica o la instalación hidráulica pasan por el área. Por lo general, los sótanos no se aíslan durante la climatización, pero normalmente se requiere del sellado para detener la infiltración de aire. Para otras consideraciones, consulte *Localización del límite de presión/térmico en el Capítulo 1, Sección 1.5.3.*

2.5.1 Establecimiento de un límite térmico

Para establecer un límite térmico efectivo, el aislante y la barrera de aire deben ser adyacentes entre sí, con la barrera de aire situada entre el aislante y el espacio acondicionado.

En la mayoría de los climas del norte, el método preferido es aislar y sellar los muros de contención y no el piso. Esto incluye el sellado de los respiraderos del espacio debajo del piso. Esta estrategia encierra la unidad de calefacción central, los conductos, las tuberías y otros elementos dentro de los límites térmico y de presión.

2.5.2 Aislamiento de las viguetas de bordes y las soleras de caja

Los espacios de las viguetas en el perímetro del piso pueden ser un punto débil en el límite térmico. Resulta apropiado aislar la vigueta de borde y la vigueta de caja

longitudinal como procedimientos individuales o como parte del aislamiento del piso o los cimientos.

Realice un sellado de aire en las cavidades de los montantes de las casas con entramado continuo como parte del aislamiento de la vigueta de borde. Si se aísla la solera de caja, la espuma de dos partes puede ser útil, ya que aísla y realiza un sellado de aire en una sola aplicación.

Una de las principales ventajas de la espuma de dos partes es su facilidad de instalación en las áreas de acceso limitado. Siga las instrucciones de instalación del fabricante de la espuma y los códigos de construcción aplicables al instalar la espuma de dos partes. Antes de aplicar la espuma en aerosol, asegúrese de que el sustrato esté seco y razonablemente limpio. No aplique más de 3 pulgadas de espuma en aerosol en el área de la solera de caja. La espuma en aerosol de dos partes se instalará a una densidad de 0.5 a 2.0 lb/ft³. La SPF instalada debajo de la caja de la solera requiere una barrera térmica desde el interior de la vivienda.



Aislamiento y sellado de aire en la vigueta de borde: aislante de placas rígidas instalado en las cavidades de las viguetas, con espuma en aerosol para sellar en los bordes.

Utilice el Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado cuando instale la espuma de dos partes. Siga las recomendaciones del fabricante sobre las precauciones de seguridad. Consulte *Equipo de Protección Personal en el Capítulo 5, Sección 5.1 e Información general sobre la espuma de poliuretano en aerosol (SPF) en el Anexo A-4* para obtener información adicional.

El aislante de placas rígidas también es bueno para aislar y sellar el área de la vigueta de borde. Si se utiliza una placa de espuma para aislar el borde, se puede utilizar espuma en aerosol para sellar alrededor de los bordes. Las cavidades de las viguetas de caja longitudinales, encerradas por una vigueta de piso, pueden sellarse e insuflarse con aislamiento de pared, a menos que haya evidencia de la existencia de un problema de humedad en el área. Si el aislante va a estar en contacto directo con los cimientos, no debe utilizarse un aislante de celulosa para evitar posibles problemas de humedad.

Utilice con precaución el aislante de lana de fibra de vidrio con revestimiento. El aire puede circular alrededor de la fibra de vidrio, lo cual puede generar condensación y fomentar la aparición de moho en la vigueta de borde frío. Las lanas de fibra de vidrio solo se pueden utilizar para aislar la vigueta de borde cuando:

1. La solera de caja tenga un sellado de aire efectivo.
2. Se corten las lanas en un tamaño adecuado y se llene la cavidad completamente.

2.5.3 Aislamiento del piso

Antes de aislar el piso, tome todas las medidas apropiadas para establecer una barrera de aire efectiva en el piso, con el fin de evitar que el aire pase a través del aislante del piso o alrededor de él.

Aislamiento de las cavidades abiertas del piso

Instale un retardador de vapor de suelo que suba por los muros de contención al menos seis pulgadas en los espacios debajo del piso. Selle el retardador de vapor de suelo al muro de contención con el material adecuado y selle todas las penetraciones.

Precaución: por lo general, los retardadores de vapor se utilizan en los espacios debajo del piso. En los sótanos, restrinja su uso a los sótanos con pisos de tierra y acceso limitado. Si el retardador de vapor de suelo se instala en un sótano poco utilizado, instale tabloncillos para caminar a fin de evitar que los residentes se resbalen.



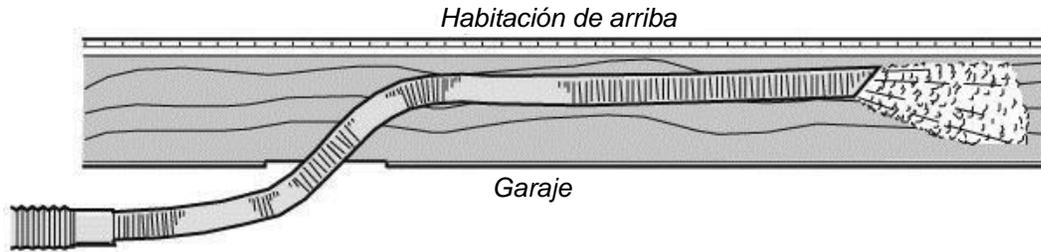
Antes de instalar la barrera, deben abordarse los problemas, como las fugas en las instalaciones hidráulicas o un mal drenaje del lugar, para evitar que el agua se acumule sobre la barrera o debajo de ella.

Complete lo siguiente cuando aisle las cavidades abiertas del piso:

1. Si las paredes tienen un entramado continuo, contenga el aislante de la pared al realizar un sellado de aire del fondo de las cavidades de los montantes antes de instalar el aislante del piso.
2. Instale el máximo espesor de aislante entre las viguetas del piso que permita la estructura. Llene todo el espacio de las viguetas si fuera posible. Ajuste el aislante del piso firmemente contra el subsuelo y la vigueta de borde para reducir la convección del aire.
3. Instale el aislante sin vacíos, huecos en los bordes ni huecos en los extremos. Coloque el aislante alrededor del arrojamiento transversal y otras obstrucciones.
4. Sujete firmemente el aislante de lana de fibra de vidrio dentro de cada cavidad con soportes colgantes, mallas de plástico, una barrera de aire permeable al vapor u otro material de soporte.
5. Selle y aisle los conductos que queden en el espacio debajo del piso o el sótano desocupado. Consulte *Distribución del aire de la unidad de calefacción central de aire forzado en el Capítulo 3, Sección 3.4* para obtener información sobre el sellado y el aislamiento de la red de conductos.
6. Considere instalar una barrera de aire permeable al vapor para evitar los bucles convectivos, sujetar el aislante y mantener las plagas alejadas.

Aislamiento de las cavidades cerradas del piso

Instale un aislante de relleno compactado en las cavidades del piso. Confirme que las cavidades estén cerradas con láminas rígidas. Este método funciona bien en los cielos rasos de los garajes, los pisos en voladizo y debajo de las ventanas salientes.



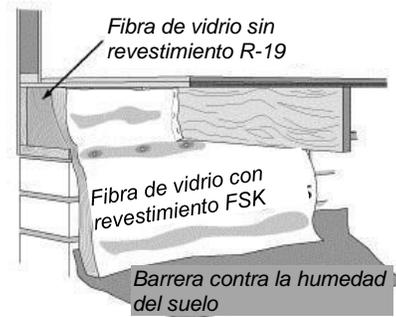
Insuflado de una cavidad del piso del garaje: las cavidades del piso no aisladas pueden aislarse con fibra de vidrio insuflada o aislante de celulosa, mediante el uso de un tubo de llenado.

2.5.4 Aislamiento de los cimientos

El aislante de los cimientos suele instalarse en el interior del muro de contención. Con menos frecuencia, el aislante de los cimientos se aplica desde el exterior de la casa. En los casos en los que pueda haber una presión por termitas, se instalará un aislante de viguetas perimetrales desmontables.

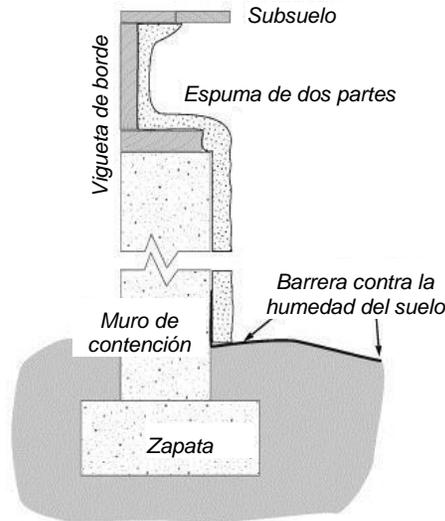
Aislamiento interior de los cimientos

1. Fije el aislante a la superficie interior de la pared con elementos de fijación o adhesivo adecuados. Instale el aislante sin vacíos ni huecos significativos en los bordes.
2. El aislante de fibra de vidrio con revestimiento Foil Scrim Kraft (FSK) debe fijarse al durmiente, las viguetas del piso o el piso. Aísle las viguetas de borde con fibra de vidrio sin revestimiento antes de instalar el aislante con revestimiento FSK para evitar que se forme un vacío detrás del aislante FSK en la viga de borde.
3. Fije firmemente las placas de aislamiento de poliestireno extruido o expandido, o de poliisocianurato con revestimiento de lámina de aluminio cuando se instalen en muros de contención planos.
4. Rocíe espuma de dos partes en la superficie interior de los cimientos para mantener el nivel de aislamiento requerido. Esto puede requerir la aplicación de más de una capa para garantizar el endurecimiento completo del material. Tome las precauciones adecuadas para la seguridad de las cuadrillas y los ocupantes durante la instalación. Siga las recomendaciones del fabricante para la aplicación y para el equipo de seguridad que debe utilizarse. Siga todos los códigos de construcción aplicables. Cuando se aplica correctamente, la espuma de dos partes aislará y sellará de aire los cimientos. Generalmente, la espuma de dos



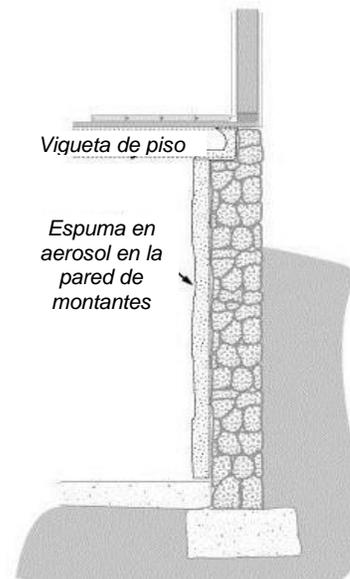
Aislante de fibra de vidrio para los cimientos: utilice este método solo en condiciones secas en las que el drenaje en el exterior sea eficaz.

partes se expande hasta el doble del grosor de la aplicación inicial, por lo que debe tener cuidado de no aislar en exceso. Consulte *Información general sobre la espuma de poliuretano en aerosol (SPF) en el Anexo A-4* para obtener información adicional.



Espacio debajo del piso aislado con espuma:

la espuma de dos partes aísla y sella la vigüeta de borde, además de aislar los muros de contención.



Espuma de dos partes rociada sobre la mampostería ordinaria:

las paredes de mampostería ordinaria pueden aislarse en el interior con espuma rociada.

5. Cuando haga frío, aplique primero una capa de espuma antes de rociar completamente la pared. La capa calentará la pared, lo cual ayudará a que la espuma se adhiera a ella.
6. Cuando se utiliza espuma de dos partes, se necesita una barrera térmica para separar la espuma plástica del área habitable. Las barreras térmicas se pueden aplicar a una pared que separe el aislamiento del espacio debajo del piso de un sótano. En el caso de los edificios que solo cuenten con un espacio debajo del piso, los pisos de madera contrachapada sirven de separación.
7. Fije firmemente las escotillas de acceso exterior al muro de contención, con pasadores y burletes. La escotilla debe poder trabarse. Aísle la escotilla solo cuando forme parte del límite térmico.

Aislamiento exterior de los cimientos

1. Instale el aislante exterior de espuma a una profundidad mínima de seis pulgadas por debajo del nivel del suelo, a menos que esté restringido por un suelo no excavable, como una acera. Aplique un revestimiento o recubrimiento duradero a toda la superficie del aislante, incluidas las uniones y las esquinas.
2. Cubra completamente de aislante los cimientos expuestos.
3. Todas las uniones de conexión deben formar un sello o estar selladas con un sellador apropiado.

4. Si el aislante no está protegido por el revestimiento, instale un borde de goteo.

Inspección final y normas de control de calidad

Las instalaciones aceptables deberán cumplir con las siguientes normas.

Aislamiento del ático

Área de almacenamiento del aislamiento del ático

1. El área de almacenamiento es lo pequeña posible y sigue satisfaciendo las necesidades del propietario.
2. Se instalan tapones en el piso si fuera necesario.
3. El aislante instalado debajo del área de almacenamiento está instalado con el valor R especificado por la auditoría de energía computarizada.
4. El área de almacenamiento no presenta riesgos para los ocupantes.
5. Los elementos del área de almacenamiento estaban protegidos del aislante.
6. Las tablas del suelo se reinstalaron adecuadamente.

Encajonamiento

1. La caja es más alta que el aislante que la rodea y no interfiere con la apertura del acceso.
2. La caja es eficaz en el desempeño de su función especificada.
3. Cuando sea necesario, la caja se construye con material incombustible.
4. La caja de la chimenea se ubica, al menos, a dos pulgadas de una chimenea activa o según las instrucciones del fabricante.
5. Las chimeneas activas cumplen con las directrices sobre chimeneas (p. ej., sin grietas, sin creosota, estructuralmente sólidas, etc.).

Acceso al ático

1. Permite el acceso repetido al ático.
2. Todas las molduras están adecuadamente selladas y tienen burletes.
3. El panel de acceso se aísla al mismo valor R que el ático o hasta el máximo estructuralmente permitido, lo que sea menor.
4. El acceso está cubierto de un material apropiado con clasificación ignífuga (como exige el código).
5. El certificado de aislamiento se completa y se coloca cerca de la escotilla de un ático o en otro lugar visible, por ejemplo, cerca de un panel eléctrico.

Sellado de las derivaciones del ático

1. Las derivaciones se sellan al nivel exigido por los requisitos del Programa de climatización de Wisconsin.
2. Las derivaciones se sellan con un material y una cantidad de material

apropiados.

3. Todos los equipos montados en el cielo raso están adecuadamente sellados.

Fugas en el techo

1. No hay evidencia visible de fugas en el techo.

Cableado del ático

1. Todas las cajas eléctricas se cubren, sellan y marcan si están ocultas por el aislamiento.
2. Todo el cableado con corriente de la perilla y el tubo se encajona antes del aislamiento, los extremos del encajonamiento se sellan y el encajonamiento se marca.
3. Se renueva la instalación eléctrica (se solicita el permiso, si corresponde) y se inspecciona (si fuera necesario).

Productos que generan calor (luces, chimeneas, conductos de humos, unidades de calefacción central del ático e instalaciones que no sean de tipo IC)

1. El encajonamiento está a un mínimo de tres pulgadas del dispositivo. El material del encajonamiento es un panel de sulfato cálcico calcinado, una placa de cemento u otro material aprobado por el código.

Extractores de aire y chimeneas de ventilación

1. Los respiraderos expulsarán el aire del área especificada al exterior.
2. Las chimeneas están selladas adecuadamente en la intersección con los materiales de construcción.

Retardadores de vapor del ático

1. Están instalados correctamente hacia el lado caliente.
2. Están instalados en forma continua, con los bordes sellados.

Ventilación del ático

1. Permite el paso del aire a través del respiradero.
2. Entre el 40 % y 50 % de los respiraderos instalados están a menos de 3 pies del punto más alto del espacio ventilado.
3. Los respiraderos están fabricados con material resistente a la corrosión, lo cual es apropiado para su ubicación específica.
4. Los respiraderos tienen pantallas con malla de alambre no corrosivo, con aberturas de $\frac{1}{16}$ " a $\frac{1}{4}$ " para evitar la entrada de plagas (p. ej., pájaros, murciélagos y abejas).

Aislamiento del piso del ático, insuflado abierto

1. Instalado con el valor R seleccionado por la auditoría.

2. El aislamiento se instala con un valor R uniforme, sin variaciones superiores a dos pulgadas.
3. Todo el cableado está adecuadamente marcado, no hay cableado desnudo y las cajas de conexión tienen tapas.
4. El cableado con corriente de la perilla y el tubo está adecuadamente contenido, de manera tal que se mantiene una distancia de 3 pulgadas con respecto al aislante.
5. Los marcadores de profundidad del aislante están colocados.

Cavidades del ático (construidas en el sitio)

1. Todas las áreas especificadas están aisladas.

Paredes del ático de las paredes de buhardilla

1. Todas las cavidades se llenan de aislante hasta el máximo estructuralmente permitido, sin que queden huecos.
2. Los bordes y las uniones de la barrera de aire permeable al vapor están sellados y se fijan mecánicamente.

Aislamiento de la pared lateral (construido en el sitio)

1. Todas las cavidades están adecuadamente aisladas con la cantidad máxima permitida y la densidad adecuada. Cuando se rellenan las cavidades con un relleno compactado para reducir las fugas de aire, el humo artificial no circula a través de las penetraciones cuando el edificio está presurizado a 50 pascales.
2. El aislamiento insuflado se instala desde el exterior o el ático, a menos que esté limitado por la estructura del edificio o por cuestiones de salud y seguridad, con la aprobación previa del propietario del edificio.
3. Según la documentación del archivo (fotos), el trabajo se completó con el uso seguro del plomo.
4. Todo el revestimiento que se sospecha que puede ser un material que contenga amianto (Asbestos-Containing Material, ACM) se ha tratado bajo la supervisión de una persona competente.

Cableado de la pared lateral

1. Se abordaron todos los riesgos antes del aislamiento.

Pisos sobre áreas no calefaccionadas (construidos en el sitio, incluidos los voladizos)

1. Están aislados hasta el máximo estructuralmente permitido. Cuando se rellenan las cavidades con un relleno compactado para reducir las fugas de aire, el humo artificial no circula a través de las penetraciones cuando el edificio está presurizado a 50 pascales.
2. Se pueden utilizar barreras de aire permeables al vapor del lado frío del aislante.
3. Cubierta resistente a la intemperie y las plagas entre el aislante en voladizo y el

exterior.

Aislamiento de las soleras de caja

1. El área se sella y rellena con el valor R seleccionado por la auditoría.

Aislamiento interior de los cimientos

1. El área se aísla hasta el valor R seleccionado por la auditoría.
2. Si se instala espuma de dos partes, debe haber una barrera térmica entre el área de aplicación y el área habitable del edificio, incluso en los sótanos calefaccionados de manera no voluntaria.
3. El retardador de vapor continuo de suelo cubre todas las superficies expuestas de la tierra y está sellado a la pared. Se mantiene un solapamiento mínimo de 12 pulgadas de las uniones al utilizar la técnica de solapamiento invertido o ascendente. El retardador de vapor de suelo se asegura con balastos o sujetadores duraderos en las áreas que se utilizan habitualmente para el mantenimiento o el almacenamiento, o donde hay un terreno inclinado, a fin de evitar el levantamiento. Todas las uniones, penetraciones y conexiones con los cimientos se sellan con un sellador duradero y compatible.

Aislamiento exterior de los cimientos

1. Se instaló un mínimo de aislante R-5.
2. Documentación NEAT presente en el archivo.
3. La profundidad del aislante es de al menos seis pulgadas y no mayor de 14 pulgadas.
4. El material tiene una capa protectora de al menos seis pulgadas por debajo del nivel del suelo.
5. Un borde de goteo efectivo forma un sello positivo entre los cimientos y el ensamble de la pared.

Capítulo 3: Medidas del sistema de calefacción

3.1 Sistemas de calefacción

Este capítulo abarca las mejoras de los sistemas de calefacción. Las mejoras incluyen el reemplazo o la modificación y reparación del aparato. Complete las pruebas de seguridad de la combustión para todos los sistemas y las pruebas de eficiencia en estado estacionario (Steady-State Efficiency, SSE) en los sistemas de calefacción de gas y combustible. Todos los trabajos de sistemas de calefacción deberán ser completados por profesionales calificados.

3.2 Reemplazo de sistemas de calefacción general

Todos los sistemas de calefacción de reemplazo, excepto los calefactores de ambiente de madera, deberán cumplir con las normas mínimas de eficiencia especificadas en el Manual del programa de climatización de Wisconsin y enumeradas en el Directorio de rendimiento de productos certificados de AHRI. La instalación de calentadores de madera deberá cumplir con los requisitos de la NFPA 211. Cumpla con las siguientes normas para el reemplazo del sistema de calefacción:

1. Desconecte las líneas de refrigerante, las tuberías, los conductos, la electricidad, los cables de control, los respiraderos y el suministro de combustible, cuando corresponda.
2. Instale los sistemas de calefacción de acuerdo con las instrucciones del fabricante, y los códigos estatales y locales aplicables.
3. Utilice el sistema de distribución y la línea de suministro de combustible existentes, cuando sea posible.
4. Retire y deseche adecuadamente la unidad existente.
5. Proporcione un manual del propietario con los reemplazos del sistema de calefacción en este sistema o cerca de él. El manual deberá estar adjuntado en un dispositivo duradero que permita el acceso repetido del cliente.
6. Dimensione adecuadamente las unidades de los sistemas de calefacción de reemplazo al utilizar un análisis preciso mediante REScheck, el Manual J de ACCA o un procedimiento de dimensionamiento equivalente aceptado por la industria.
 - a. Al dimensionar los sistemas de calderas, tenga en cuenta la capacidad de los dispositivos terminales existentes y si se calentará o no el agua caliente del hogar con la caldera.
7. Instale una tubería de gas que esté apoyada y conectada eléctricamente (si fuera necesario) de acuerdo con la NFPA-54 y el Código Uniforme de Vivienda de Wisconsin (WI Uniform Dwelling Code). Siga las especificaciones del fabricante para la instalación. Para obtener más información, consulte las normas NFPA 54 y WI SPS 323.16.
 - a. Cuando la tubería de acero inoxidable corrugado (Corrugated Stainless Steel Tubing, CSST) ya esté presente en el edificio, pero no esté correctamente conectada, conecte el sistema de tuberías de gas a la toma de tierra eléctrica

de acuerdo con NEC 250.94 y 250.104 al completar el trabajo en el suministro de combustible o el sistema de calefacción.

8. Los nuevos sistemas de calefacción requieren de un circuito eléctrico dedicado con un valor nominal o un fusible, que coincida con el amperaje de los requisitos del sistema para la protección contra sobrecorrientes. Las bombas de condensación pueden estar en el mismo circuito.
9. Verifique y ajuste, si fuera necesario, para que el oxígeno de los gases de combustión, la temperatura de la chimenea y los niveles de monóxido de carbono estén dentro de las especificaciones del fabricante. Si las especificaciones del fabricante no están disponibles, consulte la *Tabla 3-2* o la *Tabla 3-5*.
10. Verifique y ajuste, según sea necesario, para garantizar que la SSE probada cumpla o exceda la Eficiencia de utilización anual de combustible (Annual Fuel Utilization Efficiency, AFUE) nominal del sistema de calefacción.
11. Instale una tubería de condensación para llegar a un drenaje adecuado. Utilice una rampa de protección de mangueras (tira antitropiezos) en lugar de una bomba de condensación cuando sea posible.
12. Instale una bomba de condensación cuando la tubería de condensación no drene adecuadamente a un drenaje apropiado o pueda causar un peligro de tropiezo. Consulte *Eliminación de la condensación* en el *Capítulo 3, Sección 3.8.2* para obtener más información sobre las bombas de condensación.
13. Selle las aberturas de las chimeneas por donde los aparatos de tiro natural o asistidos por ventilador eliminan los gases. Indique con un aviso por escrito colocado en la chimenea, donde se haya sellado, que la chimenea ya no está en funcionamiento.
14. Asegúrese de que todos los aparatos restantes de combustión con ventilación natural tengan un tiro adecuado.
15. Pruebe los mecanismos de seguridad del sistema de calefacción para confirmar que funcionen correctamente y conforme a las especificaciones del fabricante (p. ej., el interruptor de seguridad del compartimento del ventilador y el circuito térmico de emergencia están funcionando).
16. Proporcione al cliente instrucciones de funcionamiento y mantenimiento en el hogar, incluida una revisión de las precauciones de seguridad.
17. Coloque una etiqueta bien expuesta que identifique a quién debe llamar el cliente para llevar a cabo el servicio técnico de la unidad de calefacción. La información de la etiqueta deberá contener el nombre, la dirección y el número de teléfono de la organización que lleva a cabo el servicio técnico, así como la fecha de instalación.
18. CUANDO UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN ESTÉ UBICADO EN UN ESPACIO DEBAJO DEL PISO, REALICE LO SIGUIENTE: complete e inspeccione todo el trabajo del sistema de calefacción antes de tomar cualquier otra medida en el espacio debajo del piso.

3.3 Reemplazo de la unidad de calefacción central de aire forzado

Respete las siguientes normas específicas para la instalación de unidades de calefacción

central de aire forzado:

1. Ajuste la velocidad del ventilador y la entrada de combustible para que los ocupantes obtengan un confort óptimo dentro de los límites de aumento de la temperatura del fabricante.
2. Realice todas las pruebas requeridas y documente los resultados.
3. Selle los agujeros que atraviesan la cubierta de la unidad de acondicionamiento de aire con masilla o cinta de papel de aluminio con certificación UL181.

3.4 Distribución de aire de las unidades de calefacción central de aire forzado

Los sistemas de conductos de aire forzado ofrecen oportunidades para ahorrar energía en los hogares. Los conductos desperdician energía por problemas de flujo de aire, así como por las fugas de aire y la falta de aislamiento, cuando pasan por espacios no acondicionados. Esta sección aborda estos problemas de distribución de aire forzado.

3.4.1 Modificación del sistema de conductos

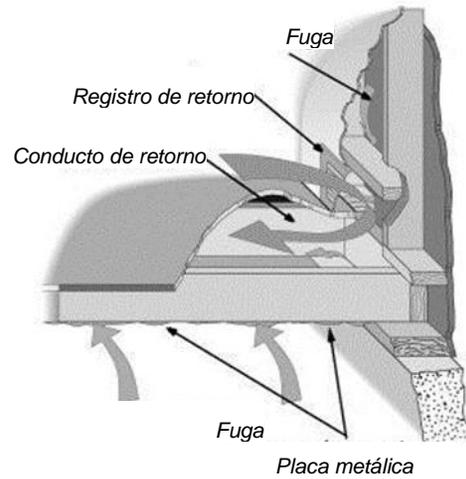
Si al ajustar la velocidad del ventilador y la presión del gas no se consigue que el aumento de la temperatura de la unidad de calefacción central esté dentro de las especificaciones del fabricante, se puede considerar la posibilidad de modificar la red de conductos. Los tramos de la red de conductos instalados para proporcionar calor a espacios individuales deberán ser lo más cortos posible. La colocación de un registro se hará donde sea menos probable que sea bloqueado por muebles u otros obstáculos.

Si es posible, se instalará una única rejilla de aire de retorno en un lugar central de la planta principal que se calienta, con un tramo de la red de conductos que sea lo más corto posible. Si se calienta otra planta que pueda cerrarse desde la planta principal, se podrá instalar una rejilla de aire de retorno adicional con el tramo más corto posible de la red de conductos hasta un lugar central. Esto puede no aplicarse a un sótano cuando haya un retorno de aire u otros riesgos para la salud y la seguridad, o problemas de eficiencia.

1. Diseñe los nuevos conductos de acuerdo con el Manual D de ANSI/ACCA y las especificaciones del fabricante.
2. Diseñe las terminaciones de acuerdo con el Manual T de ANSI/ACCA y las instrucciones del fabricante.
3. No agregue los registros de suministro a la zona de aparatos de combustión (Combustion Appliance Zone, CAZ), a menos que sea un espacio calefaccionado intencionalmente. Consulte con el cliente sobre la remoción de las rejillas que se encuentran en la CAZ. Si se quitan las rejillas, documente la consulta al cliente en el archivo.
4. Asegure mecánicamente la red de conductos de suministro y retorno con tornillos. Selle la red de conductos que se dirige al gabinete de la unidad de calefacción central con masilla y cinta de malla textil, sellador u otro material aprobado por UL 181, para formar una conexión esencialmente hermética en todos los lados de estas uniones.
5. No instale una red de conductos nueva en espacios no acondicionados, a menos que sea necesario. Si los conductos se encuentran en espacios no

acondicionados, selle las uniones y aisle los conductos a un mínimo de R-11.

6. Conecte los conductos nuevos a la distribución existente. Instale un regulador de tiro de compensación en cada conducto de suministro secundario nuevo. Instale registros para terminar cada conducto secundario nuevo de suministro o de retorno.
7. No utilice los espacios del edificio, como los sótanos o los espacios debajo del piso, como una cámara de aire o conducto.



Viguetas de suelo cubiertas con placas: estos conductos de retorno suelen tener muchas fugas y puede ser necesario retirar la placa para sellar la cavidad.

3.4.2 Fugas en los conductos

Las redes de conductos con fugas plantean varios problemas: pueden afectar la salud y seguridad de los ocupantes, el confort y el consumo energético de la casa.

Selle todos los conductos de calefacción y refrigeración que se dirijan al exterior de la envoltura calefaccionada de la vivienda. Estas fugas en los conductos desperdician energía e introducen riesgos para la salud y la seguridad.

En la CAZ, las fugas en los conductos de retorno provocan una despresurización y aumentan la posibilidad de que los aparatos de tiro natural generen una contracorriente. Las fugas del lado del suministro en la CAZ tienen menos probabilidades de generar contracorrientes; más bien, pueden ayudar al tiro natural de los aparatos al agregar una presión positiva a la habitación.

Las fugas en los conductos, que ocurren dentro de la envoltura calefaccionada, tienen menos probabilidades de contribuir a un mayor consumo de energía. Las fugas de los conductos de suministro hacia el exterior pueden introducir un exceso de humedad en los espacios sin calefaccionar y despresurizar la CAZ. Las fugas de los conductos de retorno de los espacios sin calefaccionar pueden introducir contaminantes en el aire distribuido, lo cual puede causar problemas de salud a los ocupantes de la casa.

Siga estas instrucciones cuando selle la red de conductos:

1. Selle todos los conductos situados fuera del límite térmico. Realice pruebas para detectar las fugas en cada registro o rejilla, al utilizar una bandeja de presión con la casa a una diferencia de presión de 50 pascales. El objetivo es medir una presión inferior a 1 pascal en cada abertura.
2. Selle la conexión entre la unidad de calefacción central y la cámara de suministro, así como la conexión entre la unidad de calefacción central y la caída del retorno.
3. Selle todos los orificios gruesos de la red de conductos de suministro y retorno. Repare o reemplace los conductos que faltan en los sistemas de retorno y suministro.
4. Selle las fugas del retorno y suministro según sea necesario, en función de las orientaciones del Libro de diagnósticos.

Materiales para el sellado de aire de los conductos

La masilla para conductos es el material preferido para el sellado de conductos, debido a su mayor durabilidad y adhesión. Aplique la masilla con un espesor de, al menos, $\frac{1}{16}$ de pulgada y utilice una malla de refuerzo o una cinta aprobada por la norma UL 181 para todas las uniones de más de $\frac{1}{8}$ de pulgada o para las uniones que puedan tener algún movimiento. El sellador de silicona o de látex acrílico siliconado es aceptable para sellar las uniones de madera con madera en los espacios de las viguetas cubiertas con placas, las cuales funcionan como conductos de retorno.

Las uniones deben contar con sujeciones mecánicas para evitar su movimiento o separación. La cinta adhesiva no mantendrá unida una unión por sí sola, ni resistirá la fuerza del aislante compactado ni el movimiento de la unión. La cinta de aluminio o la cinta de tela para conductos no son materiales buenos para el sellado de conductos porque su adhesivo suele fallar al poco tiempo.

3.4.3 Aislamiento de conductos

Aísle los conductos de aire forzado que pasan por áreas no acondicionadas con un aislante recubierto de aluminio que tenga un valor mínimo de R-8. Los conductos se pueden aislar con productos de espuma de dos partes que cumplan con la especificación federal para el aislamiento de conductos. Si se utiliza espuma de dos partes, los trabajadores deben asegurarse de que todas las uniones de los conductos estén selladas, para garantizar que la corriente de aire no entre en contacto con la espuma. De acuerdo con las normas SWS 5.0106.2 y 5.0107.2, la SPF debe tener un índice de propagación de la llama y de humo de 25/450 o menos, probado de acuerdo con ASTM E84 o UL 723.

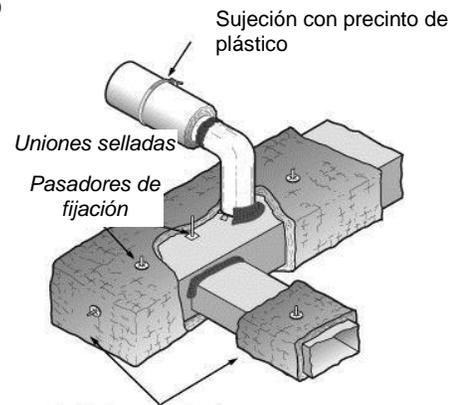
No aplique el aislante a los conductos que estarán rodeados por R-8 o más del aislante de relleno suelto. Antes de instalar el aislante de relleno suelto, asegúrese de sellar estos conductos.

No aisle los conductos que atraviesan las áreas acondicionadas, a menos que provoquen un sobrecalentamiento en invierno o una condensación en verano.

Siga estos pasos cuando instale el aislante de los conductos:

1. Lleve a cabo el sellado necesario de los conductos antes de aislarlos.
2. Aísle todos los conductos de aire forzado expuestos en áreas no acondicionadas para que no queden áreas significativas de conductos desnudos sin aislar.
3. Sujete el aislante de manera mecánica al utilizar pasadores de fijación, cordeles, precintos de plástico u otros materiales adecuados. Coloque cinta adhesiva en las uniones del aislante para evitar la convección del aire y aplique masilla sobre la cinta para aumentar su longevidad.

3.4.4 Medición del flujo de aire del sistema



Aislante de conductos R-8 fijado con pasadores de fijación.

El flujo de aire de la unidad de calefacción central afecta significativamente al aumento de la temperatura. Un flujo de aire excesivo (baja temperatura del aire de suministro) puede causar problemas de confort al cliente. El bajo flujo de aire es un problema más común en los sistemas de conductos de aire forzado.

Un flujo de aire insuficiente puede causar que el sistema se encienda y apague con demasiada frecuencia o, en casos graves, la falla del intercambiador de calor. Las causas más comunes de un flujo de aire bajo son una unidad de calefacción central sobredimensionada, un filtro sucio, un serpentín en forma de A sucio, registros o rejillas obstruidos, entrada de combustible demasiado alta, velocidad del ventilador demasiado baja o demasiado alta, conductos de suministro demasiado pequeños o restringidos y conductos de retorno inadecuados o restringidos. En la *Tabla 3.1*, se muestra el flujo de aire mínimo recomendado para varios sistemas de aire forzado. Cuando el flujo de aire es inferior al mínimo recomendado, es probable que el sistema tenga un aumento de temperatura superior al máximo especificado por el fabricante.

Tabla 3-1: Flujo de aire mínimo recomendado (en CFM)

| Tamaño de la unidad de calefacción central en kBTU | Tiro natural | Combustión asistida por ventilador | Combustión sellada |
|---|---------------|------------------------------------|--------------------|
| 40 | 400 | 520 | 600 |
| 50 | 500 | 650 | 750 |
| 60 | 600 | 780 | 900 |
| 75 | 750 | 975 | 1,125 |
| 100 | 1,000 | 1,300 | 1,500 |
| | Multiplicador | | |
| kBTU | 10 | 13 | 15 |
| Para calcular el flujo de aire mínimo estimado para una unidad de calefacción central, multiplique los kBTU de entrada por el multiplicador que corresponda al tipo de unidad de calefacción central (p. ej., 40 x 15 = 600 CFM). | | | |

Preparación para medir el flujo de aire

No se necesitan instrumentos de prueba sofisticados para descubrir que los filtros, los serpentines del aire acondicionado (serpentín en forma de A) o los ventiladores están llenos de suciedad, o que el conducto secundario que se dirige al dormitorio principal está desconectado. Diagnostique estos problemas antes de medir el flujo de aire del conducto. Los siguientes pasos preceden a las mediciones del flujo de aire:

1. Pregunte al cliente sobre los problemas de confort y las diferencias de temperatura en varias partes de la casa.
2. Según los comentarios del cliente, fíjese si hay conductos desconectados o restringidos.
3. Inspeccione los filtros, el ventilador y el serpentín en forma de A en busca de suciedad. Límpielos si fuera necesario. Si no se puede ver fácilmente el serpentín en forma de A, un ventilador sucio es un buen indicador de que el serpentín en forma de A también puede estar sucio.

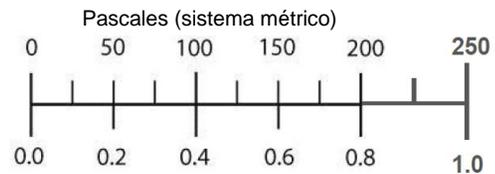
Método de la placa de flujo para medir el flujo de aire del sistema

El medidor de la placa de flujo de aire es una placa con agujeros y tubos de muestreo que funcionan junto con un medidor digital para medir la velocidad y las presiones estáticas dentro de los conductos. El medidor digital convierte estos valores en una estimación del flujo de aire de distribución.

El medidor de la placa de flujo de aire contendrá placas de medición que pueden configurarse para encajar dentro de todas las ranuras de los filtros de tamaño estándar. Siempre que sea posible, asegúrese de que la placa no sea más grande que la abertura del retorno de la unidad de calefacción central. Consulte el manual de instrucciones del medidor de la placa de flujo de aire para obtener las instrucciones específicas sobre su uso.

Medición de la presión estática externa

Realice esta prueba si el aumento de la temperatura inicial y los resultados de la prueba de CO están fuera de las especificaciones del fabricante y se necesita una investigación adicional. La presión estática externa (External Static Pressure, ESP) es la diferencia entre las presiones en los conductos de suministro y de retorno. La ESP es la resistencia al flujo de aire causada por los elementos externos al gabinete de la unidad de calefacción central.



Pulgadas de columna de agua (Inches of Water Column, IWC)

Presión en dos sistemas de medición: los técnicos e ingenieros utilizan tanto los pascales (sistema métrico) como las pulgadas de columna de agua para medir las presiones de los conductos.

La prueba de ESP puede utilizarse para identificar los problemas que hay en la red de conductos, como una red de conductos de un tamaño insuficiente o los retornos de aire frío obstruidos. La prueba de ESP también permite estimar el flujo de aire si se cuenta con tablas de ventiladores del fabricante de la unidad de calefacción central para la presión estática y el flujo de aire.

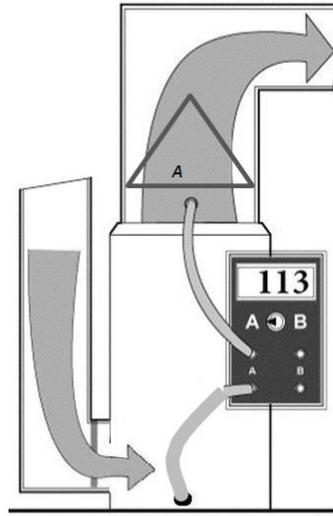
La ESP es igual a la suma de los valores absolutos de las presiones estáticas de los lados del suministro y del retorno. Por ejemplo, una presión estática de +30 pascales del lado del suministro y una presión estática de -80 pascales del lado del retorno indican una ESP de 110 pascales ($80 + 30 = 110$). La presión estática del lado del suministro siempre será un número positivo, mientras que la presión estática del lado del retorno siempre será un número negativo. Cuanto mayor sea la ESP, menor será el flujo de aire a una velocidad determinada del ventilador.

La prueba de ESP requiere de una sonda de presión estática, una manguera de presión y un medidor digital. Siga estos pasos para probar la ESP de un sistema de calefacción de aire forzado:

1. Instale un filtro limpio de la unidad de calefacción central en la ranura del filtro. Si no dispone de uno, retire el filtro presente en la unidad de calefacción central si está obstruido o excesivamente sucio.
2. Perfore un agujero en la cámara de suministro, por encima del gabinete de la unidad de calefacción central y por debajo de la bandeja de drenaje del serpentín en forma de A (si está presente). El agujero debe ser lo suficientemente grande

como para alojar una sonda de presión estática. Si el serpentín en forma de A está montado directamente en la unidad de calefacción central, para no perforar el serpentín ni la bandeja de drenaje, perfore un agujero en la parte superior del gabinete de la unidad de calefacción central. Asegúrese de no perforar el deflector de la unidad de calefacción central ni el intercambiador de calor. Asegúrese de que el agujero atraviese el aislante del interior del gabinete de la unidad de calefacción central.

3. Perfore un agujero en la parte posterior del gabinete del ventilador. El agujero debe ser lo suficientemente grande como para alojar una sonda de presión estática. Asegúrese de no perforar el cableado ni otros objetos al retirar la puerta del gabinete del ventilador para seleccionar visualmente una ubicación sin obstáculos. Asegúrese de que el agujero atraviese el aislante del interior del gabinete del ventilador.
4. Establezca el medidor digital en modo "PR/PR" y conecte una manguera de presión a la toma de entrada del canal A. (El botón "UNITS" [UNIDADES] puede utilizarse en el medidor para medir pulgadas de columna de agua).



Presión estática externa (ESP): las presiones positiva y negativa creadas por la resistencia de los conductos de suministro y retorno producen la ESP. La medición mostrada aquí suma las dos presiones estáticas sin tener en cuenta sus signos. A medida que la ESP aumenta, el flujo de aire disminuye. Los números solo se muestran aquí a modo de ejemplo.

| Presión estática externa | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| ESP (IWC) | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | |
| CFM | 995 | 945 | 895 | 840 | 760 | 670 | |

5. Conecte la sonda de presión estática a la manguera. Inserte la sonda en cada uno de los agujeros y registre el resultado de la prueba para cada uno de ellos.
6. Sume los valores absolutos de los dos resultados de la prueba, al tratar cada resultado como si fuera un número positivo. Esta suma es la ESP del sistema de calefacción.
7. Cuanto mayor sea la medición de la ESP, menor será el flujo de aire (suponiendo que no haya ningún cambio en el ajuste de la velocidad de la unidad de acondicionamiento de aire). La ESP máxima recomendada por los fabricantes suele ser de 0.50 IWC para las unidades de acondicionamiento de aire estándares. A medida que la ESP aumenta por encima de 0.50 IWC, aumenta la probabilidad de que el flujo de aire sea insuficiente. Una ESP muy alta (más de 1.0 IWC) puede indicar que la unidad de calefacción central está sobredimensionada, que no hay suficientes conductos o que estos están oprimidos, que hay una obstrucción en el serpentín en forma de A o en el filtro de la unidad de calefacción central, o que hay otros problemas en el sistema de distribución.

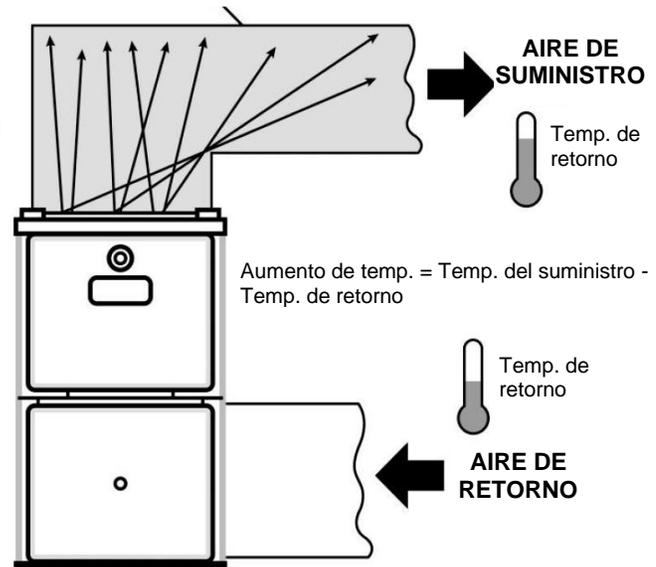
Utilice la prueba de ESP como guía, junto con las conversaciones con el cliente y las pruebas de flujo de aire y aumento de temperatura, para determinar si el sistema de calefacción tiene un flujo de aire suficiente.

3.4.5 Medición del aumento de la temperatura

El aumento de temperatura es la diferencia de temperatura entre el aire suministrado y el aire de retorno. Esta prueba es fundamental para determinar si la unidad de calefacción central está instalada y funciona correctamente. Realice la prueba después de que la unidad de calefacción central haya alcanzado el estado estacionario y la red de conductos se haya calentado.

Mida la temperatura del retorno al introducir el termómetro en la caída del retorno antes del filtro. Mida la temperatura del suministro en un conducto principal a menos de 6 pies de la cámara de suministro sin estar en la línea de visión del intercambiador de calor. Cuando haya varios conductos principales, mida la temperatura en cada ramal y utilice la lectura más alta.

“Línea de visión” de la radiación del intercambiador de calor



3.4.6 Filtros

Observe las siguientes normas relacionadas con la instalación de filtros para unidades de calefacción central.

1. Suministre al cliente filtros de unidades de calefacción central MERV 6 o superiores. Proporcione lo siguiente:
 - a. Seis filtros desechables de 1 a 2 pulgadas (instale uno de ellos en la unidad de calefacción central); o
 - b. un filtro lavable (instalado); o
 - c. un filtro de pliegues profundos (instalado).
2. Confirme que los filtros se mantengan firmemente en su lugar y proporcione una cobertura completa de la entrada del ventilador o del registro de retorno.
3. Asegúrese de que los filtros sean fáciles de reemplazar.
4. Confirme que el sistema de calefacción tenga una tapa de filtro de sellado e instale una nueva en caso de que no haya una. Construya la nueva tapa de la ranura del filtro de manera que pueda retirarse de manera fácil y segura. Confirme que sea fácil acceder al filtro y reemplazarlo. Las tapas magnéticas de los filtros solo se permiten si proporcionan un sellado adecuado en la red de conductos para evitar las fugas de aire.

3.5 Reemplazo de la caldera

Complete todas las pruebas de la Lista de comprobación del reemplazo de calderas de agua caliente y documente los resultados. Siga estas especificaciones cuando reemplace las calderas:

1. Para dimensionar con precisión un sistema de reemplazo, tenga en cuenta la pérdida de calor de la temperatura de diseño de la casa, la pérdida de calor por habitación y la capacidad de radiación existente en la casa. En situaciones de insuficiente capacidad de radiación, la casa puede necesitar más emisores de calor para optimizar la eficiencia del sistema nuevo y calentar todas las habitaciones adecuadamente.
2. Lave el sistema de distribución existente según las instrucciones del fabricante o hasta que el agua salga limpia y sin sedimentos. Verifique que los valores de pH y sedimentos sean los adecuados, según lo indicado por el fabricante. Si el sistema está dividido en zonas, lave cada zona por separado.
3. Instale válvulas de aislamiento en puntos accesibles de las conexiones de las tuberías de suministro y retorno, y tan cerca de la caldera como sea conveniente y práctico, para permitir el drenaje de la caldera sin vaciar el sistema. Estas válvulas también pueden servir para llenar el sistema y purgar el aire de las zonas separadas.
4. Coloque las nuevas válvulas de zona o las bombas de circulación de zona cerca de la caldera. Confirme que cada zona tenga su propia válvula de cierre.
5. Instale una válvula de alivio de presión (Pressure Relief Valve, PRV) conforme a las instrucciones del fabricante. Confirme que la PRV esté clasificada y dimensionada correctamente para la entrada de BTU de la caldera y la presión máxima de funcionamiento.
6. Instale una válvula de llenado automático si no hay ninguna.
7. El lado del agua de alimentación (entrada) de la válvula de alimentación reductora de presión deberá tener un antirretorno, con una válvula de cierre instalada contracorriente del antirretorno, y el lado de la caldera (salida) de la válvula de alimentación reductora de presión también deberá tener una válvula de cierre para permitir el mantenimiento o el reemplazo sin drenar el sistema de la caldera.
8. El drenaje del antirretorno deberá estar orientado hacia el piso.
9. El sistema deberá tener un tanque de expansión con un tamaño adecuado del lado del suministro de la caldera. Instale un tanque de expansión o llene el tanque existente y el sistema hasta el nivel correcto.
10. Instale la bomba de circulación cerca del lado descendente del tanque de expansión para evitar que el lado de succión de la bomba despresurice las tuberías.
11. Verifique que la temperatura del agua de retorno sea la adecuada:
 - a. En el caso de las calderas a combustible, verifique que la temperatura del agua de retorno sea superior a 150° F.



- b. Para las calderas a gas sin condensación, verifique que la temperatura del agua de retorno sea superior a los 130° F para evitar la condensación ácida dentro de la caldera.
12. Instale derivaciones de tuberías, válvulas mezcladoras, sistema de tuberías primarias y secundarias u otras estrategias según sea necesario para evitar la condensación.
13. En el caso de las calderas de condensación, instale una ventilación resistente a la condensación con drenajes de condensación diseñados en el sistema de ventilación conforme a las especificaciones del fabricante.
14. Aísle todas las tuberías del circuito de circulación entre la caldera y un calentador de agua doméstico indirecto.
15. Cuando se instale en un piso debajo del nivel del suelo, se instalará la caldera nueva sobre los niveles de inundación conocidos y tan alto como sea práctico para evitar daños en caso de inundación.
16. Inspeccione la chimenea para ver si está deteriorada y si su tamaño es correcto. Repare y vuelva a revestir la chimenea si fuera necesario.
17. En el caso de las calderas de eficiencia estándar, instale un regulador de tiro de ventilación eléctrica de cierre total cuando sea posible.

3.5.1 Calderas de alta eficiencia (≥90 %+)

Las calderas de alta eficiencia suelen presentar importantes oportunidades de ahorro de energía en comparación con las calderas de eficiencia estándar. Al igual que las unidades de calefacción central de eficiencia de ≥90 %, las calderas de alta eficiencia hacen que el vapor de agua de los gases de escape se condense, lo cual libera más calor y eleva su potencial de eficiencia por encima del 90 %. (Los sistemas de alta eficiencia suelen denominarse sistemas de “condensación”).

Para dimensionar con precisión un sistema de reemplazo, tenga en cuenta la pérdida de calor de la temperatura de diseño de la casa, la pérdida de calor por habitación y la capacidad de radiación existente en la casa. En situaciones de insuficiente capacidad de radiación, la casa puede necesitar más emisores de calor para optimizar la eficiencia del sistema nuevo y calentar todas las habitaciones adecuadamente.

En una caldera de alta eficiencia, el agua de retorno actúa como refrigerante de los gases de escape. Cuanto más baja sea la temperatura del agua de retorno, más se enfriarán los gases de escape, lo que, a su vez, aumenta la cantidad de agua que se condensa en el escape y así, la eficiencia de la caldera. Por este motivo, las temperaturas más bajas del agua de retorno se correlacionan con el aumento de la eficiencia.



Los sensores de temperatura del aire exterior se instalan con una caldera para permitir que los controles de la caldera detecten la temperatura exterior real. El reinicio exterior es una función de control que permite que la caldera ajuste la temperatura del agua de suministro al mínimo necesario para calentar el edificio a una temperatura exterior determinada. Cuando la caldera limita su generación de calor a la necesidad real de la vivienda, la temperatura menor del agua de retorno aumenta la condensación y la eficiencia de la caldera.

Las calderas de alta eficiencia requieren un mantenimiento regular. Algunas calderas de alta eficiencia son especialmente vulnerables a los problemas con el agua de distribución; es decir, a la suciedad, los residuos, los sedimentos y el óxido presentes en el agua o a un nivel de pH inadecuado, lo cual puede provocar la obstrucción de los intercambiadores de calor y otros problemas. Instruya a los clientes y asegúrese de que comprendan los requisitos de mantenimiento.



Siga estas instrucciones adicionales cuando instale calderas de alta eficiencia:

1. Verifique que el porcentaje de O₂ de los gases de combustión o las ppm de CO y CO₂ estén dentro de los rangos del fabricante tanto para el fuego alto como para el fuego bajo.
2. Equipe la caldera con un sensor de temperatura del aire exterior instalado en una pared exterior orientada al norte. Determine la temperatura exterior por encima de la cual la caldera no debe funcionar y configure la desconexión por temperatura alta para que coincida.
3. Programe la curva de calefacción de la caldera de modulación en función de la pérdida de calor de la vivienda, las temperaturas exteriores de diseño y la capacidad de radiación.
4. Asegúrese de que la composición química del agua de distribución cumpla con las especificaciones del fabricante. Las pruebas pueden incluir pH, dureza o sólidos disueltos totales (Total Dissolved Solids, TDS), o tratamiento con inhibidores.
5. Enjuague el sistema de distribución de agua mediante el uso de los productos químicos de tratamiento recomendados por el fabricante, diseñados para eliminar el óxido y los residuos del interior del sistema.

3.6 Sistemas de distribución hidrónicos

Los sistemas de distribución hidrónicos están formados por tuberías de suministro y retorno, circulador, tanque de expansión, separador de aire, respiraderos y emisores de calor. Un sistema de distribución hidrónico correctamente diseñado e instalado puede funcionar durante décadas. Sin embargo, muchos sistemas tienen defectos de instalación o necesitan mantenimiento.

Las tuberías y los controles de la caldera presentan muchas opciones para la zonificación, la preparación de la caldera y los controles de ahorro de energía. La división de las casas en zonas, con termostatos separados, puede mejorar significativamente la eficiencia energética en comparación con la operación de una sola zona. Los controles hidrónicos modernos pueden suministrar agua caliente para la calefacción a diferentes zonas en distintos momentos con cargas de calefacción variables en las zonas.

Siga estas instrucciones para los sistemas de distribución hidrónicos:

1. Inspeccione los radiadores. Repare o reemplace según sea necesario.
2. Purgue el aire de los radiadores y de todo el sistema.
3. Confirme que el sistema de distribución no tenga fugas.
4. Modifique el sistema de distribución según sea necesario para que funcione correctamente con la caldera de reemplazo.
5. Instale emisores adicionales (radiadores o zócalo) según sea necesario para permitir temperaturas de agua más bajas, con el fin de garantizar que las calderas nuevas alcancen la AFUE nominal (condensación de los gases de combustión).
6. El sistema dispondrá de válvulas de purga de aire automáticas y manuales para eliminar el aire de todos los puntos altos del sistema de tuberías de distribución.
7. Extienda los radiadores y las tuberías nuevas a las áreas acondicionadas, como las ampliaciones y los sótanos acabados que actualmente se calientan con calefactores de ambiente.
8. Instale válvulas de radiador controladas por termostato en los radiadores principales o controles de zona, o controles de caldera o de reinicio exterior para ajustar la temperatura del agua de suministro según la temperatura exterior. Si es factible para el sistema de calderas, se puede considerar la posibilidad de utilizar bombas de modulación en los sistemas de varias zonas.
9. Aísle todas las tuberías de suministro fuera de los espacios acondicionados. Para los sistemas de agua caliente, instale un aislante de fibra de vidrio de 1½ pulgadas en todas las tuberías que tengan un diámetro inferior o igual a 1½ pulgadas y un aislante de fibra de vidrio de 2 pulgadas en todas las tuberías que



Válvulas de zona: un termostato independiente controla cada válvula de zona. Cuando un termostato requiere calor, la caldera se activa y la válvula de zona se abre.

tengan un diámetro superior a 1½ pulgadas. Para los sistemas de vapor, instale un aislante de fibra de vidrio de 1½ pulgadas en todas las tuberías que tengan un diámetro inferior o igual a 1½ pulgadas y un aislante de fibra de vidrio de 3 pulgadas en todas las tuberías que tengan un diámetro superior a 1½ pulgadas.

3.7 Eficiencia y mantenimiento de las calderas

Las calderas pueden mantener un buen rendimiento y eficiencia durante muchos años si se mantienen y ponen a punto con regularidad. El rendimiento y la eficiencia de las calderas mejoran luego de los procedimientos de mantenimiento y puesta a punto eficaces.

Las calderas modernas de alta eficiencia requieren un mantenimiento anual para conseguir un rendimiento y una vida útil óptimos. Para obtener información sobre la instalación de calderas, consulte *Reemplazo de la caldera en el Capítulo 3, Sección 3.5*.

El rendimiento y la eficiencia de las calderas se deterioran de más formas que en las unidades de calefacción central de aire forzado. En concreto, estas son las siguientes:

1. La corrosión, el sarro y la suciedad del lado del agua del intercambiador de calor.
2. La corrosión, el polvo y la suciedad del lado del fuego del intercambiador de calor.
3. El exceso de aire durante la combustión, debido a fugas de aire y una mezcla incorrecta de combustible y aire.
4. La circulación de aire fuera de ciclo a través de la cámara de combustión y el intercambiador de calor, lo cual elimina el calor del agua almacenada.

Considere las siguientes mejoras de mantenimiento y eficiencia tanto para las calderas de agua caliente como para las de vapor:

1. Compruebe si hay fugas en la caldera, alrededor de sus accesorios o en cualquiera de las tuberías de distribución conectadas a la caldera.
2. Instale un filtro magnético en la tubería de retorno justo antes de la caldera, para evitar la formación de sarro en el intercambiador de calor.
3. Instale o reemplace las bombas de circulación antiguas por modelos ECM de eficiencia eléctrica.
4. En una caldera de vapor, inspeccione el indicador de agua para ver si está erosionado, agrietado o seco. Reemplace el indicador de agua dañado de la caldera de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Retire, limpie y reemplace el cristal del indicador cuando la suciedad o los sedimentos lo cubran y dificulten la observación del nivel de agua de la caldera.
5. Limpie la suciedad visible del lado del fuego del intercambiador de calor.
6. Compruebe que las puertas y las tapas de las bocas de limpieza no tengan fugas de aire. Reemplace los empaques, las puertas deformadas o las tapas deformadas de las bocas de limpieza.
7. Drene el agua del drenaje de la caldera hasta que el agua salga limpia.

Mejoras y comprobaciones de seguridad

1. Confirme que haya una válvula de alivio de presión de 30 psi. Reemplace una válvula que funcione mal o agregue una si no hay ninguna. Observe las señales de fugas o descargas y averigüe por qué la válvula de alivio está descargando.
2. Asegúrese de que el tanque de expansión no esté anegado ni tenga un tamaño demasiado pequeño para el sistema. Esto podría provocar la descarga de la válvula de alivio de presión. Compruebe que el tanque de expansión tenga una presión de aire aceptable, normalmente de 12 a 22 psi.



Tanque de expansión, separador de aire y respiradero: la prevención de la presión excesiva y la eliminación del aire de los sistemas son importantes para los sistemas de distribución hidrónicos.

Nota: Una caldera de agua caliente se reconoce por su tanque de expansión, situado en algún lugar sobre la caldera. El tanque de expansión proporciona un colchón de aire que permite que el agua del sistema se expanda y se contraiga a medida que se calienta y se enfría, sin crear una presión excesiva en las tuberías de la caldera ni descargar a través de la válvula de alivio de presión.

3. Si se observa óxido en la ventilación, verifique que la temperatura del agua de retorno sea superior a 130 °F para el gas y superior a 150 °F para el combustible, con el fin de evitar la condensación ácida.
4. Verifique que el sistema no tenga un ciclo de límite alto.
5. Lubrique las bombas de circulación si fuera necesario.

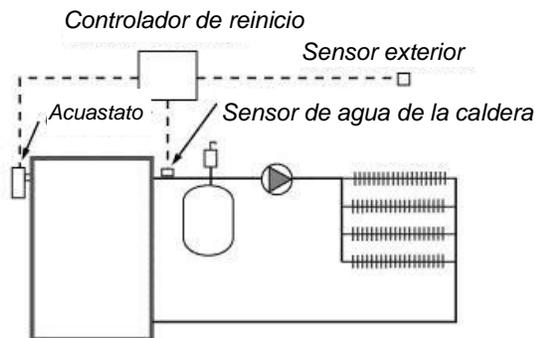
Mejoras en la eficiencia

1. Repare las fugas de agua del sistema.
2. Elimine la corrosión, el polvo y la suciedad del lado del fuego del intercambiador de calor.
3. Compruebe que no haya un exceso de aire durante la combustión, debido a fugas de aire y una mezcla incorrecta de combustible y aire.
4. Confirme que la caldera no tenga un control de límite bajo para mantener una temperatura mínima del agua de la caldera, a menos que la caldera esté calentando agua doméstica, además de calentar espacios.
5. Considere instalar controladores de reinicio exterior en las calderas que no sean de alta eficiencia, con el fin de regular la temperatura del agua en función de la temperatura exterior.

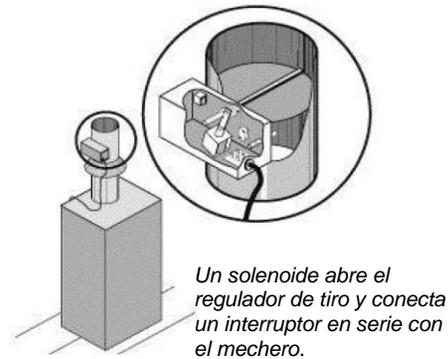
6. Luego de las mejoras del control, como los termostatos de dos etapas o los controladores de reinicio, verifique que la temperatura del agua de retorno sea lo suficientemente alta como para evitar la condensación y la corrosión en la chimenea, como se indicó anteriormente.
7. Purgue el aire de los radiadores y las tuberías a través de los respiraderos de las tuberías o los radiadores.
8. Aspire y limpie las aletas de los convectores de tubos aletados si hay polvo y suciedad.
9. Considere instalar compuertas de ventilación eléctricas de cierre total en las calderas a gas con tiro natural y a combustible de alta masa.



Purga de aire: el aire atrapado se acumula en las partes más altas del sistema de agua caliente. La purga del aire de los radiadores llena el radiador y le brinda más superficie de calentamiento.



Controlador de reinicio: el controlador de reinicio controla la temperatura del agua de circulación en función de la temperatura exterior.



Reguladores de tiro de ventilación: los reguladores de tiro de ventilación eléctricos cierran la chimenea cuando el mechero no está encendido, lo cual evita que el aire que circula transporte el calor almacenado de la caldera por la chimenea.

3.8 Sistemas de calefacción a gas

3.8.1 Instalación de sistemas de calefacción a gas

Se deben seguir los procedimientos generales descritos en *Reemplazo general de sistemas de calefacción en el Capítulo 3, Sección 3.2*. Complete todas las pruebas de la Lista de comprobación de las unidades de calefacción central a gas de reemplazo y documente los resultados.

Cuando reemplace un sistema de calefacción a gas, realice lo siguiente:

1. Confirme que las distancias con respecto a los combustibles cercanos de la unidad de calefacción y su conector de ventilación cumplan con la norma NFPA 54.

2. Tome el tiempo del medidor de gas, si fuera necesario, para solucionar los problemas de oxígeno, temperatura de los gases de combustión, monóxido de carbono o aumento de la temperatura y para verificar que la entrada de gas real coincida con la clasificación de entrada de la placa de características. Ajuste la entrada de gas si fuera necesario. Consulte *Medición de la entrada de BTU en los aparatos a gas natural en el Capítulo 3, Sección 3.8.3.*
3. Compruebe la presión de gas de entrada en la unidad de calefacción central cuando todos los aparatos a gas estén funcionando en la casa, para asegurarse de que no haya una caída en la presión de gas requerida. Si la entrada es significativamente diferente a la clasificación de la placa de identificación, todas las demás variables anteriores pueden verse afectadas.
4. Mida la presión de gas del múltiple para asegurarse de que se mantiene dentro del rango especificado por el fabricante. Ajuste la mezcla de combustible y aire para obtener la menor salida de CO y la máxima SSE.
5. Siga las instrucciones de ventilación del fabricante, junto con la norma NFPA 54, para establecer un sistema de ventilación adecuado.
6. Siga las instrucciones del fabricante para la correcta eliminación de la condensación. Consulte *Eliminación de la condensación en el Capítulo 3, Sección 3.8.2.*
7. Instale una trampa de sedimentos adecuada en la línea de gas si no hay una.
8. Cuando cambie de combustible a gas, coloque el tanque de combustible anterior fuera de servicio de acuerdo con ATCP 93.315 del Código Administrativo de Wisconsin.

3.8.2 Eliminación de la condensación

La condensación se aleja de la unidad de calefacción central de dos maneras:

1. Al colocar una tubería de condensación directamente desde la unidad de calefacción central hasta un desagüe apropiado (método preferido).
2. O bien, al bombear la condensación desde la unidad de calefacción central hasta un desagüe apropiado con una bomba eléctrica de condensación.

Siempre que sea factible, coloque la tubería directamente desde la unidad de calefacción central hasta el desagüe del piso, sin instalar una bomba de condensación. Fije mecánicamente la tubería a la coladera del desagüe del piso o al propio piso. Asegúrese de que la tubería no represente un peligro de tropiezo para los ocupantes. La instalación de una “tira antitropiezos”, con la aprobación del cliente, puede ser útil para evitar que los ocupantes se tropiecen con las tuberías.

A veces, la estrategia de canalización directa no es viable. Puede que no haya un desagüe cerca de la unidad de calefacción central o quizás que la tubería representaría un peligro de tropiezo para los ocupantes. En estas situaciones, probablemente la instalación de una bomba de condensación sea una mejor opción. Consulte la siguiente sección para obtener información sobre las bombas de condensación.

Bombas de condensación

Una bomba de condensación se instala cuando no es posible tender una tubería directa a

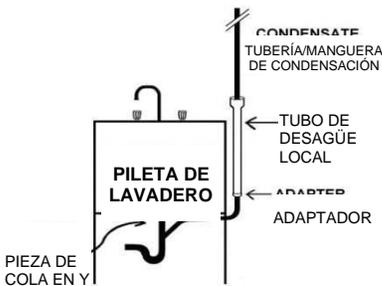
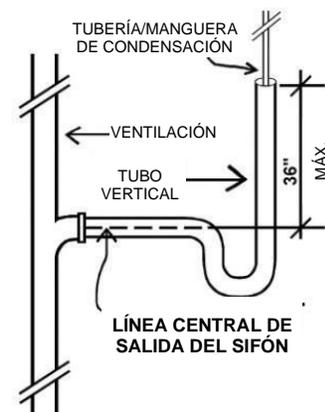
un desagüe aprobado. Las bombas de condensación pueden instalarse mediante el uso de receptáculos existentes, nuevos receptáculos con interruptor de circuito por falla a tierra (Ground-Fault Circuit Interrupter, GFCI) o pueden conectarse directamente mediante un cableado de acuerdo con los requisitos del fabricante de la bomba. Inspeccione todo el sistema de condensación para detectar fugas después de la instalación. Aísle el sistema de drenaje de condensación cuando esté ubicado en un área no acondicionada o pueda generar una condensación. Si se instala una bomba de condensación en un área terminada o por encima de ella, se debe instalar una bandeja de drenaje secundaria con una función de seguridad para desactivar el sistema de calefacción si la bomba falla.

La condensación es un producto derivado de la combustión ligeramente ácido. El código de plomería exige que se drene al sistema de alcantarillado sanitario y no al suelo ni a una bomba de sumidero. El código permite que la condensación vaya a un desagüe del piso, un tubo vertical o un tubo de desagüe indirecto o local servido por un tubo vertical o por la pieza de cola de la pileta del lavadero. Se requiere un espacio de aire donde la línea de condensación entre al receptor. La línea de condensación no puede ir directamente a ninguna tubería de desagüe. Consulte la norma SPS 382.33 para conocer las disposiciones del Código de Wisconsin relativas a los desagües de condensación.

Drenaje del piso: el drenaje del piso es el método más común para descargar la condensación. Las líneas de condensación que van al desagüe deben fijarse al piso para mantenerlas en su sitio. Este método funciona mejor cuando el desagüe no se encuentra en una ruta típica por la que pasan muchas personas.



Tubo vertical: el tubo vertical del lavadero suele ser el mejor lugar para descargar la condensación. Si la abertura no es lo suficientemente grande para la manguera de la lavadora y la línea de condensación, se puede agregar un adaptador para agrandar la parte superior de la tubería. Un tubo vertical no puede superar las 36 pulgadas de altura por encima de la línea central de la tubería de desagüe horizontal. Si un tubo vertical existente no es una opción, se puede colocar un tubo vertical nuevo, con sifón y ventilado.



Esta opción debe ser la última, ya que el sifón puede secarse si el sistema de calefacción no descarga la condensación durante un tiempo prolongado.

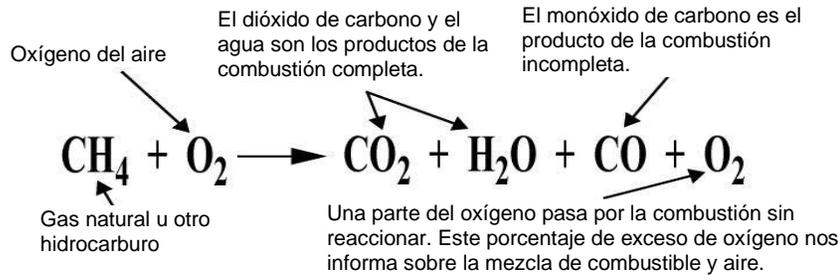
Si se pudiera descargar una lavadora en el tubo vertical, extienda el tubo vertical al menos 18 pulgadas por encima de la línea central del tubo de desagüe horizontal.

Tubo de desagüe indirecto o local: un tubo vertical que utiliza el sifón de un tubo vertical o una pieza de cola del lavadero se considera un tubo de desagüe indirecto o local. Tiene que estar más alto que la línea de subida del agua de la pileta del lavadero o del tubo vertical. Este método también puede utilizarse si el tubo vertical existente está lleno de otras mangueras.

3.8.3 Comprobación y mantenimiento de los sistemas a gas

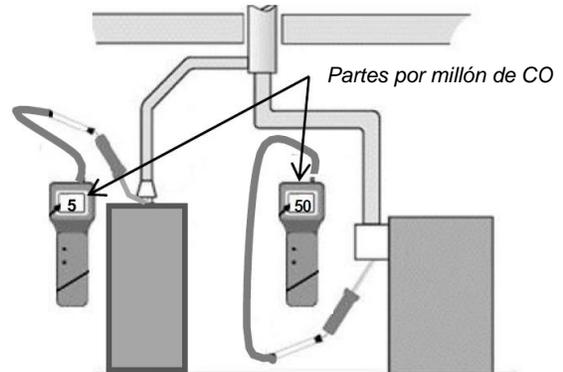
Los quemadores a gas deben limpiarse y ponerse a punto cada dos o cuatro años. A veces, en un sistema de calefacción existente se puede encontrar un cronograma de mantenimiento, lo cual permite evaluar el historial de mantenimiento del sistema de calefacción (o la falta de este).

Los objetivos de estas medidas de servicio son reducir el CO, optimizar la mezcla de combustible y aire, y confirmar el funcionamiento de los controles de seguridad. Complete todas las pruebas de la Lista de comprobación de la reparación o la limpieza y puesta a punto del sistema de calefacción, y documente los resultados.



Lleve a cabo los siguientes procedimientos de inspección y mantenimiento, según sea necesario, en unidades de calefacción central, calderas, calefactores de agua y calefactores de ambiente a gas:

1. Inspeccione si hay hollín, aislantes derretidos de cables, ojales derretidos y óxido en el área del quemador y el múltiple fuera de la cámara de combustión. Todos ellos son indicadores de desprendimiento de la llama, escape de gases de combustión y producción de CO.
2. Inspeccione los quemadores en busca de polvo, desechos, desalineaciones, impactos de la llama y otros problemas de interferencia de la llama. Limpie, aspire y ajuste según sea necesario.
3. Inspeccione el intercambiador de calor en busca de fugas.
4. Verifique que las conexiones del cableado del sistema de calefacción estén encerradas en cajas eléctricas cubiertas.
5. Compruebe que el piloto esté encendido (si está equipado) y que el encendido del quemador principal sea satisfactorio.
6. Tome muestras de los gases de combustión sin diluir con un analizador de gases de combustión calibrado y registre la eficiencia en estado estacionario, el porcentaje de O₂, las ppm de CO (según la medición) y la temperatura de los gases de combustión.



Muestreo de los gases de combustión: tome muestras de los gases de combustión en la salida de escape del aparato antes de que el aire de dilución se mezcle con los gases.



Comprobación de unidades de calefacción central antiguas:

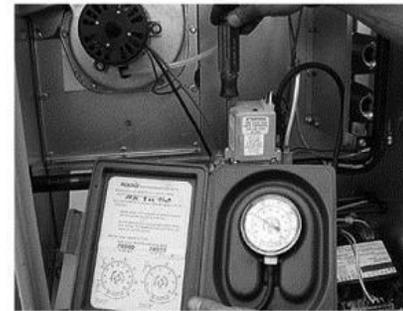
inserte la sonda en el desviador de tiro cerca de los puertos de escape del intercambiador de calor.



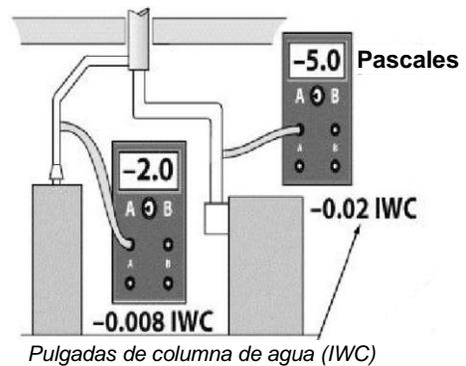
Comprobación de unidades de calefacción central de más de 80 años:

perfore un agujero de un cuarto de pulgada en el conector metálico del escape para tomar muestras de los gases de combustión.

7. Tome el tiempo del medidor de gas natural, con todos los demás aparatos de gas apagados, para confirmar que las BTU de entrada a la unidad de calefacción central o a la caldera coincidan con la clasificación de la placa de características. Ajuste la presión de gas si fuera necesario. Consulte *Medición de la entrada de BTU en los aparatos a gas natural en el Capítulo 3, Sección 3.8.3*, para tomar el tiempo del medidor.
8. Limpie la unidad de acondicionamiento de aire (“jaula de ardilla”) y el gabinete de dicha unidad. Si fuera necesario, ajuste la velocidad de la unidad de acondicionamiento de aire para garantizar un flujo de aire adecuado y que el aumento de la temperatura esté dentro de las especificaciones del fabricante.
9. Pruebe el control de seguridad del piloto para garantizar que la válvula de gas se cierre completamente cuando se apague el piloto.
10. Una vez finalizada la prueba, selle todos los agujeros de prueba.
11. Verifique que el ajuste del anticipador de calor del termostato coincida con la corriente medida en el circuito de control de 24 voltios.
12. Compruebe que el sistema de ventilación tenga el tamaño y la inclinación adecuados.



Ajuste de la presión de gas: el ajuste de la presión de gas es la única manera de cambiar la mezcla de combustible y aire.



Medición del tiro: medición del tiro de la chimenea pasando por el desviador de tiro.

13. Compruebe que el sistema de ventilación no tenga obstrucciones, bloqueos ni fugas.
14. Mida el tiro de la chimenea pasando por el desviador de tiro y compruebe si hay escape de gases.
15. Mida la entrada de gas y observe las características de la llama para ver si hay hollín, CO u otros problemas de combustión.

Un problema común de la eficiencia de la unidad de calefacción central es la baja entrada de combustible y el alto porcentaje de O₂, lo cual trae aparejada una mala transferencia de calor. Esta condición se detectará mediante la prueba de combustión y el cronometraje del medidor de gas natural. Consulte los estándares para el porcentaje de O₂ y la temperatura de los gases de combustión en la *Tabla 3-2*.

La temperatura de los gases de combustión es otro indicador importante del rendimiento de la unidad de calefacción central. Una temperatura baja de los gases de combustión suele indicar que el rendimiento es eficiente, ya que hay un menor escape de calor del edificio. Si la temperatura de los gases de combustión es demasiado baja en las unidades de calefacción central antiguas o en aquellas de más de 80 años, se formará una condensación ácida en el respiradero. Esta condensación ácida puede oxidar los respiraderos metálicos y dañar las chimeneas de mampostería.

Ajuste la presión del gas y el flujo de aire para optimizar la entrada de gas, el porcentaje de O₂, la temperatura de los gases de combustión y la SSE. Estos ajustes se llevan a cabo de mejor manera mientras se monitorea el gas de escape con el analizador de combustión.

Tabla 3-2: Rangos típicos para aparatos de combustión de gas

| Indicador de rendimiento | SSE 80+ | SSE 90+ |
|---|-------------|-------------|
| Monóxido de carbono (CO) (ppm) sin aire | ≤400 | ≤400 |
| Temperatura de la chimenea (°F) | 325° - 450° | 90° - 120° |
| Aumento de la temperatura (°F) | 40° - 70° | 30° - 70° |
| Oxígeno (O ₂) | 4 % - 9 % | 4 % - 9 % |
| Salida de presión de gas en el múltiple; pulgadas de columna de agua (IWC) | 3.2 - 3.9 | 3.2 - 3.9 |
| Salida de presión de propano en el múltiple (IWC) | 10 - 11 | 10 - 11 |
| Eficiencia en estado estacionario (SSE) | 82 % - 86 % | 92 % - 97 % |
| Temperatura de suministro (°F) | 120° - 140° | 95° - 140° |

Proceda a llevar a cabo el mantenimiento y ajuste del quemador cuando se presente cualquiera de los casos siguientes:

1. Cuando el nivel de CO supere el umbral designado para el aparato de quemador de gas específico.
2. Existen indicadores visuales de la presencia de hollín o el desprendimiento de la llama.
3. Los quemadores están visiblemente sucios.

Consulte *Medidas correctivas de CO en el Capítulo 5, Tabla 5-2*.

Resolución de problemas de CO

El CO supera el límite en una cámara

1. Abra el obturador de aire primario del quemador donde el CO está por encima de los límites aceptables.
2. Limpie el quemador o los ensambles del piloto.
3. Alinee el quemador o el ensamble del piloto para eliminar el impacto.
4. Compruebe el tamaño del orificio y su alineación.
5. Compruebe si la llama se mueve y si hay grietas en el intercambiador de calor.

El CO supera el límite en dos cámaras

1. Confirme la fuente del aire de combustión.
2. Compruebe que el sistema de ventilación y el intercambiador de calor no estén obstruidos.
3. Abra el obturador de aire primario en cada quemador.
4. Limpie los quemadores o el ensamble del piloto. Compruebe el tamaño del orificio y la presión del gas.
5. Mida la entrada del aparato y ajuste si fuera necesario.

Acumulación de carbono en el intercambiador de calor

1. Limpie la acumulación de carbono.
2. Limpie todas las demás superficies de combustión, incluidos los quemadores, el ensamble del piloto, el orificio y los deflectores.
3. Inspeccione el intercambiador de calor en busca de grietas.
4. Reensamble la unidad de calefacción central:
 - a. Ajuste las aberturas de aire primario.
 - b. Compruebe la presión del gas y el tamaño del orificio.
 - c. Alinee, posicione y nivele los quemadores.
5. Compruebe que el sistema de ventilación y el intercambiador de calor no estén obstruidos.
6. Mida la entrada del aparato y ajuste si fuera necesario.

Los procedimientos no logran reducir el CO por debajo del límite

Vuelva a comprobar lo siguiente:

1. El ajuste del aire primario.
2. El nivel, la alineación y la posición de los quemadores.
3. La fuente del aire de combustión.
4. Que la presión del gas sea la correcta para el tipo de combustible.
5. Que la entrada del aparato esté ajustada a la altitud.
6. Que el sistema de ventilación no tenga obstrucciones.
7. Que el intercambiador de calor esté intacto.
8. Que no haya impacto de la llama.

Tabla 3-3: Problemas de combustión y posibles soluciones

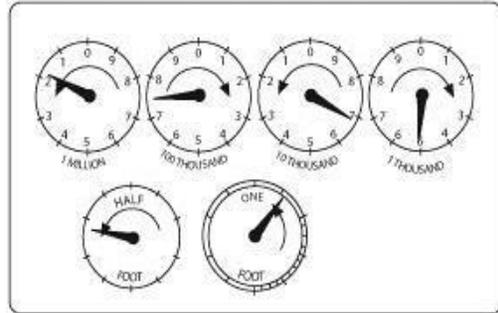
| Problema | Posibles causas y soluciones |
|---|---|
| Tiro débil con despresurización de la CAZ | Fugas en el conducto de retorno, secadora de ropa, extractores de aire y otras chimeneas. Selle las fugas de retorno. Proporcione aire de reposición. |
| Tiro débil sin despresurización de la CAZ | Chimenea obstruida o con fugas, o bien la CAZ es demasiado hermética. |
| Monóxido de carbono | Mezcla demasiado rica o demasiado pobre. Ajuste la presión del gas. Compruebe que la chimenea y el aire de combustión cumplan con el código. |
| Temperatura de la chimenea o aumento de temperatura demasiado altos o bajos | Ajuste la velocidad del ventilador o la presión del gas. Mejore los conductos para aumentar el flujo de aire. |
| Oxígeno demasiado alto o bajo | Ajuste la presión del gas, pero no aumente el nivel de CO. |

El mantenimiento del quemador de gas incluye las medidas siguientes:

1. Remediar las causas del CO y hollín. Estas causas pueden ser el sobrecalentamiento, el cierre de la entrada de aire primario, el impacto de la llama y la falta de aire de combustión.
2. Eliminar la suciedad, el óxido y otros residuos que puedan estar interfiriendo en los quemadores. Limpie el intercambiador de calor si fuera necesario.
3. Tome medidas para mejorar el tiro si es inadecuado, debido a una ventilación incorrecta, una chimenea obstruida, una chimenea con fugas o una despresurización. Consulte *Cómo mejorar el tiro inadecuado en el Capítulo 3, Sección 3.13.1*.
4. Selle las fugas en los conectores de ventilación y las chimeneas.
5. Ajuste la entrada de gas si las pruebas de combustión o el cronometraje del medidor de gas indican que hay un exceso o una falta de combustión.

Medición de la entrada de BTU en los aparatos a gas natural

1. Cierre el suministro de gas a todos los aparatos de combustión de gas que no se estén probando (como sistemas de calefacción, calentadores de agua, secadoras, cocinas, calefactores de ambiente, etc.) y que estén conectados al medidor que se está cronometrando.
2. Encienda el aparato que se está probando y observe los diales del medidor de gas.
3. Cuenten cuidadosamente el tiempo que tarda una revolución del dial de $\frac{1}{2}$, 1 o 2 pies cúbicos. Encuentre esa cantidad de segundos en las columnas marcadas como "Segundos por revolución" en la *Tabla 3-4*. Siga esa fila hacia la derecha hasta la columna correcta para ver el dial de $\frac{1}{2}$, 1, o 2 pies cúbicos. Multiplique el número de la tabla por 1,000. Registre la entrada en miles de BTU por hora. *Para calibrar un dial de $\frac{1}{4}$ de pie cúbico, cuente el tiempo que tarda en dar 4 vueltas. Luego, utilice la columna de 1 pie cúbico para determinar la entrada.*
4. Si la entrada medida es mayor o menor que la entrada de la placa de clasificación en más de un 10 %, ajuste la presión del gas hacia arriba o hacia abajo, dentro de los rangos de la *Tabla 3-3*, hasta que se alcance la entrada aproximadamente correcta. **PRECAUCIÓN:** consulte con el proveedor de combustible antes de ajustar la presión en el medidor.
5. Para el gas licuado del petróleo (LP), determine el tamaño del orificio. En la *Tabla E.1.1* del Código Nacional de Gas Combustible, encuentre el valor de BTU de entrada que corresponde al tamaño del orificio. Multiplique el valor de BTU indicado por la cantidad de orificios para obtener el BTU de entrada del sistema de calefacción.
6. Si la entrada medida sigue estando fuera de rango después de ajustar la presión del gas a estos límites, reemplace los orificios existentes por otros de mayor o menor tamaño para obtener la entrada correcta. Cualquier cambio realizado en los orificios debe seguir las instrucciones del fabricante.



Dial del medidor de gas: utilice la cantidad de segundos por revolución del dial de un pie y la tabla de la página siguiente para encontrar la entrada del aparato.

Tabla 3-4: Entrada en miles de BTU/hora para gas de 1000 BTU/ft³

| Segundos por revolución | Tamaño del dial del medidor | | | Segundos por revolución | Tamaño del dial del medidor | | | Segundos por revolución | Tamaño del dial del medidor | | |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| | ½ ft ³ | 1 ft ³ | 2 ft ³ | | ½ ft ³ | 1 ft ³ | 2 ft ³ | | ½ ft ³ | 1 ft ³ | 2 ft ³ |
| 15 | 120 | 240 | 480 | 40 | 45 | 90 | 180 | 70 | 26 | 51 | 103 |
| 16 | 112 | 225 | 450 | 41 | 44 | 88 | 176 | 72 | 25 | 50 | 100 |
| 17 | 106 | 212 | 424 | 42 | 43 | 86 | 172 | 74 | 24 | 48 | 97 |
| 18 | 100 | 200 | 400 | 43 | 42 | 84 | 167 | 76 | 24 | 47 | 95 |
| 19 | 95 | 189 | 379 | 44 | 41 | 82 | 164 | 78 | 23 | 46 | 92 |
| 20 | 90 | 180 | 360 | 45 | 40 | 80 | 160 | 80 | 22 | 45 | 90 |
| 21 | 86 | 171 | 343 | 46 | 39 | 78 | 157 | 82 | 22 | 44 | 88 |
| 22 | 82 | 164 | 327 | 47 | 38 | 77 | 153 | 84 | 21 | 43 | 86 |
| 23 | 78 | 157 | 313 | 48 | 37 | 75 | 150 | 86 | 21 | 42 | 84 |
| 24 | 75 | 150 | 300 | 49 | 37 | 73 | 147 | 88 | 20 | 41 | 82 |
| 25 | 72 | 144 | 288 | 50 | 36 | 72 | 144 | 90 | 20 | 40 | 80 |
| 26 | 69 | 138 | 277 | 51 | 35 | 71 | 141 | 94 | 19 | 38 | 76 |
| 27 | 67 | 133 | 267 | 52 | 35 | 69 | 138 | 98 | 18 | 37 | 74 |
| 28 | 64 | 129 | 257 | 53 | 34 | 68 | 136 | 100 | 18 | 36 | 72 |
| 29 | 62 | 124 | 248 | 54 | 33 | 67 | 133 | 104 | 17 | 35 | 69 |
| 30 | 60 | 120 | 240 | 55 | 33 | 65 | 131 | 108 | 17 | 33 | 67 |
| 31 | 58 | 116 | 232 | 56 | 32 | 64 | 129 | 112 | 16 | 32 | 64 |
| 32 | 56 | 113 | 225 | 57 | 32 | 63 | 126 | 116 | 15 | 31 | 62 |
| 33 | 55 | 109 | 218 | 58 | 31 | 62 | 124 | 120 | 15 | 30 | 60 |
| 34 | 53 | 106 | 212 | 59 | 30 | 61 | 122 | 130 | 14 | 28 | 55 |
| 35 | 51 | 103 | 206 | 60 | 30 | 60 | 120 | 140 | 13 | 26 | 51 |
| 36 | 50 | 100 | 200 | 62 | 29 | 58 | 116 | 150 | 12 | 24 | 48 |
| 37 | 49 | 97 | 195 | 64 | 29 | 56 | 112 | 160 | 11 | 22 | 45 |
| 38 | 47 | 95 | 189 | 66 | 29 | 54 | 109 | 170 | 11 | 21 | 42 |
| 39 | 46 | 92 | 185 | 68 | 28 | 53 | 106 | 180 | 10 | 20 | 40 |

3.8.4 Pruebas de fugas en tuberías de gas

Para obtener información sobre las pruebas de fugas en las tuberías de gas, *consulte Inspección de tuberías de gas en el Capítulo 5, Sección 5.8.1.*

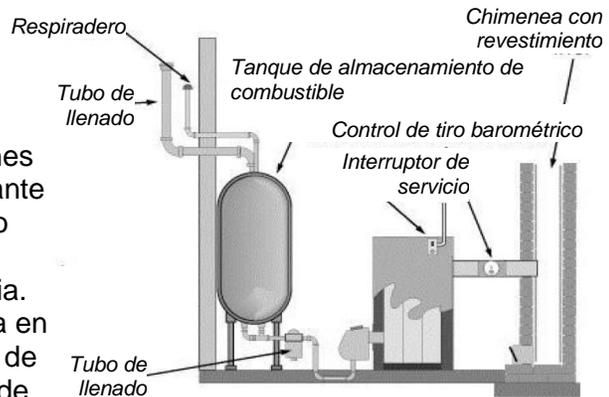
3.9 Sistemas de calefacción a combustible

3.9.1 Instalación de sistemas de calefacción a combustible

Al reemplazar un sistema de calefacción a combustible, se deben seguir los procedimientos generales descritos en *Reemplazo general de sistemas de calefacción en el Capítulo 3 Sección 3.2.* Complete todas las pruebas de la Lista de comprobación de las unidades de calefacción central a combustible de reemplazo y documente los resultados.

Al reemplazar una unidad de calefacción central a combustible, realice lo siguiente:

1. Dimensione adecuadamente la boquilla en función de las condiciones posteriores a la climatización mediante el uso de REScheck®, el Manual J o una fórmula de dimensionamiento equivalente aceptada por la industria. Documente el tamaño de la boquilla en el interior del gabinete de la unidad de calefacción central junto a la placa de características de esta.
2. Examine la chimenea y el conector de ventilación existentes para comprobar que sean adecuados para la ventilación del aparato nuevo. Es posible que el conector de ventilación deba ser redimensionado y que la chimenea deba ser revestida una vez más.
3. Confirme que las distancias con respecto a los combustibles cercanos de la unidad de calefacción y su conector de ventilación cumplan con la norma NFPA 31.
4. Pruebe la presión del combustible y verifique que cumpla con las especificaciones del fabricante.
5. Pruebe el amperaje del circuito de control y ajuste el anticipador de calor del termostato para que coincida.
6. Pruebe el número de humo para confirmar que cumpla con las especificaciones del fabricante. Consulte la *Tabla 3-5*. Instale un filtro de combustible nuevo y purgue las líneas de combustible.
7. Verifique que la chimenea funcione de manera segura y de acuerdo con la norma NFPA 211.
8. Confirme que el tanque y las líneas de combustible cumplan con la NFPA 31.



Sistema de calefacción a combustible: los componentes de un sistema de calefacción a combustible pueden necesitar reparación y limpieza durante el reemplazo de la unidad de calefacción central o la caldera.

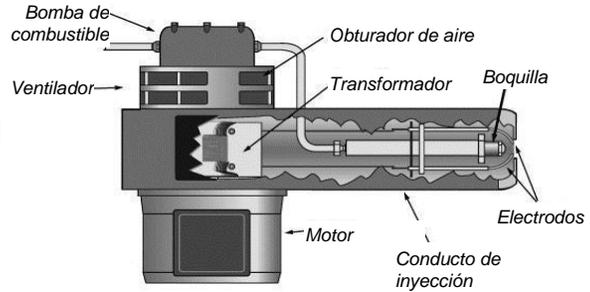
3.9.2 Comprobación y mantenimiento de los sistemas a combustible

Los quemadores de combustible requieren de un mantenimiento anual para conservar su seguridad operativa y su eficiencia de combustión. Utilice los resultados de las pruebas de eficiencia en estado estacionario, tiro, monóxido de carbono y humo, para guiar y evaluar el mantenimiento. Estos procedimientos de limpieza y puesta a punto se aplican a las unidades de calefacción central, las calderas y los calentadores de agua alimentados con combustible.

Inspección y pruebas de los quemador de combustible

Evalúe el funcionamiento del quemador de combustible mediante una inspección visual y una prueba de combustión del sistema. Un quemador de combustible que pase la inspección visual con buenos resultados en las pruebas puede necesitar un mantenimiento mínimo. Si los resultados de las pruebas son regulares, puede ser necesario realizar ajustes.

Los resultados insatisfactorios de las pruebas pueden indicar que sea necesario reemplazar el quemador o toda la unidad de calefacción.



Funcionamiento del quemador de combustible: para que el combustible se quemara de manera continua y completa, se lo bombea a través de la boquilla para crear un patrón de pulverización específico que se enciende mediante electrodos debidamente espaciados que transporten 10,000 voltios desde el transformador.

Siga estos pasos para mejorar la seguridad y la eficiencia del quemador de combustible:

1. Inspeccione el quemador y el aparato en busca de señales de hollín, sobrecalentamiento, riesgos de incendio, corrosión o problemas de cableado.
2. Equipe todos los sistemas de calefacción a combustible con un control de tiro barométrico.
3. Confirme que el sistema de calefacción a combustible tenga un circuito eléctrico dedicado.
4. Encierre todas las conexiones de cableado de 120 voltios en cajas eléctricas cubiertas.
5. Inspeccione las líneas de combustible y los tanques de almacenamiento en busca de fugas.
6. Inspeccione el intercambiador de calor y la cámara de combustión en busca de grietas, corrosión o acumulación de hollín.
7. Fíjese si el encendido de la llama es instantáneo o está retardado. El encendido de la llama debe ser instantáneo, excepto en las unidades de prepurga en las que el ventilador funciona durante un tiempo antes del encendido

Tabla 3-5: Rangos típicos para aparatos de combustible

| Indicador de rendimiento | Retención sin llama | Retención de llama |
|--|------------------------------|------------------------------|
| Monóxido de carbono (CO) (ppm) en el gas de combustión | 400 ppm sin aire | 400 ppm sin aire |
| Temperatura de la chimenea (°F) | 325° - 550° | 300° - 450° |
| Oxígeno (O2) | 6 % - 9 % | 5 % - 9 % |
| Número de humo (1 - 9) | ≤2 | ≤1 |
| Exceso de aire (%) | ≥80 % | ≥35 % |
| Presión del combustible en libras por pulgada cuadrada (psi) | ≥100 | 100 - 150 |
| Aire secundario (pulgadas de columna de agua: IWC negativas) | 0.02 IWC o 5 Pa | 0.02 IWC o 5 Pa |
| Tiro de la chimenea (IWC negativo) | 0.04 - 0.01 IWC o 10 - 15 Pa | 0.04 - 0.01 IWC o 10 - 15 Pa |
| Eficiencia en estado estacionario (SSE) | ≥75 % | ≥80 % |

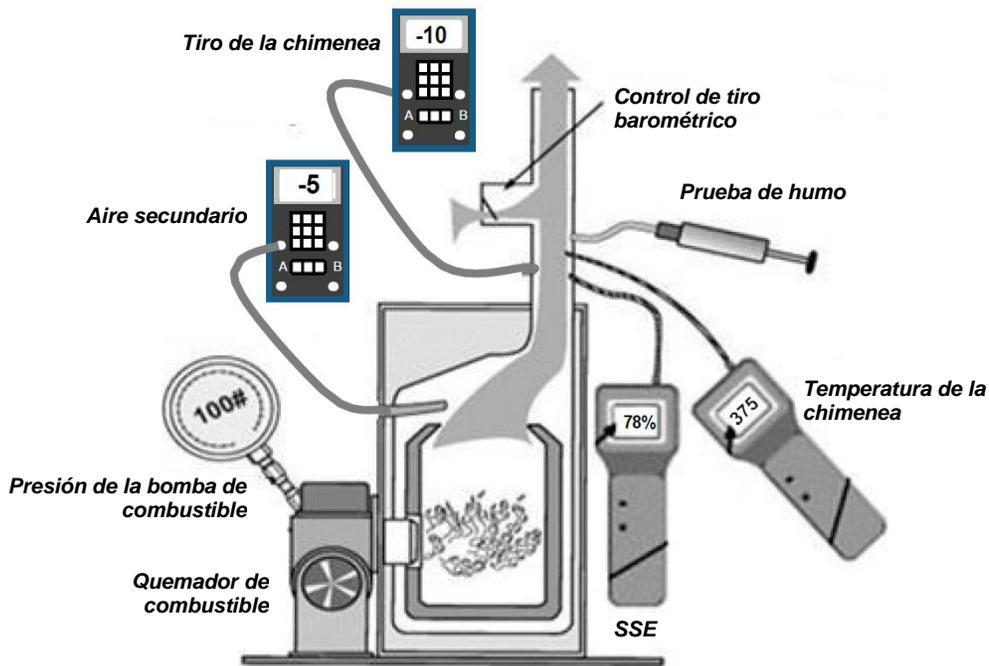
8. Tome muestras de los gases de combustión sin diluir con un comprobador de humos, siguiendo las instrucciones del comprobador de humos. Compare la mancha de humo que dejan los gases en el papel de filtro con la escala de ennegrecimiento del fabricante para determinar el número de humo. *Si el número de humo es igual o superior a dos, no utilice el analizador electrónico de combustión.*
9. Analice el gas de combustión para determinar el porcentaje de O₂, la temperatura, las ppm de CO y el rendimiento en estado estacionario (SSE). Tome una muestra de los gases de combustión sin diluir entre el control de tiro barométrico y el aparato. Ajuste la mezcla de combustible y aire, así como el flujo de aire, para cumplir con los estándares de la *Tabla 3-5*.
10. Mida el tiro de la chimenea entre el aparato, el control de tiro barométrico y el aire secundario en una abertura de la cámara de combustión.
11. Mida la temperatura de cierre del límite alto y ajuste o reemplace el control de límite alto si la temperatura de cierre es superior a los 200 °F para las unidades de calefacción central o a los 180 °F para las calderas de agua caliente.
12. Mida la presión de la bomba de combustible y ajuste según las especificaciones del fabricante si fuera necesario.
13. Mida el voltaje del transformador y reemplace el transformador si no está dentro del rango permitido.
14. Asegúrese de que los controles de tiro barométrico estén montados a plomo y nivelados, y que el regulador de tiraje oscile libremente.
15. Cronometre el control de la célula CAD o el control de la chimenea para verificar que el quemador se apague dentro del tiempo establecido por las especificaciones del fabricante cuando se le bloquee la visión de la llama a la célula CAD.

Mantenimiento y ajuste del quemador de combustible

Después de evaluar el funcionamiento inicial del quemador de combustible, lleve a cabo las siguientes tareas de mantenimiento según sea necesario para optimizar la seguridad y la eficiencia:

1. Verifique el correcto funcionamiento del sensor de llama.
2. Reemplace la boquilla del quemador luego de adecuar el tamaño de la boquilla nueva a los requerimientos de carga térmica de la casa posteriores a la climatización.
3. Limpie la rueda del ventilador del quemador.
4. Reemplace los filtros de combustible.
5. Limpie o reemplace el filtro de aire. Consulte *Filtros en el Capítulo 3, Sección 3.4.6* para obtener una guía sobre cómo colocar los filtros de la unidad de calefacción central.
6. Elimine el hollín y el sedimento fangoso de la cámara de combustión.
7. Elimine el hollín de las superficies del intercambiador de calor.

8. Limpie el polvo, la suciedad y la grasa del ensamblaje del quemador.
9. Asegúrese de que la bomba de combustible esté ajustada a la presión correcta.
10. Ajuste el regulador de tiraje barométrico para obtener un aire secundario negativo de 5 pascales o 0.02 IWC, según las especificaciones del fabricante.
11. Ajuste la separación entre los electrodos y su posición en el tubo del quemador, según las especificaciones del fabricante.
12. Repare la cámara de combustión cerámica o reemplácela si fuera necesario.
13. Inspeccione y limpie el extremo del ensamblaje del tubo del quemador. Reemplace el cabezal de retención de la llama si está dañado.
14. Inspeccione y limpie los contactos del transformador para eliminar cualquier corrosión.
15. Ajuste el obturador de aire para alcanzar los valores especificados de O₂ y humo en la *Tabla 3-5*.



Medición del rendimiento del quemador de combustible: para medir los indicadores de rendimiento de la combustión del combustible, se necesita un manómetro, un analizador de gases de combustión, un comprobador de humos y un medidor de presión.

Después de estos procedimientos de mantenimiento, lleve a cabo las pruebas de diagnóstico descritas anteriormente para evaluar la mejora lograda por los procedimientos de mantenimiento y determinar si es necesario un ajuste fino.

3.10 Unidades de calefacción central eléctricas y calefacción por zócalo radiante eléctrico

En Wisconsin, la calefacción por zócalo radiante eléctrico es mucho más común que las unidades de calefacción central eléctricas. Debido al alto costo de la electricidad, estos sistemas pueden ser buenos candidatos para el cambio de combustible.

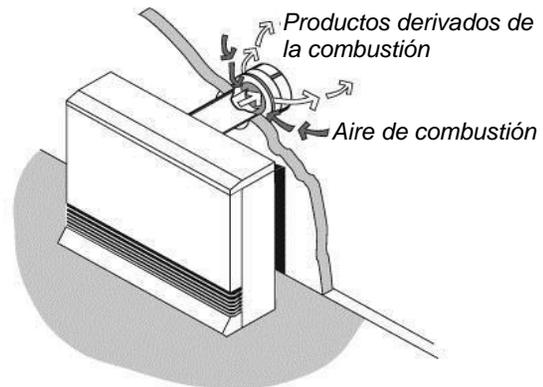
Precaución: desconecte la energía de las unidades de calefacción central eléctricas antes de realizar cualquier mantenimiento.

1. Compruebe, o limpie y lubrique los siguientes componentes: termostato, ventilador, carcasa alrededor del elemento eléctrico y aletas del zócalo.
2. Limpie o reemplace todos los filtros.
3. Tenga especial cuidado en el sellado de los conductos y en las mejoras del flujo de aire por los conductos en las unidades de calefacción central eléctricas, debido al alto costo de la electricidad.
4. Verifique que los límites de seguridad y el aumento de temperatura se ajusten a las especificaciones del fabricante.

3.11 Reemplazo de los calefactores de ambiente

Cuando reemplace un calefactor de ambiente, realice lo siguiente:

1. Siga cuidadosamente las instrucciones de ventilación del fabricante. No ventile los calefactores de ambiente con combustión sellada y de tiro inducido en chimeneas de tiro natural.
2. Si el calefactor de ambiente se coloca sobre un piso alfombrado, coloque como base un protector de piso ignífugo del tamaño adecuado para la anchura y la longitud del calefactor de ambiente.
3. Coloque el calefactor de ambiente lejos del tráfico, las cortinas y los muebles.
4. Los calefactores de ambiente requieren de un receptáculo doble adecuadamente conectado a tierra para el servicio eléctrico.



Calefactor de ambiente con combustión sellada: un calefactor de ambiente con combustión sellada aspira el aire de combustión y expulsa los productos derivados de la combustión a través de un sistema de ventilación concéntrico mediante un ventilador de tiro.

Informe al cliente sobre las siguientes instrucciones de funcionamiento:

1. No almacenar ningún objeto cerca del calefactor de ambiente que pudiera restringir el flujo de aire a su alrededor.
2. No utilizar el calefactor de ambiente para secar la ropa ni para ningún otro fin que no sea el de calefaccionar la casa.
3. No permitir que nadie se apoye ni se siente sobre el calefactor de ambiente.
4. No pulverice aerosoles cerca del calefactor de ambiente. Muchos aerosoles son inflamables o pueden causar corrosión en el intercambiador de calor del calefactor de ambiente.



Controles del calefactor de ambiente: muchos calefactores de ambiente modernos de bajo consumo tienen termostatos programables como funciones estándares.

3.12 Reemplazo de estufas a leña

Las estufas a leña que tengan una grieta o un agujero en la cámara de combustión deben ser reemplazadas. Se debe considerar el reemplazo de las unidades que no cumplan con los requisitos de espacio libre y no puedan ser corregidas. Todas las estufas a leña de reemplazo deben cumplir con los códigos locales aplicables y los requisitos de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA). Las instalaciones deben ajustarse a la norma NFPA 211.

Al reemplazar una estufa a leña, realice lo siguiente:

1. Instale la estufa de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
2. Verifique que la estufa de reemplazo esté certificada para cumplir con las normas de emisión de la EPA o las normas locales, las que sean más estrictas.
3. Confirme que la unidad instalada esté certificada y etiquetada por:
 - a. Asociación Nacional de Protección contra Incendios (National Fire Protection Association, NFPA) según la norma 211-1996.
 - b. Otra sociedad anónima equivalente.
4. Inspeccione visualmente la chimenea para comprobar que su funcionamiento sea seguro al consultar la norma NFPA 211.
5. Proporcione a todos los clientes instrucciones de funcionamiento en el hogar que incluyan prácticas adecuadas de combustión de la leña, información de seguridad y educación sobre el mantenimiento adecuado, como termómetros de chimeneas y la necesidad de contar con extintores.
6. Instruya a los clientes sobre el impacto potencial de la ventilación de escape o la distribución de aire forzado en el funcionamiento del calefactor a leña.

Instale un aire de reposición si el edificio está hermetizado por debajo del límite de despresurización CFM₅₀.

3.13 Ventilación de los gases de combustión

La ventilación adecuada es esencial para el funcionamiento, la eficiencia, la seguridad y la durabilidad de los calefactores de combustión. La Asociación Nacional de Protección contra Incendios (National Fire Protection Association, NFPA) y el Consejo de Códigos Internacionales (International Code Council, ICC) son las autoridades que rigen la elección de materiales, el dimensionamiento, y los espacios libres para chimeneas y conectores de ventilación, así como para el aire de combustión. La información de esta sección de ventilación se basa en los siguientes documentos de la NFPA y el ICC:

- ✓ Código Internacional de Gas Combustible (International Fuel Gas Code, IFGC) (ICC).
- ✓ NFPA 31: Norma para la instalación de equipos a combustible.
- ✓ NFPA 211: Norma para chimeneas, hogares, respiraderos y aparatos a combustible sólido.

Tabla 3-6: Guía de normas de ventilación

| Tema | Código de referencia |
|------------------------------------|--|
| Dimensionamiento de la ventilación | IFGC, sección 504 |
| Espacios libres | IFGC, sección 308 y tablas 308.21 NFPA 31, sección 4-4.1.1 y tablas 4-4.1.1 y 4-4.1.2 NFPA 211, secciones 6.5, 4.3 y 5 |
| Aire de combustión | IFGC, sección 304 NFPA 31, sección 1-9 NFPA 211, sección 8.5 y 9.3 |

3.13.1 Mejora del tiro inadecuado

Si se detecta un escape de gas, investigue el motivo del tiro débil. Abra una ventana, o una puerta exterior o interior que esté por debajo del nivel del aparato de calefacción, con el fin de observar si la adición de aire de reposición mejorará el tiro. Si el aire agregado refuerza el tiro, el problema suele ser la despresurización. Si la apertura de una ventana no tiene efecto, inspeccione la chimenea. La chimenea podría estar bloqueada o tener demasiadas fugas.

Mejoras en la chimenea para resolver los problemas de tiro

Considere las siguientes mejoras de la chimenea cuando intente mejorar el tiro en el peor de los casos:

1. Eliminar las obstrucciones de la chimenea.
2. Reparar las desconexiones o fugas en las uniones y donde el conector de ventilación se une a una chimenea de mampostería.
3. Medir el tamaño del conector de ventilación y de la chimenea, y compararlo con la información sobre el tamaño de la ventilación que aparece en la sección 504 del Código Internacional de Gas Combustible. Un conector de ventilación o un revestimiento de chimenea, ya sea demasiado grande o demasiado pequeño, pueden traer aparejado un mal tiro.

4. Aumentar la inclinación de las secciones horizontales del conducto de ventilación para facilitar el movimiento de los gases de combustión hacia la chimenea.
5. Prolongar la salida de humos del techo. Esta opción puede ser especialmente útil cuando el tubo de escape del aparato sea corto; por ejemplo, en una casa móvil o en una casa de campo sobre una losa.
6. Si el viento provoca un tiro errático, considere instalar un sombrero de chimenea que frene el viento. Si la chimenea de mampostería está deteriorada, considere instalar un nuevo revestimiento de chimenea.

Mejoras en los conductos para resolver los problemas de tiro

Considere las siguientes mejoras de los conductos y el flujo de aire cuando intente mejorar el tiro en el peor de los casos:

1. Sellar o retirar cualquier rejilla de retorno de la CAZ.
2. Instalar una tapa de filtro de sellado.
3. Sellar las fugas de los conductos de retorno en la CAZ al utilizar el Libro de diagnósticos para guiar la toma de decisiones sobre el sellado de conductos.
4. Aislar la unidad de calefacción central de sus registros de retorno mediante el sellado de aire.
5. Instalar aire de reposición en la CAZ. Abra una ventana, o una puerta exterior o interior cercanas, para observar si la adición de aire de reposición mejorará el tiro. Si la ventana o puerta abierta mejoran el tiro hasta un nivel aceptable, mida el tamaño de la apertura e instale el aire de reposición en consecuencia.

Tabla 3-7: Problemas de tiro y soluciones

| Problema | Posibles soluciones |
|--|--|
| Nunca se estableció un tiro adecuado. | Elimine la obstrucción de la chimenea, selle las fugas de aire de la chimenea o proporcione aire de combustión adicional según sea necesario. |
| La activación del ventilador debilita el tiro. | Selle las fugas en la unidad de calefacción central y en los conductos de retorno cercanos. Aísle la unidad de calefacción central de sus registros de retorno cercanos. |
| Los extractores debilitan el tiro. | Proporcione aire de reposición o de combustión si la apertura al exterior de una puerta o ventana refuerza el tiro durante la prueba. |
| El cierre de las puertas interiores durante el funcionamiento del ventilador debilita el tiro. | Agregue conductos de retorno, rejillas entre habitaciones o conductos de suspensión. |

3.14 Aire de combustión

Una zona de aparatos de combustión se clasifica como un **espacio no confinado** o como un **espacio confinado según la definición del IFGC**. Un espacio no confinado es una CAZ conectada a una fuga de aire del edificio que es suficiente para proporcionar aire de combustión. Un espacio confinado es una CAZ con paredes y cielo raso de chapa, junto con una puerta cerrada, que forman una barrera de aire entre el aparato y otros espacios interiores.

Para los espacios confinados, el IFGC prescribe la adición de aire de combustión desde el exterior de la CAZ. El aire de combustión se suministra a la zona del aparato de combustión de cuatro maneras.

1. A un espacio no confinado a través de fugas dentro del edificio.
2. A un espacio confinado a través de una abertura o aberturas intencionales entre la CAZ y otras áreas interiores donde se transfiere el aire para reponer el aire de combustión.
3. A un espacio confinado a través de una abertura o aberturas intencionales entre la CAZ y el exterior, o las zonas intermedias ventiladas, como los áticos y los espacios debajo del piso.
4. Directamente desde el exterior a la CAZ confinada o hermética a través de un conducto. Los aparatos con sus propios conductos directos de aire de combustión se denominan aparatos de **combustión sellada** o de **ventilación directa**.

Tabla 3-8: Requisitos del aire en CFM para unidades de calefacción central o calderas de combustión

| Aparato | Aire de combustión (CFM) | Aire de dilución (CFM) |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Combustible convencional | 38 | 195 |
| Combustible de retención de llama | 25 | 195 |
| Combustible de alta eficiencia | 22 | - |
| Gas atmosférico convencional | 30 | 143 |
| Gas asistido por ventilador | 26 | - |
| Gas de condensación | 17 | - |
| Hogar de la chimenea (sin puertas) | 100-600 | - |
| Estufa a leña hermética | 10-50 | - |

A.C.S. Hayden, Residential Combustion Appliances: Venting and Indoor Air Quality (Aparatos de combustión residenciales: ventilación y calidad del aire interior). Solid Fuels Encyclopedia

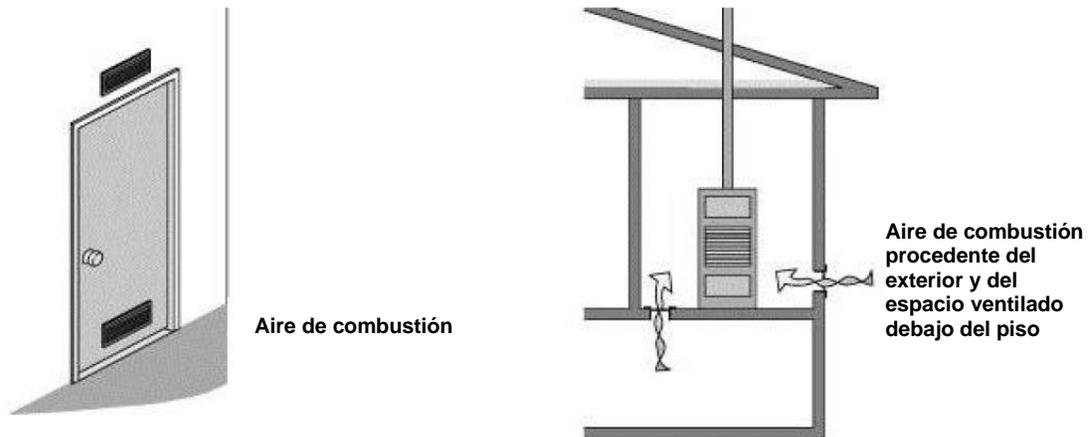
3.14.1 Aire de combustión en espacios no confinados

Los aparatos de combustión ubicados en la mayoría de los sótanos, áticos y espacios debajo del piso obtienen el aire de combustión adecuado de las fugas en el armazón del edificio. Incluso cuando un aparato de combustión está situado dentro del espacio

habitabile de la casa, suele obtener el aire de combustión adecuado de las fugas de aire, a menos que la casa sea hermética o la zona de combustión esté despresurizada.

3.14.2 Aire de combustión en espacios confinados

El IFGC define un espacio confinado como una habitación que contiene uno o más aparatos de combustión y que tiene menos de 50 pies cúbicos de volumen por cada 1,000 BTU por hora (BTU/h) de entrada del aparato.



Opciones pasivas de aire de combustión: el aire de combustión se puede suministrar desde espacios interiores adyacentes o del exterior. Tenga cuidado con las ventilaciones pasivas de aire de combustión que ingresan al ático, ya que podrían despresurizar una zona de combustión o permitir que el aire húmedo se desplace hacia el ático.

Sin embargo, si hay una pequeña sala de máquinas conectada a los espacios adyacentes a través de grandes pasajes de aire, como los espacios de las viguetas del piso, es posible que la CAZ no necesite aire de combustión adicional, incluso con paredes de chapa y una puerta que la separe de otros espacios interiores. El alcance de la conexión entre la CAZ y otros espacios puede confirmarse mediante una prueba de tiro en el peor caso o una prueba de infiltración de aire.

Por otro lado, si la casa es inusualmente hermética, es posible que la CAZ no pueda obtener el aire de combustión adecuado, incluso cuando la CAZ sea mayor que el volumen mínimo de la habitación de espacio confinado, definido anteriormente.

En los espacios confinados o en las casas herméticas donde se necesita aire de combustión exterior, la mejor estrategia es contar con una abertura de una sola ventilación instalada lo más bajo posible en la CAZ. Una ventilación de aire de combustión que ingresa a un ático puede despresurizar la zona de combustión o descargar aire caliente y húmedo en el ático. En su lugar, conecte la zona de combustión directamente al exterior o a un espacio ventilado debajo del piso a través de una sola ventilación baja, si fuera posible.

Elija una ubicación exterior protegida donde la pared que contiene la ventilación no sea paralela a los vientos dominantes. El viento que sopla en paralelo a una pared exterior o en ángulo recto con respecto a la abertura de la ventilación tiende a despresurizar tanto la abertura como la CAZ conectada a esta. En interiores, ubique las ventilaciones de aire de combustión lejos de las tuberías de agua para evitar que estas se congelen.

3.14.3 Área libre neta

El **área libre neta** es el área de superficie de ventilación que permanece abierta después de restar el efecto de bloqueo de las celosías de ventilación y las rejillas. Se supone que las rejillas y celosías de ventilación metálicas reducen el tamaño de la abertura de la ventilación al 75 % del área de superficie original. Las rejillas y celosías de ventilación de madera son más restrictivas y se supone que reducen el área libre neta al 25 % del área de superficie original.

Los fabricantes suelen proporcionar las especificaciones sobre el área libre neta a través de sus rejillas y celosías de ventilación. Cuando esta información esté disponible, utilícela para calcular el tamaño de la abertura requerida para proporcionar el área libre neta necesaria. Cuando no se cuente con estas especificaciones, utilice las suposiciones indicadas anteriormente.

Por ejemplo, calcule que una abertura de 10 por 10 pulgadas (100 pulgadas cuadradas) con una rejilla metálica instalada tenga 75 pulgadas cuadradas de área libre neta. Con una celosía de ventilación de madera instalada, para calcular la misma abertura, utilice 25 pulgadas cuadradas de área libre neta.

Cuando dimensione las aberturas de ventilación, siempre tenga en cuenta la reducción del área libre neta que se producirá por la instalación de rejillas y celosías de ventilación.

3.14.4 Dimensionamiento de las aberturas de aire de combustión

En la *Tabla 3-9* se resumen las relaciones necesarias entre el área libre neta para el aire de combustión y la entrada del aparato (BTU/h).

A continuación, se muestra un ejemplo de dimensionamiento de dos aberturas de aire de combustión directas al espacio interior adyacente: la unidad de calefacción central y el calentador de agua están situados en un espacio confinado. La unidad de calefacción central tiene una capacidad de entrada de 100,000 BTU/h. El calentador de agua tiene una capacidad de entrada de 50,000 BTU/h. Combinados, los dos aparatos tienen una capacidad de entrada de 150,000 BTU/h. Por lo tanto, cada abertura debe tener, al menos, 150 pulgadas cuadradas de área libre neta de ventilación entre la sala mecánica y el espacio interior adyacente ($150,000 \div 1,000 = 150 \text{ in}^2$). Hay dos aberturas, por lo que la CAZ tendrá un total de 300 pulgadas cuadradas de área libre neta de ventilación.

Si la misma CAZ se canalizara hacia el exterior con una sola abertura, el requisito para el área libre neta de ventilación disminuiría a 50 pulgadas cuadradas ($150,000 \div 3,000 = 50 \text{ in}^2$).

Cuando se instalan dos aberturas para el aire de combustión, el IFGC suele exigir que una abertura comience a 12 pulgadas del cielo raso y la otra, a 12 pulgadas del piso. Consulte la sección 304.5 del IFGC 2012 para ver un desglose completo de los requisitos del aire de combustión.

Tabla 3-9: Aberturas para el aire de combustión: ubicación y tamaño

| Ubicación | Dimensiones |
|---|---|
| Dos aberturas directas al espacio interior adyacente | Área mínima de cada una: 100 in ² 1 in ² por 1000 BTU/h cada una; los volúmenes combinados de las habitaciones deben ser ≥ 50 ft ³ por 1000 BTU/h. |
| Dos aberturas directas o conductos verticales al exterior | Cada ventilación debe tener 1 in ² por cada 4,000 BTU/h. |
| Dos conductos horizontales hacia el exterior | Cada ventilación debe tener 1 in ² por cada 2,000 BTU/h. |
| Ubicación | Dimensiones |
| Una sola ventilación directa o con conductos hacia el exterior | La ventilación única debe tener 1 in ² por cada 3,000 BTU/h. |
| Del Código Internacional de Gas Combustible (<i>International Fuel Gas Code, IFCG</i>). | |

3.15 Termostatos

Ajuste el anticipador de calor del termostato al amperaje medido en el circuito de control o siga las instrucciones del fabricante del termostato para ajustar la duración del ciclo.

3.15.1 Termostatos programables e inteligentes

Los termostatos programables e inteligentes pueden suponer un gran ahorro de energía si los ocupantes entienden cómo manejarlos. Si el termostato existente va a ser reemplazado como parte del trabajo de climatización, discuta esta opción con el ocupante. Si el ocupante está dispuesto a utilizar un termostato programable o inteligente, proceda con la instalación. Instruya al ocupante sobre el uso del termostato y déjele una copia de las instrucciones del fabricante.

Inspección final y normas de control de calidad

El trabajo del sistema de calefacción deberá cumplir con las siguientes normas.

| Resultados requeridos | | |
|---------------------------------------|--|--|
| | Reemplazos | Limpieza y puesta a punto |
| Todos los combustibles y tipos | 1. La concentración de monóxido de carbono en los gases de combustión sin diluir no supera las 400 ppm sin aire o está dentro de las especificaciones del fabricante. | 1. La concentración de monóxido de carbono en los gases de combustión sin diluir no supera las 400 ppm sin aire o está dentro de las especificaciones del fabricante. |
| Sistemas de gas | 2. Compruebe la presión del gas y ajústela para que esté dentro de las especificaciones del fabricante. | 2. Compruebe la presión del gas y ajústela para que esté dentro de las especificaciones del fabricante. |
| Sistemas de combustible | 3. Prueba de humo: ≤ 1 para los sistemas de quemadores con retención de llama y ≤ 2 para los sistemas de quemadores sin retención de llama, mediante el uso de una escala de ennegrecimiento. | 3. Prueba de humo: ≤ 1 para los sistemas de quemadores con retención de llama y ≤ 2 para los sistemas de quemadores sin retención de llama, mediante el uso de una escala de ennegrecimiento. |
| Aire forzado | 4. El aumento de la temperatura está dentro de las especificaciones del fabricante. | 4. El aumento de la temperatura está dentro de las especificaciones del fabricante. |
| Todas las calderas | 5. Los valores de O ₂ y CO (o CO ₂) están dentro del rango especificado por el fabricante. 6. Caldera sin condensación: la temperatura de la chimenea es de al menos 300 °F para minimizar la condensación en la chimenea. | 5. Los valores de O ₂ y CO (o CO ₂) están dentro del rango especificado por el fabricante. 6. Caldera sin condensación: la temperatura de la chimenea es de al menos 300 °F para minimizar la condensación en la chimenea. |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Calderas de ≥90 % | <ol style="list-style-type: none">7. El sensor de temperatura del aire exterior está instalado en una pared exterior orientada hacia el norte.8. La curva de calefacción está programada en función de la capacidad de radiación y pérdida de calor de la vivienda. | <ol style="list-style-type: none">7. El sensor de temperatura del aire exterior está instalado en una pared exterior orientada hacia el norte.8. La curva de calefacción está programada en función de la capacidad de radiación y pérdida de calor de la vivienda. |
|--------------------------|--|--|

Sistemas de calefacción: generalidades

1. La lista de comprobación del sistema de calefacción está completa en el archivo.
2. Línea de condensación:
 - a. Drena correctamente y está asegurada al drenaje del piso.
 - b. No presenta un peligro de tropiezo.
 - c. La bomba se instala solo cuando se necesita.
3. No hay fugas de combustible.
4. Los sistemas de combustible tienen un filtro de combustible nuevo.
5. No hay calefactores de ambiente no ventilados preexistentes ubicados dentro del espacio habitable o el límite de presión que sigan en su sitio.
6. La unión de las líneas CSST de gas cumple con las normas NFPA 54.

| Pruebas requeridas | | |
|---------------------------------------|--|--|
| | Reemplazos | Limpieza y puesta a punto |
| Todos los combustibles y tipos | 1. Mida la eficiencia en estado estacionario (SSE). | 1. Mida la eficiencia en estado estacionario (SSE). |
| | 2. Mida los niveles de oxígeno (O ₂). Consulte la <i>Tabla 3-2</i> , Rangos típicos para equipos de combustión de gas. | 2. Mida los niveles de oxígeno (O ₂). Consulte la <i>Tabla 3-2</i> , Rangos típicos para equipos de combustión de gas. |
| | 3. Mida la temperatura de la chimenea (T-chimenea). | 3. Mida la temperatura de la chimenea (T-chimenea). |
| Aire forzado | 4. Mida el flujo de aire de la unidad de acondicionamiento de aire de la unidad de calefacción central. Utilice una placa de flujo de aire o las tablas de flujo del ventilador del fabricante para calcular el flujo de aire. | 4. Mida el flujo de aire de la unidad de acondicionamiento de aire de la unidad de calefacción central. Utilice una placa de flujo de aire o las tablas de flujo del ventilador del fabricante para calcular el flujo de aire. |
| Todas las calderas | 5. Mida las temperaturas del agua de retorno y del suministro. | 5. Mida las temperaturas del agua de retorno y del suministro. |

Sistemas de calefacción nuevos

1. El sistema de calefacción está correctamente dimensionado y calienta adecuadamente el edificio.
 - a. El cálculo del dimensionamiento está en el archivo del cliente que refleja con precisión la pérdida de calor del edificio después de la climatización.
 - b. El sistema de distribución es adecuado para la unidad de calefacción central de tamaño correcto.
2. El sistema de calefacción tiene una ventilación adecuada.
 - a. Cumple con los requisitos del fabricante y del código.
 - b. Tiene una distancia adecuada con respecto a las ventanas y puertas, y 3 pies de distancia del medidor de gas, el regulador y la salida de ventilación.
3. El sistema está elevado del piso mediante materiales duraderos.
 - a. En el caso de los sótanos con problemas de agua conocidos, la altura se basa en las marcas típicas del nivel de agua alto anotadas en la CAZ o en la información aportada por el cliente.
4. El equipo del sistema de calefacción cumple con los requisitos de las especificaciones.
5. Se obtuvo el permiso de construcción como se solicitó.
6. La instalación cumple con los requisitos del código.
7. El sistema está en un circuito eléctrico exclusivo.
 - a. La desconexión del servicio está presente o dentro de la línea de visión en el panel de servicio.
 - b. El circuito está correctamente dimensionado, o se instaló un fusible o disyuntor para proteger el sistema.
8. El folleto de la garantía o del manual está colocado en la unidad de calefacción central o cerca de ella.
9. Los sistemas o estufas a leña instalados cumplen con la norma NFPA 211 o EPA (conforme a la etiqueta).

Distribución de aire forzado

1. Filtro/compartimento:
 - a. Está correctamente sellado, la tapa está bien ajustada y el filtro se sella a su bastidor.
 - b. Permite un fácil reemplazo del filtro.
 - c. El filtro es MERV 6 o mejor.
 - d. Un filtro que se puede limpiar, seis filtros desechables de 1 a 2 pulgadas incluidos o un filtro de 3 pulgadas instalado.
2. La distribución dentro de la CAZ y las áreas habitables está sellada según las

pruebas de despresurización del peor caso. El sistema de distribución no despresuriza excesivamente la CAZ (>1 pascal, en función de las advertencias del Libro de diagnósticos cuando hay aparatos de categoría I).

3. Se proporciona calor y aire de retorno adecuados en las áreas habitables.
4. Los nuevos conductos de suministro y retorno tienen el tamaño adecuado para el funcionamiento eficiente del sistema de calefacción.
5. Las uniones de los conductos están bien fijadas y aseguradas.
6. Los conductos están bien sujetos.
7. Los conductos metálicos están sellados con un material con clasificación UL181, como masilla, cinta o sellador.
8. Los trabajos de distribución en áreas sin calefacción están aislados con un mínimo de R-8.
9. El aislamiento cumple con las especificaciones del material y no está comprimido.
10. El aislante de fibra de vidrio se instala con fijaciones mecánicas.
11. Los registros funcionan correctamente para el propósito previsto.
12. No hay rejillas de retorno en la CAZ.
13. Los nuevos conductos de suministro tienen reguladores de tiro.
14. El sistema de aire de retorno de la casa móvil está centralizado a través del espacio habitable.
15. Los reguladores de contracorriente están instalados entre la cámara de una unidad de calefacción central a leña y otro sistema de aire forzado.

Calderas

1. El tamaño de las calderas está correctamente calculado e incluye el agua caliente doméstica cuando corresponde.
2. Los radiadores existentes y otros dispositivos terminales tienen el tamaño y la cantidad adecuados para los espacios que calientan.
3. La Lista de comprobación del sistema de calefacción está completa y archivada.
4. Las unidades de reemplazo están clasificadas para la aplicación.
5. El sistema de distribución y de agua de alimentación existente funciona correctamente con la nueva caldera.
6. El sistema de distribución se limpió correctamente.
7. Los controles de la caldera, la válvula de llenado automático, la válvula de zona y el tanque de expansión están presentes y funcionan según el diseño, y el sensor de temperatura del aire exterior está instalado en la pared exterior que está más orientada al norte.
8. La caldera o la distribución existentes se ajustaron o modificaron correctamente.
9. Los radiadores están purgados y no hay aire en el sistema.
10. Se ha documentado la apertura de la válvula de alivio de presión. Se cierra sin

fugas.

11. Solo para edificios de tres y cuatro unidades. El número de registro de la caldera se publica con la inspección actual certificada por el Estado.

Distribución de la calefacción de ambiente por agua caliente

1. Las tuberías están aisladas en las áreas sin calefacción.
2. Las uniones del aislante están bien ajustadas y aseguradas.
3. No hay fugas en el sistema.

Termostatos

1. El termostato instalado funciona correctamente con el sistema de calefacción instalado y satisface las necesidades del hogar.
2. El cliente fue instruido y entiende cómo manejar el termostato.
3. El termostato está en una ubicación que permite que el sistema de calefacción funcione correctamente para calentar el espacio.
4. El termostato está instalado en una pared interior y no cerca de un registro de suministro.

Consideraciones adicionales

En determinadas circunstancias, los siguientes elementos pueden ser necesarios para verificar que los resultados de otras pruebas sean correctos o para solucionar varios problemas.

1. El flujo de aire que pasa por el medidor de flujo es coherente con el índice de flujo indicado en la *Tabla 3-1* y en las tablas del ventilador del fabricante.

| Pruebas requeridas | | |
|--------------------------------|--|--|
| | Reemplazos | Limpieza y puesta a punto |
| Todos los combustibles y tipos | 1. Mida la eficiencia en estado estacionario (SSE). | 1. Mida la eficiencia en estado estacionario (SSE). |
| | 2. Mida los niveles de oxígeno (O ₂). Consulte la <i>Tabla 3-2</i> , Rangos típicos para equipos de combustión de gas. | 2. Mida los niveles de oxígeno (O ₂). Consulte la <i>Tabla 3-2</i> , Rangos típicos para equipos de combustión de gas. |
| | 3. Mida la temperatura de la chimenea (T-chimenea). | 3. Mida la temperatura de la chimenea (T-chimenea). |

| | | |
|---------------------------|--|--|
| Aire forzado | 4. Mida el flujo de aire de la unidad de acondicionamiento de aire de la unidad de calefacción central. Utilice una placa de flujo de aire o las tablas de flujo del ventilador del fabricante para calcular el flujo de aire. | 4. Mida el flujo de aire de la unidad de acondicionamiento de aire de la unidad de calefacción central. Utilice una placa de flujo de aire o las tablas de flujo del ventilador del fabricante para calcular el flujo de aire. |
| Todas las calderas | 5. Mida las temperaturas del agua de retorno y del suministro. | 5. Mida las temperaturas del agua de retorno y del suministro. |

Capítulo 4: Medidas de carga base

Las medidas de carga base son medidas de conservación de la energía que afectan al uso de la energía no relacionada con la calefacción de los espacios. Estas medidas pueden incluir, entre otras, las siguientes:

1. Reemplazo de calentadores de agua
2. Tratamientos del agua caliente doméstica
3. Reemplazo o remoción de refrigeradores y congeladores
4. Renovación de la iluminación

4.1 Reemplazo de calentadores de agua

Los reemplazos de calentadores de agua para el ahorro de energía suelen llevarse a cabo al completar las conversiones a gas natural desde otro tipo de combustible o al reemplazar el calentador de agua actual ineficiente.

Respete las siguientes normas para todos los reemplazos o remociones de calentadores de agua:

1. Retire el calentador de agua existente y deséchelo adecuadamente.
2. Dimensione adecuadamente el calentador de agua de reemplazo en función de la cantidad de personas que haya en el edificio.
3. Asegúrese de que la altura y el espacio sean aceptables para reemplazar el calentador de agua.
4. Evalúe las opciones de ventilación para los reemplazos de calentadores de agua no eléctricos, con el fin de garantizar que la ventilación cumpla con los requisitos del código.

Respete las siguientes normas para las instalaciones de calentadores de agua:

1. Instale el calentador de agua conforme a las instrucciones del fabricante en un lugar nivelado y estable. Proporcione precintos para asegurar el calentador de agua, si fuera necesario.
2. Instale una válvula de alivio de temperatura y presión (Temperature and Pressure Relief, TPR) con las tuberías, tal como lo exige el código o la jurisdicción local.
3. Asegúrese de que la ventilación cumpla con la norma NFPA 54 para las unidades de gas.
4. Instale una válvula de cierre exclusiva para el suministro de combustible.
5. Instale una válvula de cierre exclusiva para las líneas de agua caliente y fría, con el fin de permitir el aislamiento del tanque, si no hubiera una.
6. Asegúrese de que las líneas de agua no tengan fugas después de conectarlas al calentador de agua.
7. Llene el tanque de agua antes de encender el calentador de agua.
8. Mida y ajuste la temperatura a 120 °F. Compruebe la temperatura suministrada y

ajústela según sea necesario.

9. Coloque en el calentador de agua una etiqueta que identifique a quién debe llamar el cliente para el servicio de garantía. Coloque la etiqueta en un lugar visible y confirme que incluya el nombre, la dirección y el número de teléfono del proveedor de servicios.
10. Si no hay un tomacorriente, instale uno siguiendo los códigos locales o PMI. Cuando haya una diferencia entre las especificaciones del fabricante y el código, se aplicará el requisito más restrictivo.

4.1.1 Instalaciones de calentadores de agua a gas con ventilación ENERGY STAR®

1. Siga las instrucciones del fabricante para garantizar la correcta ventilación del nuevo calentador de agua.
2. Si no hay un tomacorriente, instale uno siguiendo los códigos locales o PMI. Cuando haya una diferencia entre las especificaciones del fabricante y el código, se aplicará el requisito más restrictivo.
3. Confirme que no haya fugas de gas en ninguna de las tuberías de gas.
4. Instale una trampa de sedimentos adecuada en la línea de gas, si no hay una.
5. Instale una tubería de gas que esté apoyada y conectada eléctricamente (si fuera necesario) de acuerdo con la NFPA-54 y el Código Uniforme de Vivienda de Wisconsin (WI Uniform Dwelling Code). Siga las especificaciones del fabricante para la instalación. Para obtener más información, consulte las normas NFPA 54 y WI SPS 323.16.
 - a. Cuando la CSST ya esté presente en el edificio, pero no esté correctamente conectada, conecte el sistema de tuberías de gas a la toma de tierra eléctrica de acuerdo con NEC 250.94 y 250.104 al completar el trabajo en el suministro de combustible o el calentador de agua.
6. Instale una tubería de gas del tamaño adecuado.
7. Se puede utilizar un conector de aparato con certificación UL para conectar la válvula de gas a la tubería de gas.
8. Mida y ajuste la presión de gas para cumplir con las instrucciones del fabricante.
9. Siga las instrucciones del fabricante para la correcta eliminación de la condensación.
10. Compruebe el nivel de monóxido de carbono (CO) en la ventilación de escape para confirmar que el nivel de CO sea inferior a los 200 ppm sin aire (o que cumpla con las especificaciones del fabricante, si son diferentes).

4.2 Tratamientos del agua caliente doméstica

4.2.1 Aireadores y cabezales de regaderas que ahorran agua

1. Retire y reemplace los cabezales de regaderas y aireadores existentes clasificados o probados para ser utilizados por encima de 1.5 galones por minuto. Recicle los elementos reemplazados de manera adecuada.

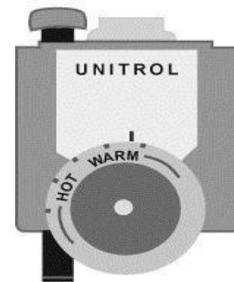
2. Instale los nuevos cabezales de regaderas mediante el uso de una cinta de sellado de roscas u otro sellador de tuberías para evitar fugas. Evite ajustar demasiado el nuevo cabezal de regadera.
3. Proteja la boquilla cromada y curvada del cabezal de regadera para que no se dañe durante la instalación, al utilizar un paño o una gamuza entre las mordazas de la llave de tubo o las pinzas.
4. Cuando reemplace los aireadores de las llaves de agua, tenga cuidado de no rayarlos ni deformarlos.
5. Tenga cuidado cuando haya depósitos importantes en los dispositivos, ya que esto podría causar daños en la instalación y costos adicionales.

4.2.2 Aislamiento de la tubería del calentador de agua

1. **SOLO PARA CASAS MÓVILES:** para los calentadores de agua situados en un armario con acceso al exterior, aisle todas las tuberías de agua del armario.
2. Aísle todas las tuberías del circuito de circulación entre una caldera y un tanque de almacenamiento de agua caliente doméstica indirecta.
3. Utilice un aislante de tuberías del tamaño adecuado con una clasificación R-3 o superior. Aísle los codos, las uniones y otros accesorios con el mismo grosor con el que se aíslan los tramos de tubería rectos.
4. Mantenga el aislante de las tuberías a una distancia de al menos seis pulgadas de la tubería de ventilación de combustión, a menos que el aislante tenga una clasificación de seguridad contra incendios que permita una distancia menor.
5. Asegure las uniones, las juntas y los extremos de los manguitos de las tuberías.

4.2.3 Ajuste o reducción de la temperatura del agua

1. Mida la temperatura del agua caliente en la llave de agua más cercana al calentador de agua y ajuste o reduzca la temperatura del calentador de agua a 120 °F, con el permiso del cliente.
2. Marque el ajuste actual en el termostato y desplace el control a una temperatura más baja. Tenga en cuenta la diferencia entre los controles eléctricos y a gas que se muestran aquí.
3. En los calentadores de agua eléctricos, ajuste el termostato superior y el termostato inferior a la misma temperatura. Desconecte la energía del calentador de agua antes de abrir los paneles de acceso al termostato.



Control del calentador de agua a gas



Control del calentador de agua eléctrico

4.3 Reemplazo y remoción de refrigeradores o congeladores

Antes de instalar una unidad de reemplazo, realice lo siguiente:

1. Instale las unidades de reemplazo solo en los lugares permitidos conforme a las

instrucciones del fabricante. Las unidades pueden instalarse en un espacio no acondicionado si lo permite el fabricante.

2. Confirme que la unidad de reemplazo encaje en la abertura existente sin modificaciones. Modifique la abertura solo con la aprobación de la agencia y el cliente.
3. Verifique que las aberturas de las puertas sean lo suficientemente anchas como para acomodar la instalación de una unidad nueva.
4. Para las unidades que no cumplen con las directrices de reemplazo del Programa de climatización de Wisconsin, confirme que la documentación de exención requerida se encuentre en el archivo del cliente.

Al reemplazar un refrigerador o congelador, realice lo siguiente:

1. Instale la unidad de reemplazo a nivel para que funcione correctamente. Eleve la parte delantera del refrigerador levemente para permitir que las puertas se cierren de manera lenta y sin ayuda, o con una ayuda limitada por parte del cliente.
2. A menos que esté limitado por el espacio de instalación existente, instale todas las piezas y molduras según las instrucciones del fabricante.
3. Enchufe la unidad en el receptáculo más cercano para confirmar que esta funcione. No la enchufe en un alargador. El tomacorriente no debe estar en un circuito con interruptor de falla a tierra.
4. Cambie el giro de las puertas, si fuera necesario, para satisfacer las necesidades del cliente.
5. Verifique que las puertas estén correctamente alineadas y séllelas herméticamente con una junta de cierre positivo.
6. Desarme y elimine adecuadamente las unidades existentes que se retiren o reemplacen. No desactive la unidad existente hasta que haya instalado el reemplazo y confirme que funcione correctamente.

4.4 Iluminación

Las bombillas de diodos emisores de luz (Light Emitting Diode, LED) suelen consumir un 75 % menos de electricidad que una bombilla incandescente estándar. Para evitar que el cliente se retire y para promover la eficiencia, se deben seleccionar bombillas LED de reemplazo para proporcionar una emisión de luz (lumen, eficacia y color) equivalente a las bombillas incandescentes existentes.



Bombilla LED tipo globo

Las lámparas de pie halógenas suponen un riesgo para la salud y la seguridad, debido al calor generado por la bombilla halógena. El reemplazo de estas lámparas por un modelo de LED elimina el riesgo para la salud y la seguridad, y reduce el consumo eléctrico.

Al reemplazar la luminaria, realice lo siguiente:

1. Haga una demostración de la iluminación de LED. Explique el potencial de ahorro eléctrico relacionado para los clientes que no estén seguros de reemplazar las bombillas incandescentes por bombillas LED.
2. Seleccione las bombillas LED de reemplazo con un vataje que coincida con la emisión de lúmenes y la funcionalidad de la bombilla incandescente existente. Confirme la satisfacción del cliente en cuanto a la iluminación dirigida y de fondo.
3. Instale todas las bombillas LED. No se dejarán las bombillas LED para que las instale el cliente.
4. Encienda cada reemplazo de iluminación de LED después de la instalación para confirmar que funcione correctamente.
5. Reemplace las lámparas de pie halógenas por lámparas de pie de LED cuando corresponda y retire las lámparas de pie halógenas de la residencia. Deseche adecuadamente las lámparas de pie halógenas.
6. Las lámparas compactas fluorescentes (Compact Fluorescent Lamp, CFL) existentes no se reemplazarán por lámparas de LED.
7. Proporcione a los clientes las instrucciones de limpieza de las CFL.
8. Es necesario desecharlas correctamente.

Si se rompe una CFL, tenga cuidado al limpiarla. Aunque la cantidad de mercurio es muy pequeña, la EPA recomienda los pasos siguientes:

1. Abrir las ventanas cercanas para dispersar los vapores y abandonar la habitación durante 15 minutos.
2. Recoger con cuidado los fragmentos y el polvo con papel rígido o cartón y sellarlos en una bolsa de plástico.
3. Limpiar el área con toallas de papel húmedas y colocarlas en la bolsa de plástico.
4. No utilizar una aspiradora ni una escoba para limpiar la bombilla rota en superficies duras.
5. Colocar todos los materiales de limpieza en una bolsa de plástico sellada.
6. Colocar la bolsa en una segunda bolsa de plástico sellada y ponerla en un contenedor de basura exterior. Nota: Las CFL rotas y no rotas deben llevarse a un centro de reciclaje si fuera posible.
7. Lavarse las manos después de tirar la bolsa.

Si una bombilla fluorescente se rompe sobre un tapete o una alfombra, haga lo posible por retirar todos los materiales visibles al seguir los pasos anteriores. Utilice cinta adhesiva, como, por ejemplo, cinta para conductos, para que le sea más fácil recoger los trozos pequeños y el polvo. Si tiene que pasar la aspiradora, una vez que haya retirado todos los materiales visibles, retire la bolsa de la aspiradora (o vacíe y limpie el recipiente). Luego, coloque la bolsa o los restos de la aspiradora en dos bolsas de plástico selladas y deséchelas en el centro de residuos peligrosos de su localidad.

4.5 Lavadora de ropa

1. Arregle directamente con el cliente (según las indicaciones de la agencia) para programar la entrega o la recogida, o cuando sea necesario para resolver cualquier problema de garantía o reclamación. **Avise al cliente con un mínimo de 24 horas de antelación cuando programe con él.**
2. De acuerdo con las especificaciones del pedido de trabajo, realice la entrega a las direcciones previstas de la vivienda. Entregue e instale en la misma ubicación que las unidades existentes. Esto puede incluir la instalación en apartamentos individuales de edificios de varias unidades.
3. Instale con un recipiente o una bandeja de drenaje si el lavadero está en el segundo piso del edificio, con un espacio habitable terminado en el nivel inferior al lavadero.
4. Instale la unidad de reemplazo en lugar del aparato retirado, según las especificaciones del fabricante. Nivele la unidad, conecte las instalaciones hidráulicas y los accesorios. Asegúrese de que las conexiones de suministro no tengan fugas. Asegúrese de que la manguera de drenaje esté instalada para descargar en una salida adecuada: un drenaje del piso, un tubo vertical o una pileta de lavadero. Asegúrese de que la manguera de drenaje esté asegurada según sea necesario.
5. Enchufe la unidad en el tomacorriente más cercano para confirmar que esta funcione. No la enchufe en un alargador. Conéctela a un circuito con un interruptor de circuito por falla a tierra (GFCI) si ya hay uno instalado y disponible.
6. Confirme que la unidad de reemplazo instalada funcione correctamente antes de desactivar la unidad existente.
7. El vendedor es responsable de quitarla de las instalaciones y eliminar todos los residuos, el material de embalaje, etc.
8. Retire la lavadora de ropa que se identificó para ser retirada según la orden de trabajo.
9. El vendedor es responsable de cualquier daño relacionado con la entrega, la instalación de la unidad nueva o la retirada de la unidad antigua.
10. Los aparatos retirados no podrán ser reutilizados ni revendidos. Se mantendrán registros de eliminación suficientes para que el vendedor pueda proporcionar a la agencia la verificación de la eliminación adecuada de cualquier unidad retirada, a petición de la agencia.

Inspección final y normas de control de calidad

Las instalaciones aceptables deberán cumplir con las siguientes normas.

Reemplazo de calentadores de agua

1. El reemplazo tiene la calificación ENERGY STAR cuando corresponde y cumple con el Factor de Energía (Energy Factor, EF) o el Factor de Energía Uniforme (Uniform Energy Factor, UEF) requeridos.
2. Sigue el protocolo del Programa de climatización de Wisconsin para el reemplazo del calentador de agua y fue modelado adecuadamente con la auditoría energética.

3. La unidad tiene el tamaño adecuado para el hogar.
4. Sigue las instrucciones del fabricante para la instalación, lo cual incluye la ventilación, el alivio de presión, el tubo de drenaje y la conexión eléctrica.
5. El tomacorriente (receptáculo) nuevo está correctamente instalado de acuerdo con el PMI o el código local.
6. La temperatura medida es de 120° a 125 °F, a menos que se documente una solicitud del propietario para una temperatura más alta. No ajuste la temperatura del calentador de agua por debajo de los 120 °F.
7. La unidad de reemplazo no tiene fugas ni una contracorriente.

Dispositivos de ahorro de agua

1. La instalación sigue las políticas y el protocolo del Programa de climatización de Wisconsin.
2. Los nuevos aireadores y cabezales de regaderas no tienen fugas.
3. Recicle o deseché adecuadamente los cabezales de regaderas y los aireadores de llaves reemplazados.

Refrigeradores

1. La instalación cumple con las instrucciones del fabricante.
2. Todas las piezas y molduras están presentes y se instalaron según el diseño.
3. La unidad tiene el tamaño adecuado para el hogar.
4. Las puertas están correctamente alineadas y hay una junta de cierre positivo.
5. El refrigerador nuevo está instalado lo más cerca posible del nivel.
6. Se reemplazó la unidad que consumía más electricidad (antes de la climatización).
7. El refrigerador reemplazado se retiró de la vivienda y se lo desechó adecuadamente.
8. El refrigerador de reemplazo sigue las políticas y el protocolo del Programa de climatización de Wisconsin.
9. El archivo del cliente contiene una exención para cualquier unidad que no esté incluida en las directrices de reemplazo.

Congeladores

1. La instalación cumple con las instrucciones del fabricante.
 - a. No se instala la unidad en un espacio no acondicionado (garaje, porche, etc.), a menos que lo permita el fabricante.
2. Todas las piezas y molduras están presentes y se instalaron según el diseño.
3. El tamaño del congelador de reemplazo es igual o inferior al de la unidad o las unidades reemplazadas.
4. La tapa está correctamente alineada y hay una junta de cierre positivo.

5. Se reemplazó la unidad que consumía más electricidad (antes de la climatización).
6. El congelador reemplazado se retiró del edificio y se lo desechó adecuadamente.
7. El congelador de reemplazo sigue las políticas y el protocolo del Programa de climatización de Wisconsin.
8. Se retiraron las unidades funcionales adicionales y se ofreció una recompensa conforme a la política del programa con el permiso del propietario.

Iluminación: luces LED

1. Sigue el protocolo y las políticas del Programa de climatización de Wisconsin.
2. Las bombillas de reemplazo son apropiadas para el uso previsto.
3. No se dejaron luces LED sin instalar en el lugar de trabajo.
4. Se reemplazaron todas las lámparas de pie halógenas.

Lavadora de ropa

1. La instalación cumple con las especificaciones del fabricante.
2. La unidad se instaló en la misma ubicación del aparato existente.
3. La unidad está nivelada y las conexiones de las tuberías están conectadas adecuadamente.
4. La manguera de drenaje está conectada a la terminación apropiada.
5. La unidad está conectada al tomacorriente más cercano (no se pueden utilizar alargadores).
6. Confirme que el aparato nuevo sea operable.
7. Se retiró la lavadora de ropa reemplazada.

Capítulo 5: Salud y seguridad

En este capítulo, se abordan algunos de los peligros más acuciantes para la salud y la seguridad de los hogares, así como también los que afrontan los profesionales de la climatización durante la auditoría, la instalación de las medidas o la inspección del trabajo terminado. Cuando se descubren problemas de seguridad graves en una casa, el personal de campo debe informar de inmediato a un supervisor y al cliente sobre los peligros. Los peligros importantes y las condiciones que puedan poner en peligro la vida deben corregirse antes de que comience el trabajo de climatización, a menos que los instaladores realicen las correcciones como parte de su trabajo.

Consulte la *Lista de comprobación de la inspección de salud y seguridad* y el *Formulario de exención de responsabilidad* que se encuentran en el sitio web de Home Energy Plus: <https://energyandhousing.wi.gov>.

Los trabajadores de la climatización deben ser conscientes de las posibles causas de las lesiones en el sitio, y cómo la concienciación y las precauciones pueden reducirlas. Los ejemplos de posibles causas incluyen, entre otras, los siguientes:

- ✓ Resbalones, tropiezos y caídas
- ✓ Temperaturas extremas
- ✓ Uso inadecuado de las herramientas
- ✓ Combustibles (materiales o gases)

Si ocurre una emergencia en el campo, siga la política de seguridad de la agencia o llame al 911. Cuando trabajan, los profesionales de la climatización deben seguir todos los protocolos de salud y seguridad aplicables según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) o la autoridad local competente.

Antes de comenzar el trabajo, evalúe las áreas de trabajo para detectar los riesgos de salud y seguridad para los trabajadores y el cliente. Resuelva cualquier peligro antes de comenzar el trabajo o durante el proceso de trabajo. Si los peligros no se pueden resolver, la casa puede requerir un aplazamiento hasta que se solucionen los peligros.

Inspeccione todas las herramientas para comprobar su seguridad y utilícelas de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

5.1 Equipo de Protección Personal

Casi a diario, los trabajadores de la climatización se encuentran en situaciones que requieren del uso de Equipos de Protección Personal (EPP). El empleador debe proporcionar a los trabajadores el EPP adecuado que necesiten para realizar su trabajo.

Algunos ejemplos de estos EPP son, entre otros, los siguientes:

- ✓ Overoles de trabajo desechables.
- ✓ Respiradores aprobados por el NIOSH con una prueba de ajuste anual (y documentación médica, si se requiere).
- ✓ Protección para los ojos y la cara.
- ✓ Ventilación y aire suministrado en espacios confinados.

- ✓ Protección auditiva.
- ✓ Protección contra caídas.

5.2 Hoja de datos de seguridad (SDS)

La hoja de datos de seguridad (Safety Data Sheet, SDS) de un producto o material contiene los datos sobre las especificaciones del material y la información de seguridad. Esto incluye información sobre lo siguiente:

- | | |
|--|---|
| 1. Producto y empresa/fabricante | 9. Propiedades físicas y químicas |
| 2. Identificación de los peligros | 10. Reactividad y estabilidad química |
| 3. Composición e ingredientes | 11. Efectos toxicológicos |
| 4. Primeros auxilios | 12. Información ecológica |
| 5. Extinción de incendios | 13. Eliminación |
| 6. Liberación accidental | 14. Consideraciones sobre el transporte |
| 7. Manipulación y almacenamiento | 15. Información reglamentaria |
| 8. Controles de exposición y protección personal | 16. Otro |

Se puede acceder a todas las SDS de los productos de climatización a través del sitio web de Capacitación y asistencia técnica de Home Energy Plus. Cuando sea posible, los materiales que generan riesgos a largo plazo para la salud del cliente y de los trabajadores deben ser reemplazados por materiales que presenten menos riesgos.

5.3 Espacios confinados

Los profesionales de la climatización suelen trabajar en espacios pequeños, como los espacios debajo del piso y los áticos, que pueden ser definidos por la OSHA como espacios confinados. Un espacio confinado es lo suficientemente grande y está configurado de tal manera que un empleado puede entrar y realizar el trabajo asignado, pero tiene medios limitados o restringidos para entrar o salir, y no está diseñado para la ocupación continua de los empleados.

Se colocará un cartel en la entrada del acceso al espacio debajo del piso que incluya la información de contacto de los instaladores, junto con toda información pertinente relacionada con el trabajo finalizado.

Todo trabajo realizado dentro de un espacio confinado se llevará a cabo de acuerdo con la norma OSHA 29 CFR, parte 1926, subparte AA, regla final.

5.4 Control de contaminantes en la fuente

El control de los contaminantes en la fuente es siempre la mejor solución, especialmente en los hogares que tengan una lectura medida inferior de CFM₅₀. La ventilación mecánica de todo el edificio ayuda a eliminar y diluir los niveles bajos de contaminantes. Los técnicos deben tener en cuenta las fuentes de contaminantes y la exposición mientras

llevan a cabo la climatización.

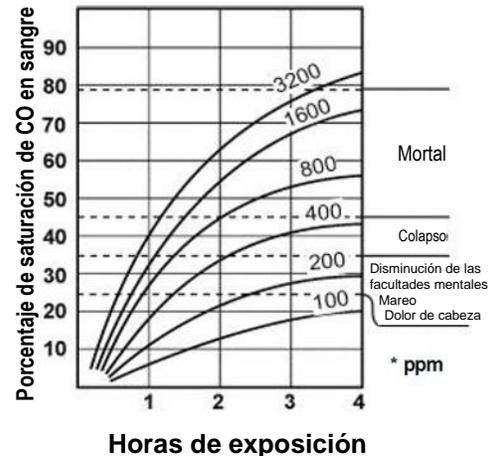
El cliente tiene un control significativo sobre el ingreso al hogar y la propagación de muchos contaminantes en el hogar. Siempre instruya al cliente sobre las medidas correctivas que puede tomar para minimizar los contaminantes en su hogar.

5.4.1 Monóxido de carbono (CO)

El límite máximo de exposición de ocho horas al CO sugerido por la EPA es de nueve partes por millón (ppm) en aire ambiente. El CO con un nivel igual o superior a 9 ppm suele estar relacionado con el mal funcionamiento de los aparatos de combustión dentro del espacio habitable.

Fuentes de monóxido de carbono

La contaminación por CO suele estar relacionada con los aparatos de combustión sin ventilación, los aparatos de combustión con contracorriente, las cocinas a gas, las parrillas de carbón y los vehículos de motor en ralentí en garajes adjuntos o cerca de la casa.



Efectos del CO: las curvas de este gráfico representan diferentes niveles de exposición en partes por millón (ppm).

Pruebas de monóxido de carbono

El instrumento de análisis de CO más común es un sensor electrónico que tiene una lectura digital en partes por millón (ppm). Las lecturas serán *SEGÚN LO MEDIDO* o *SIN AIRE*. Siga las recomendaciones del fabricante sobre la puesta a cero del medidor, normalmente al exponer el medidor al aire exterior. Los equipos de análisis de CO suelen requerir una recalibración cada seis meses, mediante los procedimientos especificados por el fabricante.

Por lo general, un análisis de CO se lleva a cabo en el conducto de escape del aparato o en el puerto de escape del intercambiador de calor. Un nivel elevado de CO puede deberse a cualquiera de las causas siguientes:

1. Exceso de combustión de un aparato: se suministra demasiado combustible al aparato. Un bajo porcentaje de O₂ en un analizador de combustión indica que el aparato puede tener un exceso de combustión. Los técnicos pueden determinar si el aparato tiene un exceso de combustión al cronometrar el contador de gas.
2. Aire de combustión inadecuado: se produce cuando un aparato de combustión carece de suficiente aire de combustión.
3. La contracorriente o el escape de los gases de combustión suprime la llama.
4. Interferencia de la llama por un objeto (una sartén sobre una hornalla de gas en una cocina, por ejemplo).
5. Desalineación del quemador.

Los técnicos del servicio de los aparatos deben esforzarse por identificar y corregir estos problemas.

5.4.2 Alarmas de monóxido de carbono (CO)

Siga estas instrucciones al instalar las alarmas de CO:

1. Instale según las instrucciones del fabricante. Déjele las instrucciones del fabricante al cliente.
2. Instruya al cliente sobre el propósito y las características de las alarmas, incluso lo que debe hacer si la alarma suena.
3. Las pilas deben ser internas, no reemplazables, y deben tener una garantía de 10 años por parte del fabricante.
4. Instale una alarma de CO (si no hay ninguna o las que están no funcionan) en cada piso y en las proximidades de las áreas de descanso siguiendo las instrucciones de instalación.

No instale alarmas de CO:

- ✓ En una habitación que pueda calentarse o enfriarse demasiado para que la alarma funcione correctamente.
- ✓ A menos de 5 pies de un aparato de combustión, un respiradero o una chimenea.
- ✓ A menos de 5 pies de un área de almacenamiento de productos químicos que generen vapor.
- ✓ A menos de 12 pulgadas de las puertas y ventanas al exterior.
- ✓ Dentro de un gabinete o habitación de la unidad de calefacción central.
- ✓ Con una conexión eléctrica a un circuito conmutado.
- ✓ Con una conexión a un circuito con interruptor de falla a tierra (GFCI).
- ✓ Detrás de muebles o aparatos.

Las instrucciones del fabricante pueden especificar normas más estrictas que estas. Si existe un conflicto, siga la especificación más estricta.

5.4.3 Alarmas de humo

Siga estas instrucciones al instalar las alarmas de humo:

1. Instale según las instrucciones del fabricante. Déjele las instrucciones del fabricante al cliente.
2. Instruya al cliente sobre el propósito y las características de las alarmas, incluso lo que debe hacer si la alarma suena.
3. Las pilas deben estar selladas, no deben ser reemplazables y deben tener una garantía de 10 años por parte del fabricante.
4. Instale una alarma de humo (si no hay ninguna o las que están no funcionan) en cada piso y en las proximidades de las áreas de descanso siguiendo las instrucciones de instalación.

No instale alarmas de humo:

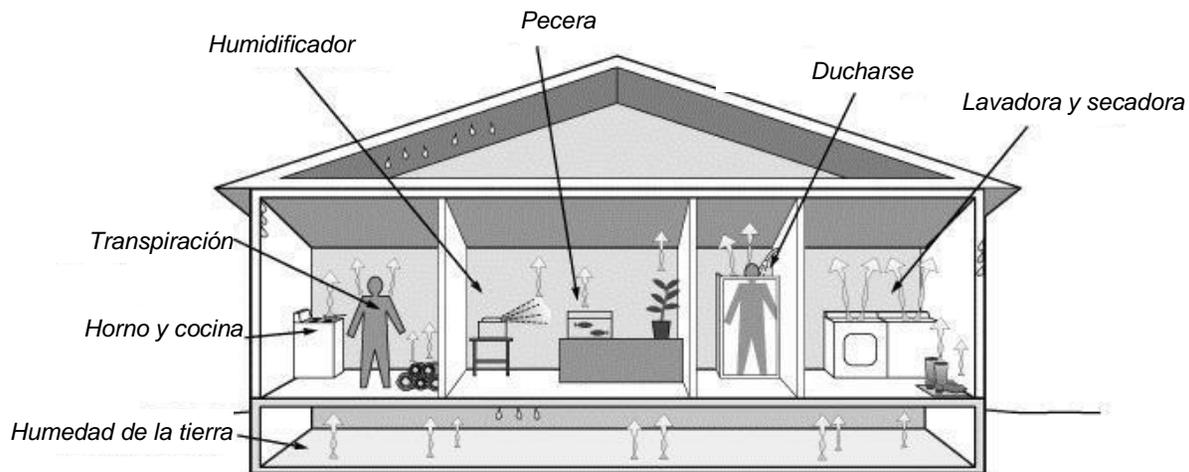
- ✓ A menos de 12 pulgadas de las puertas y ventanas al exterior.
- ✓ En un circuito conmutado, si está conectado directamente.
- ✓ En un circuito con interruptor de falla a tierra (GFCI).

Las instrucciones del fabricante pueden especificar normas más estrictas que estas. Si existe un conflicto, siga la especificación más estricta.

5.4.4 Problemas de humedad

El agua y el vapor del agua dañan los materiales del edificio porque favorecen el crecimiento de moho y la putrefacción, disuelven los pegamentos y el mortero, corroen el metal, y alimentan a las plagas, como las termitas y los ácaros del polvo. A su vez, estas plagas provocan muchos casos de dificultades respiratorias.

El agua y la humedad reducen la resistencia térmica del aislante y otros materiales del edificio. Las fuentes de humedad más comunes son los techos con goteras, y los cimientos y pisos de sótanos húmedos. Otras fuentes de humedad críticas son las secadoras sin ventilación, las regaderas, los aparatos de cocina y los aparatos de gas sin ventilación, como las cocinas o los hogares de chimeneas decorativos.



Fuentes de humedad: muchas veces, la humedad del hogar puede ser controlada en la fuente de origen por los clientes informados y motivados. La humedad relativa en interiores debería estar entre el 30 % y el 50 %.

Identificar y reducir las fuentes de humedad líquida o en masa es la principal prioridad para resolver los problemas de humedad. La siguiente prioridad es instalar o reparar las barreras de aire y vapor para evitar que la humedad migre a las cavidades del edificio y a través de ellas. Los extractores de aire locales situados en la cocina y en los baños eliminarán los niveles altos de humedad y otros contaminantes en su fuente de origen.

Tabla 5-1: Fuentes de humedad y sus posibles contribuciones

| Fuente de humedad | Cantidad potencial en pintas |
|--|------------------------------|
| Humedad del suelo | Entre 0 y 105 por día |
| Evaporación estacional de los materiales | Entre 6 y 19 por día |
| Secadoras con ventilación interior | Entre 4 y 6 por carga |
| Lavado de vajilla | Entre 1 y 2 por día |
| Cocinar (comidas para cuatro) | Entre 2 y 4 por día |
| Ducharse | 0.5 por ducha |

La humedad relativa (HR) es una medida del grado en que el aire está saturado de humedad. El aire con un 100 % de HR está completamente saturado. El aire del hogar con una HR inferior al 30 % es incómodamente seco para muchas personas. Es probable que el aire superior al 50 % de HR genere una condensación en las superficies interiores frías y en las cavidades del edificio cuando el clima exterior esté frío.

Síntomas de los problemas de humedad

La condensación en las ventanas, paredes y otras superficies puede indicar una HR alta, y la necesidad de encontrar y reducir las fuentes de humedad. Cuando hace mucho frío o cuando los cambios de clima son bruscos, puede generarse una condensación. Esta condensación ocasional no es una preocupación importante. Sin embargo, si la condensación en las ventanas es un problema persistente, reduzca las fuentes de humedad, agregue aislamiento o considere otros recursos que permitan tener superficies interiores más cálidas. Cuanto más fría sea la temperatura exterior, más probable será que se genere una condensación. Agregar aislante ayuda a eliminar las áreas frías donde se condensa el vapor de agua.

Los problemas de humedad surgen cuando el contenido de humedad de los materiales del edificio alcanza un umbral que permite que prosperen las plagas, como termitas, ácaros del polvo, podredumbre y los hongos. El asma, la bronquitis y otras enfermedades respiratorias pueden verse agravadas por los problemas de humedad, ya que el moho y los ácaros del polvo son alérgenos potentes. El nivel del problema de humedad se puede determinar a través del estado actual de los materiales existentes del edificio. Los siguientes son ejemplos de cómo la humedad afecta a los materiales del edificio:

1. La putrefacción y la descomposición de la madera indican un daño avanzado por humedad. A diferencia del moho superficial, los hongos de la descomposición de la madera penetran, ablandan y debilitan la madera.
2. La pintura descascarada, ampollada o agrietada puede indicar que la humedad está atravesando una pared, dañando la pintura y, posiblemente, los materiales del edificio que hay debajo.
3. La corrosión, la oxidación y el óxido en el metal son señales inequívocas de que la humedad está actuando. Pueden aparecer superficies de madera deformadas cuando la madera húmeda se hincha y luego, se combe y agrieta al secarse.
4. Las eflorescencias en el hormigón y la mampostería suelen indicar un exceso de humedad en los cimientos de la casa. La eflorescencia es un depósito blanco y

cristalino dejado por el agua que pasa a través de la mampostería, y deja los minerales del mortero o del suelo a medida que se evapora.

5.4.5 Control de la humedad de los cimientos

La humedad y los contaminantes que ingresan a la casa a través de los cimientos, los sótanos y los espacios debajo del piso pueden contribuir sustancialmente a la humedad interior y afectar a la calidad del aire interior, incluso cuando no hay áreas húmedas aparentes. Los contaminantes y la humedad pueden desplazarse fácilmente por la casa, impulsados por el efecto chimenea y la absorción de la humedad en la madera y el hormigón permeables.

Barreras contra la humedad del suelo

El aire, la humedad y los contaminantes pueden desplazarse a través del suelo e ingresar a los espacios debajo del piso y a los sótanos con piso de tierra. Incluso la tierra que parece seca en la superficie puede liberar mucha humedad en la casa.

Siga estas instrucciones cuando instale un retardador de vapor en el suelo para controlar el desplazamiento de la humedad y los gases del suelo:

1. Inspeccione todas las instalaciones hidráulicas en busca de fugas y repare las que encuentre antes de instalar el retardador de vapor del suelo.
2. Cubra completamente el suelo con una barrera hermética, como un plástico de 6 milímetros o polietileno laminado cruzado.

3. Superponga las uniones unas 12 pulgadas como mínimo al utilizar una técnica de “teja invertida” o “solapamiento ascendente” (p. ej., haga una superposición para que el agua que se filtra a través del muro de contención no pase por entre las capas de polietileno de las uniones).



Un espacio bien sellado debajo del piso: el suelo de tierra de este espacio debajo del piso está cubierto por una barrera de polietileno reticulado bien sellada contra la humedad del suelo.

4. Suba la barrera por el muro de contención al menos 6 pulgadas o fíjela al durmiente si las termitas no son un problema en el área. Realice un sellado de aire en los bordes de los cimientos.
5. Selle las uniones y alrededor de las penetraciones con adhesivo para crear un sello hermético. Puede ser más fácil ensamblar y sellar las uniones de la barrera fuera del espacio debajo del piso. Cuando el compuesto de sellado se asiente, la barrera deberá ser una lámina continua.

Precaución: por lo general, los retardadores de vapor se utilizan en los espacios debajo del piso. El uso en los sótanos debe restringirse a los sótanos con pisos de tierra y acceso limitado. Cuando se instale el retardador de vapor de suelo en un sótano poco utilizado, instale tabloncillos para caminar a fin de evitar que los clientes se resbalen. Solucione cualquier problema, como fugas en las instalaciones hidráulicas, antes de instalar la barrera para evitar que el agua se acumule en la parte superior de la barrera.

Núcleos de bloques abiertos

Muchas veces, los contaminantes y la humedad se encuentran en la parte inferior de los cimientos de bloques de hormigón. Cuando la parte superior del muro no está sellada ni cubierta, los contaminantes y la humedad son arrastrados hacia el interior de la casa, debido al efecto chimenea y a los bucles convectivos dentro de los núcleos abiertos del muro. Cubra los núcleos abiertos en la parte superior del muro de contención con material rígido y realice un sellado de aire alrededor del perímetro de la cobertura. Tratar los núcleos de bloques de esta manera puede limitar la entrada de humedad y contaminantes a la casa.

5.5 Pintura con plomo y trabajo seguro con plomo

El polvo de plomo puede dañar el sistema neurológico de las personas que lo ingieren. Los niños son más vulnerables que los adultos, debido al rápido desarrollo de su cerebro y al comportamiento habitual de llevarse la mano a la boca. La pintura con plomo se utilizaba habitualmente en las casas construidas antes de que se prohibiera en 1978.

Los técnicos que trabajan en estas casas antiguas deben dar por sentado la presencia de pintura con plomo o, si creen que no hay pintura con plomo, deben realizar pruebas para descartar su presencia.

Los profesionales de la climatización utilizan las prácticas de trabajo seguro con plomo cuando sospechan que hay pintura con plomo o lo confirman. El trabajo seguro con plomo se centra en la prevención rigurosa del polvo y en las precauciones en la limpieza. Estas prácticas son necesarias cuando los trabajadores vayan a alterar las superficies pintadas al cortar, raspar, perforar o realizar otras actividades que generen polvo. Todos los trabajadores de climatización en el campo deben estar capacitados en las prácticas de trabajo seguro con plomo.

Los requisitos del renovador de uso seguro del plomo se aplican a las casas anteriores a 1978 cuando se alteran más de 6 pies cuadrados de superficie interior pintada por habitación o más de 20 pies cuadrados de superficie exterior pintada, o cada vez que se reemplacen o demuelan ventanas. Consulte el Manual del programa de climatización de Wisconsin para conocer las políticas y orientaciones específicas relativas a los requisitos del renovador de uso seguro de plomo y las normas mínimas para la climatización con uso seguro de plomo.

Las actividades de climatización que podrían alterar la pintura con plomo y crear polvo de plomo incluyen, entre otras, las siguientes:

1. Quitar el revestimiento para instalar el aislante.
2. Perforar agujeros en el interior o el exterior de la casa para instalar el aislante.
3. Quitar las molduras o cortar a través de las paredes o los cielos rasos.



Carpa de insuflación de paredes: esta carpa protege al cliente y a sus pertenencias del aislante y el polvo de la pintura.

4. Colocar burletes en las puertas, repararlas o reemplazarlas.
5. Encristalar ventanas, colocar burletes en ellas o reemplazarlas.

Cuando realice las actividades mencionadas, tome las precauciones siguientes:

1. cierre el área de trabajo con una lámina de plástico continua que vaya desde el piso hasta el cielo raso.
2. Para proteger a los instaladores de la inhalación de polvo, utilice el equipo de protección personal adecuado, como respiradores probados, monos de trabajo, etc.
3. Limite el área de trabajo dentro de la casa a la menor área del piso posible. Selle esta área cuidadosamente con barreras que vayan del piso al cielo raso y que estén hechas de láminas de plástico desechables, selladas en el piso y el cielo raso con postes tipo ZipPole o cinta adhesiva.
4. Cubra los muebles y la alfombra del área de trabajo con láminas de plástico desechables.
5. Rocíe agua sobre las superficies pintadas para mantener el polvo fuera del aire cuando perfore, corte o raspe las superficies pintadas.

6. Utilice un sistema de contención del polvo con una aspiradora con filtro HEPA cuando perfore agujeros en el interior.
7. Limpie a medida que se realice el trabajo. Aspire las áreas afectadas con una aspiradora con filtro HEPA y pase un trapeador húmedo por estas superficies a diario. No utilice las herramientas de limpieza del cliente. No deje que el cliente tenga que limpiar el polvo de plomo.



Perforación con uso seguro del plomo: el uso de un taladro con cubierta y una aspiradora con filtro HEPA elimina el polvo donde se genera.

8. Evite llevarse el polvo de plomo a casa al no contaminar la ropa, los zapatos ni las herramientas. Utilice cubrebotas mientras esté en el área de trabajo y quíteselas para evitar arrastrar residuos del área de trabajo a otras partes de la casa. Utilice monos desechables o aspire los monos de tela con una aspiradora con filtro HEPA antes de dejar el área de trabajo.
9. Lávese bien las manos y la cara antes de comer, beber o dejar de trabajar.
10. Mantenga al cliente y a los animales domésticos alejados del área de trabajo.

5.6 Amianto

Las fibras de amianto en el aire pueden ser peligrosas, incluso cuando no se las puede ver a simple vista. La exposición al amianto puede provocar una serie de problemas de salud que incluyen, entre otros, los siguientes:

1. Cáncer de pulmón.
2. Mesotelioma, una forma rara de cáncer que se encuentra en el fino revestimiento

del pulmón, el pecho, el abdomen y el corazón.

3. Asbestosis, una enfermedad pulmonar grave progresiva y de larga duración, no cancerosa.

Los síntomas de la enfermedad pueden tardar muchos años, o décadas, en presentarse luego de la exposición al amianto. Ser fumador aumenta en gran medida las probabilidades de que la exposición al amianto provoque la enfermedad.

Según el Departamento de Servicios de Salud de Wisconsin, los trabajadores pueden suponer que el amianto no está presente en la madera, el metal, el vidrio y la fibra de vidrio. Se debe suponer que todos los demás materiales del edificio contienen amianto, a menos que se demuestre lo contrario mediante un muestreo a granel llevado a cabo por un inspector de amianto certificado y mediante un análisis realizado por un laboratorio acreditado. El amianto que puede estar mezclado con el aislante de vermiculita es la única excepción. Actualmente, no hay ningún método de prueba aprobado por la EPA que demuestre la presencia o ausencia de amianto mezclado con el aislante de vermiculita. Por tanto, los trabajadores de la climatización siempre deben suponer que el amianto está mezclado con todos los aislantes de vermiculita.

Consulte el Manual del programa de climatización de Wisconsin para conocer las políticas integrales sobre el amianto.

5.7 Seguridad eléctrica

Siga estos pasos para garantizar la seguridad eléctrica en las casas:

1. Confirme que los áticos no tengan cables expuestos. Todos los empalmes y las conexiones deben estar en cajas de conexión.
2. Instale tapas en las cajas de conexión abiertas del ático o en cualquier otro lugar del edificio si hay un peligro inminente para los trabajadores o el cliente.
3. Marque con indicadores todas las cajas de conexión del ático que vayan a quedar ocultas por el aislante.
4. No aisle las cavidades de las paredes que contengan el cableado con corriente de la perilla y el tubo. Elimine el cableado con corriente de la perilla y el tubo siempre que sea posible.
5. Si no se vuelve a conectar el cableado de la perilla y el tubo como parte del trabajo, aisle el cableado con corriente en los áticos al construir una barricada alrededor del mismo. Hay varios materiales que funcionan bien como las barricadas: Las lanas de fibra de vidrio R-30 sin revestimiento, los tubos de hormigón u otros materiales aceptados por la industria. Mantenga los materiales de la barricada a, al menos, 3 pulgadas de distancia del cableado con corriente de la perilla y el tubo.



Cableado de la perilla y el tubo: antes de aislar alrededor del cableado de la perilla y el tubo, se deben instalar barreras para mantener el aislante a un mínimo de 3 pulgadas de los cables.

6. Inspeccione el cableado, los fusibles y los disyuntores para confirmar que el cableado no esté sobrecargado. Instale fusibles de tipo S donde corresponda para evitar la sobrecarga del circuito. El amperaje máximo de los fusibles o disyuntores para cables de calibre 14 es de 15 amperios y 20 amperios para cables de calibre 12.



Fusible tipo S: un fusible tipo S impide que el cliente sobredimensione el fusible y sobrecargue un circuito eléctrico.

5.8 Seguridad de los aparatos de combustión y de la distribución de combustible

Determinar la seguridad de los aparatos de combustión y la distribución de combustible dentro de una vivienda es fundamental para garantizar la seguridad de los ocupantes. Verificar que los sistemas de ventilación para la seguridad de la combustión funcionen de manera segura y eliminen eficazmente todos los productos derivados de la combustión es una parte esencial de la confirmación de la calidad del aire interior. Los combustibles fósiles pueden afectar a la calidad del aire interior y pueden constituir un peligro de explosión cuando hay fugas de combustible dentro de la vivienda.



Detector de gases combustibles: estos detectores electrónicos de gas combustible son una forma conveniente de encontrar fugas de gas.

5.8.1 Inspección de las tuberías de gas

Las fugas del sistema de tuberías de gas natural y GLP pueden localizarse con un detector electrónico de gases combustibles (Combustible Gas Detector, CGD), a menudo denominado "olfateador de gas". El equipo CGD debe tener las características siguientes:

1. Debe estar clasificado según la norma UL 913 como intrínsecamente seguro o equivalente.
2. Debe tener una tasa de actualización variable o un tono cambiante para niveles de concentración variables.
3. Debe tener una pantalla digital del porcentaje del Límite inferior de explosividad (Lower Explosive Limit, LEL) o proporcionar una alarma cuando se supera el 10 % del LEL.
4. Debe tener la capacidad para poner a cero las condiciones ambientales.

Entorno seguro: distribución de combustible

Al entrar a un edificio, el auditor y el inspector tomarán una muestra del aire ambiente con el CGD en, al menos, un lugar por piso del espacio ocupado. Si algún lugar supera el 10 % del LEL, el auditor o inspector informarán a los ocupantes y aconsejarán la evacuación del edificio.

Se notificará a los servicios de emergencia o al proveedor de gas desde el exterior del edificio.

Una vez finalizada la climatización de una vivienda, el inspector tomará una muestra del aire ambiente con un CGD en, al menos, un lugar por piso del espacio ocupado, para confirmar que no haya fugas de gas en la casa.

Detección de fugas de gas

Un CGD encontrará todas las fugas de gas significativas si se lo utiliza correctamente. Los sistemas de distribución o tuberías de gas natural y GLP pueden tener fugas en las juntas y válvulas. El gas natural es más liviano que el aire y sube por una fuga, mientras que el GLP es más pesado que el aire y se hunde por una fuga.

Compruebe si hay fugas de gas siguiendo estos pasos:

1. Con un CGD, inspeccione todas las tuberías desde el medidor o el tanque hasta todos los aparatos conectados al comprobar toda la longitud de las tuberías, la circunferencia de todas las válvulas y las juntas a un ritmo de 1 pulgada por segundo. También se inspeccionarán las conexiones a todos los aparatos de gas. Coloque el CGD sobre las tuberías y juntas para el gas natural, y por debajo de ellas para el gas GLP.
2. Si se identifica una fuga con el CGD, verifíquela con una solución de detección de fugas no corrosiva diseñada para encontrar fugas de gas. Marque todas las fugas confirmadas con cinta de señalización o un producto equivalente.
3. Reemplace los conectores flexibles de gas doblados o corroídos.
4. Repare todas las fugas de gas verificadas. No se permiten fugas de gas en el edificio, ni del lado del cliente del medidor ni del tanque de propano al finalizar el trabajo de climatización.

5.8.2 Monitoreo del CO en el ambiente

Los auditores e inspectores monitorean el CO del ambiente durante las evaluaciones y las pruebas de seguridad de la combustión para garantizar un entorno seguro.

Monitoreo del CO del ambiente durante las evaluaciones e inspecciones del edificio

En todo momento, mientras se evalúa el edificio, los auditores e inspectores utilizarán un monitor designado de CO del ambiente. Las mediciones de CO se llevarán a cabo en todos los espacios ocupados del edificio.

Si el nivel de CO del ambiente es de **70 ppm o más**, el auditor o inspector detendrán la auditoría o inspección, notificarán a los ocupantes la necesidad de evacuar inmediatamente el edificio, y abandonarán el edificio y llamarán a los servicios de emergencia desde el exterior.

Si el nivel de CO del ambiente está en el **rango de 36 a 69 ppm**, apague los aparatos que puedan estar generando CO, abra las ventanas o puertas, e informe a los ocupantes que se detectaron niveles elevados de CO.

Si el nivel de CO del ambiente está en el **rango de 9 a 35 ppm**, apague los aparatos que puedan estar generando CO, informe a los ocupantes que se detectaron niveles elevados de CO y recomiende que se abran las ventanas o las puertas.

Monitoreo del CO del ambiente durante la prueba de los aparatos

Además, se monitoreará el CO del ambiente mientras se realizan las pruebas de seguridad de la combustión definidas en la *Sección 5.8.3*, o mientras se prueba un horno o cocina a gas. Si los niveles de CO del ambiente superan las 35 ppm, se debe interrumpir inmediatamente la prueba, apagar el aparato y abrir las ventanas o puertas para diluir los niveles de CO del aire ambiente.

5.8.3 Inspección de seguridad de los aparatos de combustión

Tome mediciones de CO y lleve a cabo las evaluaciones de escape de gases en aparatos de tiro natural equipados con un regulador de tiro barométrico y en todos los aparatos de gas de categoría I conectados a un sistema de ventilación de tiro natural. Las mediciones de CO se llevarán a cabo en hornos de gas y equipos de combustión de ventilación directa. No es necesario realizar pruebas de despresurización en las CAZ sin aparatos que estén sujetos a una evaluación de escape de gases, excepto en el caso de los sistemas de calefacción a leña (consulte la *Sección 5.10*). Cuando se reemplacen los aparatos durante el proceso de climatización, los requisitos de las pruebas pueden cambiar.

Preparación del edificio

1. Durante la preparación para la prueba, coloque todos los equipos de combustión dentro de la Zona de aparatos de combustión (Combustion Appliance Zone, CAZ) en modo de espera. Apague todas las unidades de acondicionamiento de aire. Las aberturas de aire de combustión hacia el exterior deberán estar abiertas.
2. Asegúrese de que toda la leña encendida esté completamente apagada y que no haya carbones calientes. Cierre todos los reguladores de tiro o las puertas de los hogares de las chimeneas.
3. Cierre todas las puertas y ventanas exteriores del edificio. Cierre todas las puertas de la CAZ.
4. Cierre todas las puertas interiores a las habitaciones que NO tengan aire de retorno.
5. Deje abiertas las puertas a las habitaciones que tengan un extractor de aire.
6. Apague todos los equipos mecánicos de ventilación y escape.

Máxima despresurización posible

Siga los pasos que se indican a continuación para colocar la CAZ bajo la Máxima despresurización posible (Greatest Depressurization Achievable, GDA). Las evaluaciones posteriores de escape de gases y las mediciones de CO se llevarán a cabo mientras la CAZ esté bajo la GDA. Despliegue una manguera hacia el exterior desde la llave de referencia de un medidor digital para medir la presión. Si el medidor no se encuentra en la CAZ, se debe tender una manguera desde la llave de entrada hasta la CAZ.

1. **Despresurización de la línea de base:** mida y registre el diferencial de presión de la línea de base o delta P (ΔP) entre la CAZ y el exterior.
Si la medición de la línea de base parece poco razonable, asegúrese de que la manguera de presión que se dirige al exterior no esté oprimida.
2. **Encendido de los aparatos de escape:** encienda todos los aparatos de escape (incluya cualquier aparato de gas con ventilación indirecta de categoría III o IV y

excluya la ventilación de toda la casa) del edificio y registre la ΔP entre la CAZ y el exterior.

Un diferencial de presión más negativo que la lectura del paso 1 suele indicar que los extractores de aire despresurizaron la CAZ. Los efectos de la presión causados por los aparatos de escape serán evaluados y corregidos cuando el impacto pueda ser perjudicial para el cliente o el edificio.

3. **Encendido de la unidad de acondicionamiento de aire:** encienda la unidad de calefacción central o la unidad de acondicionamiento de aire del aire acondicionado central y registre la ΔP entre la CAZ y el exterior. A continuación, se muestran las opciones para encender una unidad de acondicionamiento de aire.
 - a. En el termostato, utilice la opción de "Fan On" (encender el ventilador) para poner en marcha la unidad de acondicionamiento de aire.
 - b. Encienda la unidad de calefacción central de aire forzado y déjela funcionar hasta que la unidad de acondicionamiento de aire se ponga en marcha.
 - c. Utilice un puente de los cables R y G del termostato para crear el circuito de "Fan On".
 - i. Cuando la unidad de calefacción de aire forzado se ventila comúnmente con otro aparato, este paso puede omitirse si no se dispone de una opción de solo ventilador y el probador no está cómodo con el puente entre R y G.

Si la ΔP se volvió más negativa que en el paso 2, esto suele significar que los conductos de retorno con fugas de la CAZ o las fugas de suministro de un ático despresurizaron la CAZ. Por el contrario, una ΔP más positiva suele significar que los conductos de suministro con fugas de la CAZ o las fugas de retorno de un ático presurizaron la CAZ. Si la unidad de acondicionamiento de aire presuriza la CAZ, apáguela antes de continuar con el paso 4.

4. **Apertura de la puerta a la CAZ:** abra la puerta a la CAZ y registre la ΔP entre la CAZ y el exterior.

Si la diferencia de presión es más negativa que en el paso 3, deje la puerta de la CAZ abierta. Esto puede significar que los extractores están despresurizando la CAZ. Si la diferencia de presión es más positiva, cierre la puerta de la CAZ.

Evaluación de escape de gases y medición del CO

Identifique las condiciones en las que se consiguió la mayor despresurización y configure el edificio para que coincida con ello. Por ejemplo, los extractores de aire encendidos, la unidad de acondicionamiento de aire encendida y la puerta de la CAZ abierta. NOTA: Si encendió la unidad de acondicionamiento de aire al hacer funcionar la unidad de calefacción central, es posible que no pueda probar con la unidad de acondicionamiento de aire en marcha un calentador de agua conectado a un sistema de ventilación natural compartido sin que la unidad de calefacción central esté funcionando.

En el caso de los calentadores de agua doméstica o los aparatos conectados a un **sistema de ventilación caliente**, el escape de gases se evaluará transcurridos 2 minutos del funcionamiento del quemador principal. La medición del CO de los gases de combustión sin diluir se hará transcurridos 5 minutos del funcionamiento del quemador

principal. Compare las mediciones del CO con los límites de CO aceptables (consulte la *Tabla 5-2*) y tome medidas correctivas según sea necesario.

NOTA: Si hizo funcionar la unidad de calefacción central en el paso 3 para poner en marcha la unidad de acondicionamiento de aire y, si está conectada a un sistema de ventilación de tiro natural, estará caliente.

En los aparatos conectados a un **sistema de ventilación fría**, el escape de gases y las mediciones de CO se evaluarán transcurridos 5 minutos del funcionamiento del quemador principal. Compare las mediciones del CO con los límites de CO aceptables (consulte la *Tabla 5-2*) y tome medidas correctivas según sea necesario.

En el caso de los aparatos de combustión que **comparten una chimenea o un sistema de ventilación**, las pruebas se completan en orden, desde el menor valor de entrada de BTUh hasta el mayor valor de entrada de BTUh. Complete las pruebas del aparato en BTUh más pequeño siguiendo el procedimiento para un sistema de ventilación frío o caliente, según corresponda para el estado del sistema. Una vez completadas las mediciones de CO y de escape de gases, ponga en funcionamiento el siguiente aparato de combustión en BTUh de mayor tamaño mientras el primer aparato sigue encendido. Después de 2 minutos de funcionamiento, compruebe el escape de gases del primer aparato e, inmediatamente después, compruebe el escape de gases del segundo aparato. Mida el CO del segundo aparato después de 5 minutos de funcionamiento. Compare las mediciones del CO con los límites de CO aceptables (consulte la *Tabla 5-2*) y tome medidas correctivas según sea necesario.

En el caso de los **aparatos de ventilación eléctrica y directa**, la medición del CO de los gases de combustión sin diluir se realizará transcurridos 5 minutos del funcionamiento del quemador principal. Compare las mediciones del CO con los límites de CO aceptables (consulte la *Tabla 5-2*) y tome medidas correctivas según sea necesario.

Acciones correctivas en caso de escape de gases

Cuando se identifica un escape de gases, se recomienda tomar medidas correctivas sobre la base de las condiciones que causan la GDA. Para verificar que el escape de gases no sea causado por un sistema de ventilación que no cumpla con el código, compruebe que no haya escapes de gases en las condiciones de línea de base.

- Si el escape de gases ocurre en condiciones de línea de base o naturales, corrija el sistema de ventilación para que cumpla con el código.
- Si la GDA es causada por el funcionamiento de la unidad de acondicionamiento de aire, evalúe el sistema de distribución de aire forzado y complete el sellado de los conductos según sea necesario. Si la GDA ocurre con la puerta de la CAZ cerrada, evalúe el sistema de distribución de aire forzado y aumente la cantidad de aire de retorno, si fuera posible.
- Si la GDA es ocasionada por los altos índices del flujo de escape, considere reducir los índices de flujo de escape o instalar un aire de reposición. Si ninguna de las dos opciones es aceptable, considere reemplazar el aparato con escape de gases.

Acciones correctivas para el CO

Si el CO medido supera los umbrales indicados en los límites de CO aceptables (consulte la *Tabla 5-2*), realice el mantenimiento del aparato para reducir la producción de CO o

considere reemplazarlo.

Tabla 5-2: Límites de CO aceptables

| Umbrales de CO para aparatos de combustión a combustible | |
|---|---|
| Aparato | Límite del umbral |
| Unidad de calefacción central (todas las categorías) | 400 ppm sin aire |
| Caldera | 400 ppm sin aire |
| Unidad de calefacción central del piso | 400 ppm sin aire |
| Unidad de calefacción central de gravedad | 400 ppm sin aire |
| Unidad de calefacción central de pared (BIV) | 200 ppm sin aire |
| Unidad de calefacción central de pared (ventilación directa) | 400 ppm sin aire |
| Calefactor de habitación* | 200 ppm sin aire |
| Calentador de agua | 200 ppm sin aire |
| Secadora de ropa | 400 ppm sin aire |
| Hogar de chimenea de leña a gas | 25 ppm según lo medido en la ventilación |
| Leña a gas (en chimenea de leña) | 400 ppm sin aire en la cámara de combustión |
| Parrilla/horno a gas | 225 ppm según lo medido |

**Los calefactores sin ventilación no pueden permanecer en los edificios ya climatizados.*

Quemadores de la cocina

Inspeccione los quemadores de la cocina antes de comprobar los niveles de monóxido de carbono de los hornos. Los quemadores de las cocinas sucias o desalineadas pueden generar un exceso de CO. Los quemadores o las rejillas de la cocina que estén dañadas, o los revestimientos de los quemadores que sean de aluminio y que interfieran con el patrón de la llama, pueden hacer que el quemador genere una llama amarilla o naranja. En este caso, es probable que el quemador genere altos volúmenes de monóxido de carbono. Si se observa cualquiera de estas condiciones, aconseje a los ocupantes que la cocina sea limpiada o reparada por un profesional calificado para reducir la generación de CO.

Prueba de los hornos a gas

Mientras el horno está apagado, realice una inspección visual.

1. Compruebe que no haya una obstrucción de aire en la parte inferior del horno ni del cajón asador y elimine cualquier obstrucción.
2. Retire cualquier artículo almacenado en el horno y cualquier cubierta de aluminio que pueda obstruir la ventilación de aire.

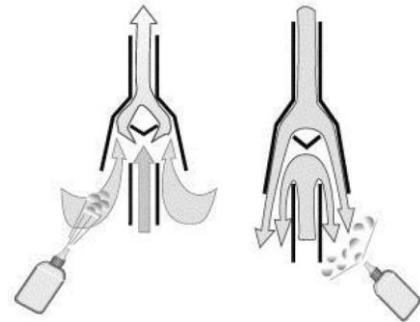
3. Inspeccione la limpieza del horno. Las pruebas pueden verse afectadas por un horno sucio. Aconseje a los ocupantes que limpien el horno para reducir la generación de CO.

Encienda el horno a una temperatura de 500 °F. NO lo suba al ajuste más alto, al ajuste de asado o al ajuste de autolimpieza. Después de 5 minutos de funcionamiento, inserte la sonda de prueba en el agujero del conducto de escape del horno y mida el CO sin diluir. Registre el nivel de CO estabilizado “según lo medido”. Aconseje al ocupante o propietario que hagan revisar el horno por un profesional calificado si la medición es superior a 225 ppm, según lo medido.

5.9 Medición del tiro natural

No es necesario medir el tiro de los aparatos a gas, pero puede ser una prueba útil para confirmar si hay un escape o para evaluar la resistencia del sistema de ventilación. El tiro se mide en pulgadas de columna de agua (IWC) o pascales (Pa). Es necesario medir el aire secundario para los aparatos a combustible y no debe exceder las especificaciones del fabricante (normalmente 0.02 IWC o 5 Pa). Se puede reducir un exceso de aire secundario al ajustar el regulador de tiro barométrico.

El tiro natural se produce por la diferencia de peso entre una columna de gases de combustión dentro de una chimenea o conducto de ventilación y una columna correspondiente de aire de igual dimensión fuera de la chimenea o el conducto de ventilación. El tiro natural crea una presión negativa en la chimenea o el conducto de ventilación con respecto al interior. La fuerza de este tiro (diferencia de peso) viene determinada por la altura del conducto de ventilación, su sección transversal y la diferencia de temperatura entre la columna de gases de combustión y la columna de aire. El tiro natural medido en un sistema de ventilación siempre debe ser negativo con respecto al interior. Una lectura positiva indica que hay un escape de los gases de combustión en la



Aspiración

(sin escape de gases)

Escape de gases

Escape de gases: un comprobador de humos ayuda a determinar si hay escapes de gases durante el funcionamiento del aparato.

zona de aparatos de combustión (CAZ). Una CAZ es cualquier lugar de un edificio en el que se encuentren los aparatos de combustión, con mayor frecuencia el sótano en Wisconsin.

Los sistemas de ventilación transportan los gases de combustión mediante el uso del calor de la llama y la flotabilidad de los gases. Los aparatos a gas de tiro natural y asistidos por ventilador están diseñados para funcionar con un tiro natural de alrededor de 0.02 IWC negativo o -5 Pa. Los sistemas de ventilación altos situados en el interior suelen producir corrientes de aire más fuertes, mientras que los sistemas de ventilación cortos o exteriores producen corrientes de aire más débiles. El viento y las presiones de la casa pueden tener un gran impacto en el tiro natural de los sistemas de ventilación. La despresurización puede causar el escape de gases de combustión en la CAZ.

Los aparatos de tiro natural conectados a las chimeneas o las ventilaciones requieren de un desviador de tiro para diluir los gases de combustión y limitar la temperatura de la chimenea, evitar que el tiro sea demasiado fuerte y evitar que las ráfagas de viento interfieran con el quemador del aparato.

Los aparatos asistidos por ventilador utilizan un pequeño ventilador cerca del escape de su intercambiador de calor. Este ventilador arrastra los productos de la combustión a través del intercambiador de calor, pero tiene poco o ningún efecto sobre el tiro de las chimeneas. Una chimenea de tiro natural que funcione mal puede permitir que los gases de combustión se filtren en la CAZ.

Los aparatos de mayor eficiencia, incluidos los sistemas de calefacción de combustión sellada y los calentadores de agua de ventilación eléctrica, utilizan un tiro mecánico. Este tiro mecánico es generado por un ventilador. Cuando el ventilador está ubicado de manera tal que empuja los gases de combustión a través del sistema de ventilación, el tiro es forzado. Cuando el ventilador está ubicado de manera tal que aspira los gases de combustión a través del sistema de ventilación, el tiro es inducido. Una presión positiva en el sistema de ventilación con respecto al interior se crea por el tiro mecánico después del ventilador. El sistema de ventilación debe ser hermético después del ventilador. De lo contrario, la presión positiva en el interior del sistema de ventilación forzaría los gases de combustión hacia la CAZ. El tiro mecánico creado es lo suficientemente fuerte como para resistir la influencia de la mayoría de las presiones interiores y exteriores.

Antes de realizar la prueba, inspeccione el sistema de ventilación de la combustión en busca de daños, fugas, desconexiones, pendientes inadecuadas y otros riesgos para la seguridad.

5.10 Guía de despresurización

Reste la lectura de la línea de base de la mayor lectura negativa (o la menor positiva) si se midió y registró manualmente la línea de base para obtener la máxima despresurización posible (GDA). Si se utilizó la función de línea de base automática, registre la mayor lectura negativa (o la menor positiva). Compare el valor de la GDA con los de la tabla 5.5. Si la GDA es mayor que el valor máximo indicado, la posibilidad de que se produzca un escape es mayor. En el caso de los hogares de chimeneas o aparatos de combustión a leña, considere utilizar aire de reposición o aire de combustión específico cuando la GDA supere los -5 Pa.

Tabla 5-5: Directrices sobre la despresurización para las zonas de aparatos de combustión

| Aparatos y sistemas de ventilación | Despresurización máxima (pascales) |
|---|------------------------------------|
| Calentador de agua de tiro natural huérfano (sistema de ventilación sobredimensionado). <i>Nota: Chimenea revestida con arcilla u otro tipo de revestimiento, pero aún sobredimensionada.</i> | -2 |
| Calentador de agua de tiro natural y sistema de calefacción de tiro natural con ventilación común | -3 |
| Calentador de agua de tiro natural autónomo (sistema de ventilación de tamaño adecuado) | -5 |
| Cocina o sistema de calefacción de tiro natural (incluidos los sistemas de combustión a leña) | -5 |
| Calentador de agua de tiro natural y sistema de calefacción asistido por ventilador (ventilador dentro del armario de la unidad de calefacción) con ventilación común | -5 |
| Calentador de agua de tiro natural y sistema de calefacción de tiro inducido | -5 |

| | |
|---|-----|
| (ventilador en el punto de salida en la pared) con ventilación común | |
| Sistema de calefacción de tiro inducido (ventilador en el punto de salida en la pared) | -15 |
| Calentador de agua con ventilación eléctrica y sistema de calefacción de combustión sellada | -25 |
| La Directriz de despresurización máxima (Maximum Depressurization Guideline, MDG) es la MDG más restrictiva en la zona de aparatos de combustión (CAZ). | |

5.10.1 Sistemas de aire de reposición

El aire de reposición puede ser una opción cuando la zona de aparatos de combustión está excesivamente presurizada o despresurizada y el aparato no pasa el tiro del peor caso. Utilice las directrices indicadas en la *Tabla 5-5: Directrices sobre la despresurización* para determinar las presiones aceptables.

Agregue aire de reposición igual al 40 % de la ventilación de escape total. Multiplique el total de CFM de escape (tanto continuo como intermitente) por el 40 % (0.40) para determinar la cantidad de aire de reposición necesaria (CFM).

Los sistemas de aire de reposición proporcionan aire de suministro mediante ventiladores o redes de conductos que introducen el aire exterior a la casa. A veces, estos sistemas están interconectados eléctricamente con extractores en otras partes de la casa, de manera tal que ambos ventiladores funcionan al mismo tiempo. Esto protege contra la despresurización causada por los grandes extractores, como las campanas extractoras de gran tamaño. El equilibrio de los dos flujos de aire puede lograrse mediante reguladores de tiro de equilibrio presentes en el conducto de aire fresco. Si están bien equilibrados, estos sistemas pueden generar presiones en la casa más cercanas a la neutra que los sistemas de solo extracción o de solo suministro. Siga los requisitos del fabricante para la temperatura del aire mezclado y la ubicación de la entrada de aire fresco si conecta el conducto de aire de reposición al lado de retorno de una unidad de calefacción central de aire forzado.

Cuando se instale el aire de reposición, etiquete el accesorio de entrada como “entrada de aire de ventilación” y eduque al cliente para que mantenga los residuos del jardín y otros contaminantes lejos de la entrada.

5.11 Reemplazo de calentadores de agua

Ocasionalmente, los calentadores de agua deben ser reemplazados por razones de salud y seguridad. Para obtener información sobre los procedimientos de instalación de los reemplazos, consulte el *Reemplazo de calentadores de agua en el Capítulo 4, Sección 4.1*. Estos motivos pueden incluir, entre otros, los siguientes:

1. El calentador de agua tiene una contracorriente o un derrame. Consulte la *Mejora del tiro inadecuado en el Capítulo 3, Sección 3.13.1* para obtener orientación sobre cómo solucionar estos problemas.
2. El armazón del tanque de almacenamiento tiene una fuga activa y no se puede reparar.
3. El desprendimiento severo de la llama que no puede ser reparado.
4. La medición de monóxido de carbono por encima de 200 ppm sin aire que no puede ser reparada.

5.12 Ventilación mecánica

La ventilación es una consideración importante para la salud y la seguridad en las casas climatizadas en Wisconsin. Muchas casas tienen una hermeticidad medida por la puerta sopladora y características de construcción que requieren de la ventilación mecánica como medio para mantener la calidad del aire interior a un nivel seguro.

El cliente puede rechazar la instalación de la ventilación en su casa. Todo cliente que rechace la instalación de la ventilación debe firmar el *Rechazo de ventilación: exención de responsabilidad, indemnización y renuncia a reclamaciones*, que está disponible a través del enlace al principio del Capítulo 5.

El rechazo de la ventilación no constituye un rechazo de una medida importante. Debe entregarse al cliente una copia original de la renuncia y se debe conservar una copia en el archivo del cliente.

5.12.1 Elección de los sistemas de ventilación

Los sistemas de ventilación deben adaptarse a la casa. Una casa puede necesitar solo extractores simples en los baños o la cocina para proporcionar una ventilación adecuada. Las casas muy herméticas pueden requerir de un sistema de ventilación equilibrado con conductos centralizados.

Cuando se instalan sistemas de ventilación por conductos en las casas con sistemas de enfriamiento o calefacción por aire forzado, las redes de conductos se pueden compartir en una instalación de extracción simplificada o por conductos. Aunque estos enfoques híbridos pueden ahorrar parte del costo inicial, estos sistemas son más complicados, requieren de un enclavamiento con el ventilador de la unidad de calefacción central y son propensos a los desequilibrios de presión. Instale sistemas completamente canalizados siempre que sea posible.

En climas fríos, los ventiladores de recuperación de calor (Heat-Recovery Ventilators, HRV) o los ventiladores de recuperación de energía (Energy-Recovery Ventilators, ERV) pueden compensar parte de la pérdida de calor del aire extraído. El ahorro en la recuperación de calor será mayor cuando las temperaturas invernales sean las más bajas.

5.12.2 Dimensionamiento de los sistemas de ventilación

Los sistemas de ventilación de todo el edificio se dimensionan según el tamaño de la casa y la cantidad de ocupantes, como se describe en la norma ASHRAE 62.2. Utilice el Libro de diagnóstico para determinar si es necesaria la ventilación de todo el edificio. Nota: La ventilación existente se puede modificar para proporcionar una ventilación continua o intermitente en la cantidad requerida, según la integridad de la instalación existente.

5.12.3 Extractores de aire locales

La norma ASHRAE 62.2 sobre la calidad aceptable del aire interior establece un índice de flujo continuo opcional o a demanda para la extracción local en baños y cocinas. Para las casas existentes, hay una vía de cumplimiento alternativa que aumenta el índice de flujo de la ventilación de todo el edificio para compensar la falta de extracción local.

Siga estas instrucciones cuando instale los extractores de aire locales para eliminar la humedad y los contaminantes en masa:

1. Coloque los extractores de aire lo más cerca posible de las fuentes de contaminantes o humedad. Por ejemplo, instale los extractores de baño en la regadera o tan cerca como sea posible, e instale los extractores de cocina cerca de la cocina.
2. Instale los extractores de aire lo más cerca posible del espacio calentado, lo cual suele significar contra la superficie del cielo raso.
3. Tenga en cuenta la posición del puerto de escape del nuevo extractor. Coloque los extractores de cielo raso de manera que el puerto de escape quede paralelo a las viguetas del cielo raso y apunte hacia la terminación de escape existente. Si no hay ninguna terminación, la mejor práctica suele ser apuntar el puerto de escape del extractor hacia el centro del ático. Esto facilita la colocación de los conductos de escape.
4. Evite instalar los extractores en cielos rasos abovedados, paredes o desniveles si fuera posible. Estas instalaciones desplazan el aislante y dificultan el evitar los puntos fríos, lo cual favorece a la condensación. Además, estas instalaciones dificultan la canalización del extractor hacia el exterior.

5.12.4 Ventilación de solo extracción de todo el edificio

La norma ASHRAE 62.2 sobre la calidad aceptable del aire interior establece un índice para la ventilación de todo el edificio en función del área del piso y la cantidad de ocupantes. Cuando la ventilación natural no cumple con la totalidad del índice establecido para la ventilación de todo el edificio, se instala la ventilación mecánica. En Wisconsin, el enfoque más común es la ventilación de solo extracción. Los requisitos locales de extracción también pueden cumplirse al aumentar el índice del flujo de la ventilación instalada de todo el edificio.

Siga estas instrucciones para instalar la ventilación de escape de todo el edificio:



Extractor de aire montado en la superficie: los extractores de aire ayudan a la calidad del aire al introducir aire fresco en el edificio mientras eliminan los contaminantes del interior.

1. Instale extractores en los baños o en la cocina cuando sea práctico para reducir el índice total del flujo cuando se siga el cumplimiento alternativo de los requisitos locales de extracción.
2. Los extractores en línea pueden instalarse en una ubicación remota, como el ático o el sótano. Los conductos se pueden instalar en una o dos ubicaciones de entrada y luego, terminar en el exterior. Una opción es utilizar el escape existente del cielo raso como ubicación de entrada después de retirar de la carcasa el ensamble del extractor. Esta opción evita tener que realizar nuevos agujeros en el cielo raso.
3. Instale extractores con controles incorporados o instale un control independiente que permita ajustar el índice del flujo y la frecuencia de funcionamiento según sea necesario. Etiquete todos los controles.
4. Instale un interruptor de servicio o de apagado si no forma parte del control del

extractor. Etiquete todos los controles.

5. Mida el índice del flujo de la ventilación de escape instalada y regístrelo en el Libro de diagnóstico. Registre el índice más alto del flujo en la sección del extractor. Registre el índice continuo o intermitente en la sección de ventilación.
6. Ajuste los controles para proporcionar el índice de flujo requerido de manera continua. Ajuste los controles para la frecuencia de funcionamiento cuando funcione de manera intermitente. El funcionamiento intermitente debe ocurrir, al menos, una vez cada tres horas.
7. Calcule el funcionamiento intermitente al utilizar esta fórmula: flujo requerido/índice del flujo medido x 60. El resultado es la cantidad de minutos por hora que debe funcionar la ventilación. El Libro de diagnóstico ayudará a los instaladores a establecer los controles de funcionamiento.

5.12.5 Conductos del extractor de aire

Descargue los conductos de los extractores de aire al exterior y no a un ático, un espacio debajo del piso ni un garaje, donde pueden acumularse la humedad y los contaminantes. Canalice los extractores de aire al exterior de la manera siguiente:

1. Utilice material flexible o rígido para conductos.
2. Asegúrese de que haya un regulador de contracorriente. El regulador de tiro puede formar parte de la campana de terminación, puede estar integrado a la unidad del extractor o puede instalarse por separado en el conducto de escape.
3. Cuando sea posible, comience a tender el conducto conectando una sección de uno o dos pies de conducto rígido recto hacia el puerto de escape del extractor, con el fin de mejorar el flujo de aire.
4. Evite instalar los codos en ángulos de 90 grados, ya que esto puede reducir el flujo de aire. En su lugar, instale los codos en un ángulo tan gradual y suave como sea razonable.
5. Haga los tramos de conductos tan cortos como resulte práctico. Evite los tramos largos de conductos, sobre todo si se encuentran por encima del aislante o en posición horizontal.
6. Fije el material de los conductos al puerto de escape del extractor y a la campana de terminación.
7. Selle todas las uniones del tramo de conductos de escape, incluso en el extractor y la terminación.
8. Aísle los conductos con un mínimo de R-8 en los espacios sin calefacción. Asegúrese de que el aislante esté asegurado y proporcione una cobertura continua.
9. En las viviendas multifamiliares, para una ventilación continua, se pueden combinar varios extractores de aire en una “caja colectora” y se les puede dar salida con una campana de terminación del tamaño adecuado. En estos casos, asegúrese de que haya un regulador de contracorriente integrado a cada unidad de extractor.
10. Utilice un accesorio de terminación con un manguito integrado. La terminación

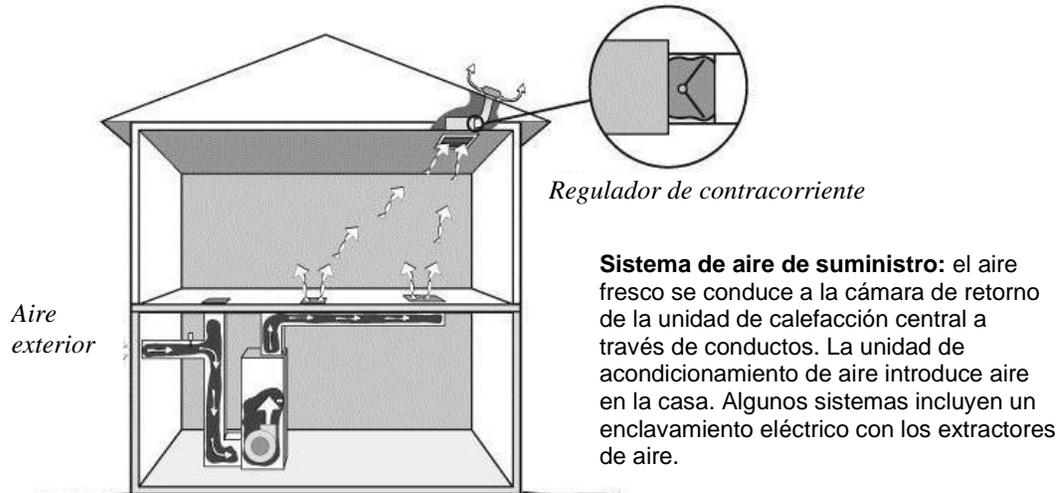
deberá tener un material de pantalla instalado, de manera que no impida el funcionamiento del regulador ni restrinja el flujo de aire.

11. Instale las campanas de terminación hacia el exterior y no hacia una zona aislada, como un ático, un espacio debajo del piso o un garaje, donde pueden acumularse la humedad y los contaminantes.
12. Una terminación debe instalarse a un mínimo de 3 pies de distancia de cualquier línea de la propiedad, un mínimo de 3 pies de distancia de las aberturas operables de las casas, un mínimo de 10 pies de distancia de las entradas mecánicas o según lo requiera la autoridad que tenga jurisdicción.
13. Instale la mitad superior de las tapas del techo debajo de las tejas para evitar que el agua de lluvia se filtre al ático. Utilice fijaciones galvanizadas o de acero inoxidable y use cemento para techos para sellar cualquier punto de fuga.
14. Se utilizará acero galvanizado, acero inoxidable o cobre para los accesorios de terminación de los extractores de aire de cocina.

5.12.6 Sistemas de ventilación de suministro

Los sistemas de ventilación de suministro introducen aire fresco en la casa y no incluyen la recuperación del calor. Suelen instalarse junto con los sistemas de enfriamiento o calefacción por aire forzado. Incurren en una penalización energética, ya que el aire no acondicionado se introduce en la casa. En este caso, y en cualquier otra instalación que utilice el sistema de aire forzado, es fundamental seguir los requisitos del fabricante en cuanto a la temperatura del aire mezclado y la ubicación de la conexión de aire fresco. La introducción de aire exterior muy frío directamente en una unidad de calefacción central de aire forzado ocasiona el riesgo de agrietar el intercambiador de calor y anulará la garantía del sistema de calefacción. La temperatura del aire que ingresa al lado de retorno del gabinete de la unidad de calefacción central nunca debe ser inferior a 60 °F para los sistemas con suministro de aire exterior continuo ni a 55 °F con un sistema de aire intermitente. Además, dado que esta modificación podría dar lugar a temperaturas de aire de registro de suministro más frías, el cliente debe comprender y aceptar esta instalación. Los sistemas de suministro simples son difíciles de equilibrar eficazmente, en especial en las casas bien selladas. Los sistemas centrales de ventilación equilibrada suelen ser una mejor opción si se tiene en cuenta la eficiencia general y la necesidad de equilibrar las presiones de la casa.

El tipo más común de ventilación solo de suministro incluye un conducto de aire exterior conectado al retorno principal de un sistema central de enfriamiento o calefacción por aire forzado. El ventilador del sistema HVAC introduce el aire exterior en la cámara, de manera tal que suministra aire de ventilación a la casa junto con el aire calentado o enfriado. No se suministra aire de ventilación, a menos que se necesite de la calefacción o del enfriamiento.



El conducto de aire fresco debe tener instalado un regulador de tiro de equilibrio para poder ajustar el flujo de aire durante la instalación inicial. A veces se instala un regulador de tiro motorizado para cerrar el conducto de aire exterior cuando no se necesita el aire de ventilación.

Los sistemas de ventilación de suministro presurizan la casa, lo cual fuerza la salida del aire interior a través de las aberturas del armazón. Esto puede mantener los contaminantes exteriores, como el monóxido de carbono de los vehículos y los productos químicos para el césped, fuera de la casa, siempre que la entrada de aire fresco extraiga aire de un lugar limpio.

La presión positiva de la casa creada por los sistemas de ventilación de suministro puede forzar la humedad interior en las paredes. Esto puede favorecer la condensación en las cavidades del edificio cuando hace frío. Sin embargo, los niveles moderados de presurización no suelen ser preocupantes si la HR interior se mantiene al 35 % o por debajo de este.

Los sistemas de suministro que introducen aire en el sistema HVAC pueden configurarse para proporcionar aire fresco cuando no funcionan los sistemas de calefacción ni de enfriamiento. En este modo, el ventilador del sistema HVAC puede configurarse para que solo circule aire de ventilación. Este método es más eficiente cuando un ventilador del sistema HVAC de velocidad variable permite el flujo de aire más lento requerido para el funcionamiento de solo ventilación. Los ventiladores del sistema HVAC de una sola velocidad mueven demasiado aire y consumen demasiada energía eléctrica para un funcionamiento continuo eficiente.

5.12.7 Sistemas de ventilación equilibrada

Los sistemas de ventilación equilibrada proporcionan aire fresco medido a través de vías planificadas. De todos los esquemas de ventilación, estos sistemas son los que mejor controlan los contaminantes en el hogar cuando se instalan correctamente. Los sistemas equilibrados mueven cantidades iguales de aire dentro y fuera de la casa. La mayoría de los sistemas equilibrados incorpora ventiladores de recuperación de calor que recuperan parte del calor o la humedad de la corriente de aire de escape. A veces se utilizan cajas de mezcla sencillas para templar el aire entrante al mezclarlo con el aire de escape, pero su costo se aproxima al de los ventiladores de recuperación de calor e incurren en una

penalización energética, ya que el aire acondicionado se pierde en el exterior.

Cuando funcionan correctamente, los sistemas equilibrados reducen muchos de los problemas de seguridad y los daños en el edificio inducidos por la humedad que pueden producirse con la ventilación desequilibrada. Sin embargo, los sistemas equilibrados no están exentos de problemas. Se requiere de un diseño, una instalación y un mantenimiento adecuados para un funcionamiento eficaz.

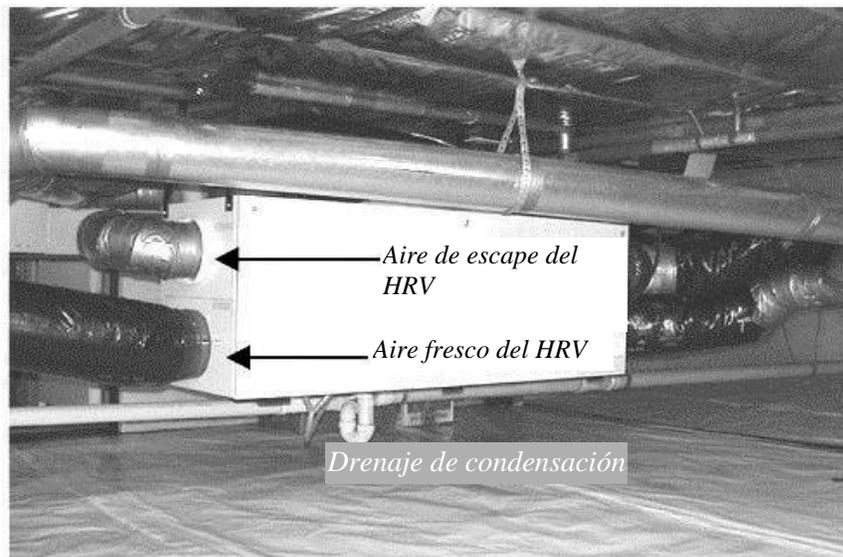
Estos sistemas complicados pueden mejorar la seguridad y el confort de la casa, pero requieren de un mantenimiento regular por parte del cliente y un servicio periódico (preferiblemente a cargo de un profesional experto) para garantizar su buen funcionamiento. Las pruebas y la puesta en marcha son fundamentales tanto en la instalación inicial como en las visitas de servicio periódicas.

Variación 1: sistemas completamente canalizados y equilibrados

Los sistemas centrales de ventilación más eficaces incluyen redes de conductos exclusivos para el suministro y el escape de aire. Todos los conductos del sistema desembocan en un ventilador central, que incluye un núcleo HRV para recuperar el calor.

Los sistemas completamente canalizados se instalan independientemente de otros conductos de aire forzado. Esto proporciona al diseñador un alto nivel de control sobre el flujo de aire y la presión de la casa. Se instalan más fácilmente en las construcciones nuevas y son más difíciles de instalar durante la climatización.

Las redes de conductos de alta calidad son un componente fundamental para el éxito de los sistemas de ventilación. Los conductos deben ser lo suficientemente grandes como para minimizar la presión estática y reducir el ruido y, siempre que sea posible, deben utilizarse conductos de metal duro. Todas las uniones y juntas deben sellarse con masilla o cintas metálicas, u otro material aprobado por la norma UL181. Las rejillas de escape de aire deben instalarse cerca de las fuentes de contaminantes en los baños, las cocinas u otras áreas donde se realicen otras actividades que produzcan contaminantes.

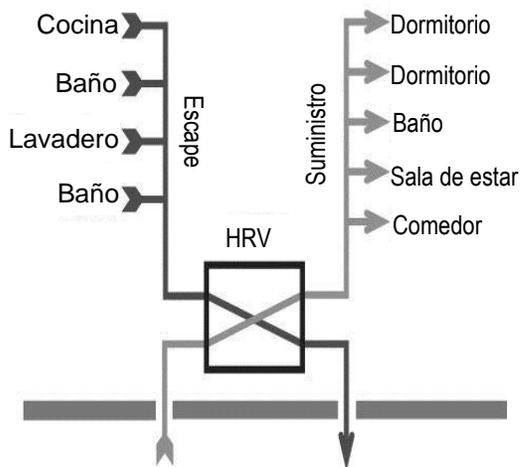


Ventilador de recuperación de calor completamente canalizado: los extractores y los ventiladores de suministro de aire combinados proporcionan un flujo de aire equilibrado. Los conductos de escape exclusivos recogen los contaminantes de los baños y la cocina. Los conductos de suministro llevan el aire fresco a los dormitorios y las áreas de estar centrales. Un núcleo de recuperación de calor reduce la pérdida de energía del aire expulsado.

Variación 2: sistemas equilibrados de escape por conductos

Los sistemas de escape por conductos están conectados a los sistemas centrales de aire forzado. Los conductos exclusivos recogen los contaminantes de los baños y las cocinas. El aire de escape pasa por un núcleo central del HRV antes de ser expulsado al exterior. El aire fresco se introduce a través del núcleo del HRV, recoge el calor extraído del aire expulsado y se introduce en el sistema de aire forzado en la cámara de suministro o de retorno. Siempre siga las instrucciones del fabricante en cuanto a la temperatura del aire mezclado, la ubicación del inserto de aire fresco y la temperatura mínima del aire de retorno.

El flujo de aire debe estar equilibrado en los sistemas de escape por conductos para que las presiones de la casa se mantengan cerca del nivel neutro. En la práctica, esto es más difícil de conseguir que en los sistemas completamente canalizados, debido a la influencia del ventilador de aire forzado. Con flujos de aire típicos de 50-200 CFM, los ventiladores centrales se ven fácilmente sobrepasados por los flujos de aire de 500-1500 CFM de los sistemas de aire forzado. Se necesita un alto nivel de cuidado durante el diseño, la instalación y la puesta en marcha de los sistemas de ventilación de escape por conductos para conseguir los flujos de aire adecuados y alcanzar presiones equilibradas de manera fiable en la casa.



Ventilador central completamente canalizado: los sistemas completamente canalizados son los que mejor recogen los contaminantes. Instalados de manera independiente de los sistemas de calefacción y enfriamiento, los sistemas completamente canalizados funcionan bien en los hogares con calefacción por zócalo radiante hidrónico o eléctrico donde no se instalan conductos.

Variación 3: sistemas equilibrados simplificados

Los sistemas simplificados, o de ventilación por volumen, se conectan a los sistemas centrales de enfriamiento o calefacción por aire forzado. Esta es la opción de conductos menos preferida.

Los sistemas simplificados extraen el aire de escape de la cámara de aire de retorno de aire forzado. Este aire pasa a través del ventilador central que incluye un HRV. La mayor parte del calor de la corriente de aire de escape se transfiere a la corriente de aire de suministro y el aire fresco se reintroduce en el conducto de retorno de aire forzado. Siga siempre las recomendaciones del fabricante para conectar la unidad de acondicionamiento de aire con la entrada de aire fresco. Este sistema requiere de un mantenimiento regular y eficaz por parte del cliente, ya que el sistema fallará si no se siguen los requisitos de mantenimiento.



Núcleo del HRV de polietileno: este intercambiador de calor de contraflujo con placas planas se desliza para quitarlo para su limpieza.

5.12.8 Ventiladores de recuperación de calor

Los ventiladores de recuperación de calor (Heat-Recovery Ventilators, HRV) suelen instalarse junto con los sistemas de ventilación equilibrada de toda la casa. El núcleo del HRV suele ser un intercambiador de calor aire-aire de polietileno o de placas planas de aluminio en el que las corrientes de aire de suministro y de escape pasan una a otra e intercambian calor a través de las placas planas.

5.12.9 Instalación del ventilador de recuperación de calor (HRV) y el ventilador de recuperación de energía (ERV)

Siga las siguientes especificaciones cuando instale un sistema de ventilación equilibrado:

1. Instale el sistema siguiendo las especificaciones del fabricante.
2. Instale un regulador de contracorriente entre el ventilador de recuperación de calor (HRV) o el ventilador de recuperación de energía (ERV) y el exterior.
3. Aísle los conductos instalados fuera de la envoltura térmica a un mínimo de R-8.
4. Selle el hueco entre los registros o las rejillas y la superficie interior.
5. Cuando esté conectado al sistema de calefacción, el aire de escape no deberá salir directamente del sistema de calefacción. Los conductos de suministro deben instalarse lo más cerca posible del ventilador del sistema HVAC.
6. Instruya al cliente sobre cómo y cuándo cambiar el filtro y limpiar la bandeja de drenaje, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

5.12.10 Estrategias de control de la ventilación

Los controles ofrecen la posibilidad de realizar un ajuste fino de los sistemas de ventilación. Los controles permiten al instalador y al cliente elegir cuándo funciona el sistema y cuánto aire mueve.

Los controles también ofrecen la oportunidad de ajustar el rendimiento del sistema a lo largo del tiempo. Se debe advertir al cliente que se debe realizar una revisión periódica del esquema de control, quizás durante las visitas de servicio, para garantizar que el sistema esté proporcionando suficiente aire fresco para el cliente y un control aceptable de la humedad para el edificio.

Coloque los controles en un lugar representativo de una pared interior del piso principal, y a una altura de entre 48 y 60 pulgadas sobre el piso. No los instale en una pared exterior, en un lugar con corrientes de aire, ni bajo la luz directa del sol.

Control manual

Los controles manuales sencillos de encendido y apagado permiten al cliente ventilar según sus necesidades. Estos suelen utilizarse para los extractores de aire de baños y cocinas. Su eficacia depende de la percepción del cliente sobre la calidad del aire.

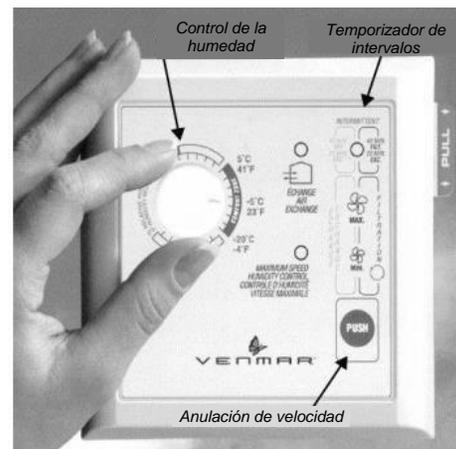
A veces, los controles manuales incluyen temporizadores de cuenta regresiva o de retardo activados por el cliente y funcionan durante un tiempo específico. En las casas no ocupadas por el propietario, o en otras situaciones en las que el cliente entiende y la cooperación es poco probable, los temporizadores de retardo del ventilador pueden funcionar junto con las luces del baño para ofrecer un período determinado de ventilación siempre que se utilicen las luces del baño.

Control de la humedad

Los deshumidistatos hacen funcionar los equipos en función de los niveles de humedad interior. Se utilizan con extractores de aire simples o con equipos de ventilación central. Los deshumidistatos se pueden ajustar para una serie de niveles de humedad y tienen la ventaja de que su funcionamiento es automático, y no requiere de mucho manejo por parte del cliente. Deben ajustarse para mantener la humedad interior lo suficientemente baja como para evitar la condensación en el interior durante el invierno. Esto variará entre el 30 % y el 50 % de HR, dependiendo de la temperatura exterior, la efectividad de las ventanas y el aislante, y otros factores.

Controles combinados

Los sistemas de ventilación central suelen funcionar con una combinación de controles manuales y automáticos. La estrategia más común utiliza un ventilador de varias velocidades que funciona a velocidad baja o media para proporcionar una ventilación continua. Los interruptores de anulación en la cocina y los baños activan el funcionamiento a alta velocidad para proporcionar un funcionamiento intermitente a alta velocidad durante las actividades contaminantes, como cocinar, bañarse o limpiar. El requisito de flujo de aire total especificado por las normas de ventilación se refiere a este funcionamiento de alta



Control central de la combustión: el

velocidad.

sistema puede ser controlado por la humedad, el intervalo de tiempo o manualmente.

Los temporizadores permiten ajustar el funcionamiento a baja velocidad a intervalos variables, como 20 minutos de encendido/40 minutos de apagado por hora, 30 minutos de encendido/30 minutos de apagado, o el tiempo total de ventilación que sea necesario. Este intervalo ajustable proporciona un método efectivo para adaptar la capacidad de ventilación a las necesidades del cliente.

5.13 Ventilación de la secadora

Las secadoras de ropa generan humedad y gases de combustión (si son a gas). Estos problemas se convierten en un peligro para la calidad del aire interior de los hogares si no se ventilan adecuadamente al exterior.

Instruya al cliente sobre el mantenimiento adecuado del conducto de ventilación de la secadora y su terminación. El cliente debe limpiar la terminación de la ventilación exterior con frecuencia. Una o dos veces al año, el cliente debe limpiar el resto del sistema de ventilación de la secadora, incluidos los conductos de ventilación y la conexión entre la secadora y los conductos.

Tenga en cuenta lo siguiente cuando haya una ventilación de la secadora:

1. Si el conducto existente es de metal flexible y está homologado por UL, se lo puede dejar en su sitio si se considera que está en buenas condiciones y sin obstrucciones. Acorte o desvíe los conductos metálicos existentes si fuera necesario. Selle todas las uniones y conexiones con cinta o masilla, teniendo en cuenta que puede ser necesario retirarlas para su mantenimiento.
2. Si el conducto existente es de vinilo, vuelva a ventilar la secadora hacia el exterior con conductos metálicos de calibre 28 con un interior liso aprobados por la norma UL-2158A.
3. Si la terminación de la ventilación está dañada, reemplácela por una nueva.

Siga estas instrucciones al instalar la nueva ventilación de la secadora:

1. Siga la ruta más directa al exterior cuando instale el conducto de la secadora, siempre que sea posible.
2. Utilice materiales con certificación UL para los conductos. La mejor práctica es utilizar conductos metálicos rígidos con una superficie interior lisa que ofrezca menos resistencia al flujo de aire.
3. Instale una terminación exclusiva con una clapeleta o un regulador de contracorriente. La mejor práctica es instalar una campana con celosías (de tres o cuatro clapeletas), ya que estas campanas suelen tener el mayor flujo de aire y son las que mejor evitan la entrada de plagas. La terminación puede no contener una pantalla antiplagas.
4. Ventile todas las secadoras sin ventilación hacia el exterior. No ventile las secadoras en garajes adjuntos, debajo de porches, debajo de cubiertas ni donde la humedad pueda dañar los componentes del edificio.
5. Selle todas las uniones y conexiones con cinta o masilla (debe ser un material con certificación 181B o 181B-M), teniendo en cuenta que puede ser necesario

retirarlas para su mantenimiento.

6. Utilice una abrazadera de manguera para sujetar el conducto al puerto de escape de la secadora. No utilice tornillos para realizar esta conexión. Las puntas de los tornillos atraparán la pelusa de la secadora, lo cual ocasionará una obstrucción y un peligro de incendio dentro del conducto.
7. Con un mínimo de R-8, aisle las secciones del conducto de la secadora que pasan por un espacio no acondicionado. Excepción: debajo de las casas móviles, asegure una inclinación descendente para que la humedad pueda drenarse hacia afuera.

5.14 Prioridades para las casas existentes

El diseño de los sistemas de ventilación para las casas existentes tiene algunas ventajas. En primer lugar, la casa proporciona una historia observable a partir de la cual trabajar. Los cielos rasos manchados, la pintura descascarada y la estructura con moho del ático cuentan la historia de cómo funciona un edificio. El cliente puede identificar los problemas que no son evidentes a primera vista, como la contracorriente periódica de los aparatos de combustión. Además, la casa existente ya ha envejecido, por lo que la madera se seca y los materiales modernos pierden gas, lo cual reduce la carga contaminante del sistema de ventilación.

En primer lugar, identifique las principales fuentes de humedad y otros contaminantes, y elimínelas o séllelas lejos de la casa. Ningún sistema de ventilación puede manejar eficazmente el exceso de ningún contaminante.

Finalice las medidas del armazón para garantizar una presión fiable y los límites térmicos. Los sistemas de calefacción, enfriamiento y ventilación dependen de estas medidas para funcionar eficazmente.

La elección del equipo de ventilación dependerá de la estructura del edificio, la hermeticidad, la comprensión y el compromiso del cliente para con el mantenimiento y los sistemas mecánicos. Muchas casas pueden requerir solo extractores de aire. Una prueba de infiltración de aire y una evaluación de la ventilación existente de la casa proporcionarán la información necesaria para determinar las necesidades de ventilación de la casa.



Jerarquía de las necesidades de la vivienda: tenga en cuenta toda la estructura al diseñar e instalar los sistemas mecánicos.

5.14.1 Mejores prácticas de instalación

Se necesita un alto nivel de control de calidad para garantizar que los sistemas de ventilación funcionen según lo previsto. Los sistemas correctamente diseñados e instalados ayudan a crear un ambiente interior saludable y un edificio de larga duración, mientras que los sistemas mal ejecutados pueden ser ineficaces o peligrosos. Los sistemas complejos de ventilación central con recuperación del calor son los que requieren más atención en su diseño e instalación.

5.15 Radón

El radón es un gas natural inodoro e incoloro que se encuentra en el suelo y las rocas. Este gas radiactivo se forma durante la desintegración del uranio-238, con niveles más altos en algunas áreas de los Estados Unidos. Cuando está presente, el radón puede filtrarse desde el suelo a través de las aberturas de los cimientos y las losas, y entrar en las casas. Se ha demostrado que la exposición al radón causa problemas de salud a los ocupantes de las casas.

5.15.1 Sumideros

Algunas casas tienen sumideros para recoger el agua que se filtra en los sótanos o los espacios debajo del piso. La definición del diccionario de un sumidero es “a pit or reservoir serving as a drain or receptacle for liquids” (un pozo o depósito que sirve de desagüe o receptáculo para líquidos) (<https://www.merriam-webster.com/dictionary/sump>). En los edificios residenciales, los sumideros pueden ser cubetas de plástico preformadas, palanganas de hormigón preformadas, cubetas de cerámica, baldes de plástico o, incluso, agujeros en una losa o el suelo de tierra de un espacio debajo del piso. Lo más habitual es que las cubetas de sumidero preformadas se conecten al suelo y, muchas veces, a los sistemas de manejo del agua de los tubos de drenaje que están debajo de la losa.ⁱ

Todo sumidero que esté conectado al suelo debe estar sellado (*ASTM:7.3.6.1; AARST:8.5.1*).ⁱ Si un sumidero está conectado directamente al suelo, como un agujero en el piso de losa o el piso de tierra, o si el tubo de drenaje está conectado al sumidero, la abertura se cubrirá con una tapa y se sellará (*SWS 2.0401.2*) cuando corresponda (*WPN 22-7*). Cuando se instalen sumideros para permitir el drenaje de la humedad en masa, se deberá instalar un accesorio de válvula de bola unidireccional si hubiera espacio suficiente (*SWS 2.0401.2*).

Las tapas de los sumideros son necesarias cuando se aplican para ayudar a reducir la posibilidad de que el radón entre en la casa. Las tapas se sellarán con sellador de silicona u otro material que permita un sellado hermético, junto con cualquier penetración a través de la tapa. Si hay una bomba presente, deberá ser apagada y desenchufada antes de comenzar cualquier trabajo.

5.15.2 Bombas del sumidero

Las bombas del sumidero pueden ser de dos tipos: sumergibles o de pedestal. Las bombas sumergibles se encuentran totalmente sumergidas en la cubeta del sumidero. Las bombas de pedestal tienen el motor de la bomba extendido por encima de la cubeta del sumidero. En principio, ambos tipos de bombas del sumidero funcionan igual. A medida que el agua sube en la cubeta del sumidero, un flotador unido a la bomba se eleva hasta hacer que la bomba se encienda y bombee el agua fuera de la cubeta. Las bombas sumergibles pueden tener flotadores que floten libremente o que suban y bajen sobre un eje. El flotador de una bomba de pedestal se desplaza sobre un eje rígido que se extiende por encima del plano de la cubeta del sumidero.ⁱ



Bomba sumergible
(flotador libre)



Bomba sumergible
(flotador de eje)



Bomba de pedestal

Fotos por cortesía de Dick Korbluth, LLC

5.15.3 Tapas de sumideros para bombas sumergibles

1. Para las tapas planas, los materiales de las tapas de los pozos de sumideros deben ser rígidos y estar hechos de plástico de policarbonato u otro material resistente a la putrefacción, como la madera contrachapada tratada a presión (*ASTM:7.4.7; AARST:8.5.1*).
2. Las tapas deberán estar aseguradas con sellador de silicona o material de empaque y fijaciones mecánicas de tal manera que se pueda quitar la tapa.

(ASTM:7.4.7; AARST: 8.2.5).

3. Todas las penetraciones de la tapa del sumidero deberán estar selladas. (ASTM: 7.4.8; AARST: 8.5.1).ⁱ

Cubeta del sumidero: tapa transparente sellada



Agujero del sumidero: tapa transparente sellada



Fotos por cortesía de Dick Kornbluth, LLC

5.15.4 Tapas de sumideros para bombas de pedestal

No hay manera de quitar la bomba para poder perforar agujeros en la tapa para el pedestal y el tubo rígido a los que está unido el flotador. No podría sellar el tubo, ya que se mueve cuando el flotador se mueve. Las únicas opciones para sellar un sumidero con una bomba de pedestal son las siguientes:

1. Reemplace la bomba de pedestal por una bomba sumergible y luego, selle el sumidero.
2. Instale una tapa comercial para la bomba de pedestal.ⁱ



Bomba de pedestal



Tapa del sumidero de gran altura

Fotos por cortesía de Dick Kornbluth, LLC

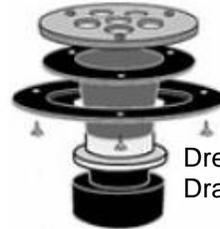
5.15.5 Drenajes del piso

Los drenajes del piso suelen estar conectados directamente al suelo debajo de una losa y no a ninguna tubería de desechos. La instalación de un drenaje unidireccional puede ayudar a reducir la posibilidad de que el radón entre en la casa.

1. Determine si el drenaje del piso está conectado al suelo debajo de la losa o a la tubería de desechos.
2. Si el drenaje está conectado al suelo, siga las instrucciones del fabricante para instalar el drenaje unidireccional adecuado.ⁱ



Drenaje unidireccional
Dranjer® (FR2)



Drenaje unidireccional
Dranjer® (FS2)

Fotos por cortesía de Dick Kornbluth, LLC

Inspección final y normas de control de calidad

Una instalación aceptable deberá cumplir con las normas siguientes:

1. Se completaron todas las medidas de salud y seguridad cuando fue apropiado para eliminar o reducir los peligros existentes, o para eliminar o reducir los peligros creados como resultado de la instalación de los materiales de climatización.
2. Todos los aparatos que pasaron la prueba de escapes de gases cuando fue necesario y cuando se midieron los niveles de CO se encuentran dentro de los estándares.
3. No hay fugas de gas en el edificio ni las lecturas de LEL están en 0.
4. Los niveles de CO del ambiente no superan las 9 ppm.
5. Las alarmas de CO están instaladas donde se requiere.
6. Las alarmas de humo están instaladas donde se requiere.

Ventilación para la calidad del aire interior

1. La ventilación de todo el edificio y el escape local se instalaron según lo requerido.
2. El índice de flujo medido de la ventilación mecánica de todo el edificio se encuentra entre el 90 % y el 150 % del índice mínimo calculado por la norma ASHRAE 62.2, como lo determina el Libro de diagnóstico.
3. La ventilación de todo el edificio instalada funciona de manera continua o intermitente con un interruptor de apagado del cliente.
4. El cliente firmó un “rechazo de la ventilación” cuando se rechazó la ventilación.
5. Se completó en su totalidad el Formulario de ventilación y se lo dejó con el cliente.

Ventilación de la secadora

1. La ventilación de la secadora es metálica, no de plástico, y la ventilación recién instalada cuenta con la certificación UL.
2. La ventilación horizontal está asegurada cada cuatro pies.
3. No se utilizaron tornillos ni otras penetraciones que puedan atrapar pelusas para conectar los conductos.
4. Se utilizó una terminación con un regulador de tiro.
5. El sistema de ventilación no está conectado a ningún otro aparato.
6. El regulador de tiro no tiene una pantalla para atrapar la pelusa.

Electricidad

1. Todas las cajas de conexiones tienen tapas que están marcadas si se ubican en los áticos.
2. El cableado con corriente de la perilla y el tubo no estaba cubierto con el aislamiento instalado.

Amianto

1. La documentación sobre el trabajo seguro con amianto se proporciona según se lo requiera.
2. El edificio y las superficies no tienen ningún residuo de amianto generado por las actividades de climatización.

Plomo

1. Se proporciona la documentación sobre el trabajo seguro con plomo.
2. El edificio y las superficies no tienen ningún residuo de plomo generado por las actividades de climatización.

Humedad

1. El suelo de tierra expuesto está cubierto por un retardador de vapor.
2. El deshumidificador instalado es un producto ENERGY STAR y está en funcionamiento.

Radón

1. Tapas de sumideros instaladas.
2. Las tapas y las penetraciones están selladas.
3. Las tapas son resistentes a la humedad.

Capítulo 6: Reparación

Las reparaciones se definen como elementos necesarios para el rendimiento efectivo o la conservación de los materiales de climatización instalados. Las medidas de reparación deben ser razonables, rentables y tomarse solo cuando se necesiten para instalar una medida necesaria para climatizar eficazmente un edificio. Los ejemplos incluyen, entre otros, la reparación de pequeñas fugas en el techo, las reparaciones eléctricas y el arreglo de las fugas de agua. Las reparaciones también pueden incluir la instalación de materiales de protección relacionados con las medidas de climatización, como la pintura utilizada para sellar los materiales instalados a través de la climatización.

Siga todas las prácticas de trabajo seguro con el plomo y el amianto cuando realice reparaciones.

6.1 Ventanas y puertas

Las ventanas y puertas suelen constituir un pequeño porcentaje del límite térmico de un edificio. Es raro que haya una pérdida de calor suficiente a través de ellas como para justificar una reparación o un reemplazo rentables.

La experiencia de las pruebas de infiltración de aire ha demostrado que las ventanas y puertas no suelen albergar grandes fugas de aire. Aunque las pérdidas por conducción y convección a través de las ventanas y puertas suelen ser bastante elevadas por pie cuadrado, estas pérdidas no se ven muy afectadas por la mayoría de las mejoras sencillas de climatización.

Por lo general, el reemplazo de vidrios rotos o faltantes, el reencristalamiento, la instalación de cierres de guillotina y la colocación de burletes se consideran trabajos de sellado de aire, no de reparación (consulte *Sellado de aire y calidad del aire interior en el Capítulo 1, Sección 1.4*).

6.1.1 Reparación y reemplazo de ventanas

Cumpla con las siguientes normas para el reemplazo y la reparación de las ventanas:

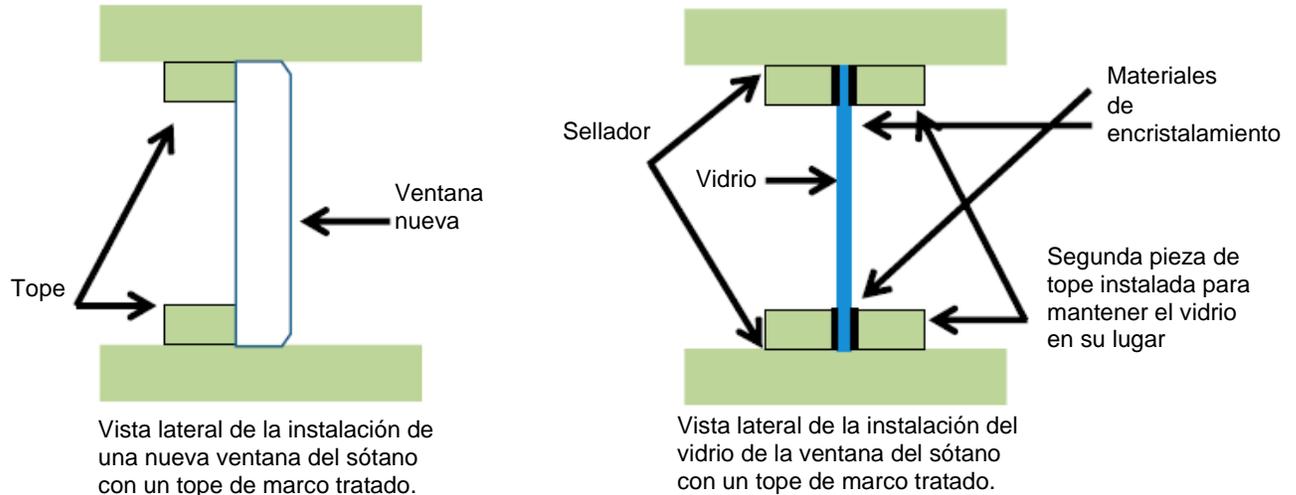
1. Selle alrededor de una ventana de reemplazo en el exterior y el interior para evitar la intrusión de agua y la infiltración de aire.
2. Cuando reemplace o instale una moldura o un tope exteriores nuevos, imprima toda la madera desnuda.
3. Cuando se reemplace un panel de vidrio roto, el tamaño del panel de reemplazo debe ser entre $\frac{1}{8}$ " y $\frac{3}{16}$ " más pequeño que la abertura, para permitir el movimiento del marco.
4. Instale un vidrio de seguridad templado cuando el lugar lo requiera.

Reemplazo o reparación de una ventana del sótano

La determinación de reparar o reemplazar las ventanas ubicadas en un sótano acondicionado involuntariamente se basa en el uso del cliente. Solo debe considerarse cubrir toda la ventana con madera contrachapada u otro revestimiento cuando esté claro que el cliente está de acuerdo con esta opción.

Antes de instalar una nueva ventana en el sótano, retire los marcos podridos y

reemplácelos por madera tratada a presión. Selle alrededor del marco para evitar la entrada de agua. Las ventanas de vinilo y de tamaño estándar del sótano son una buena opción para el reemplazo cuando el cliente requiere de una ventana operable o bien, corte un trozo de vidrio a medida para la abertura para que ingrese luz natural. Instale un tope dentro del marco, según sea necesario, para colocar la ventana o el vidrio nuevos contra él. Se utiliza una segunda pieza de tope para mantener el vidrio en su lugar desde el interior, de manera tal que se cree una ventana de panel fijo.



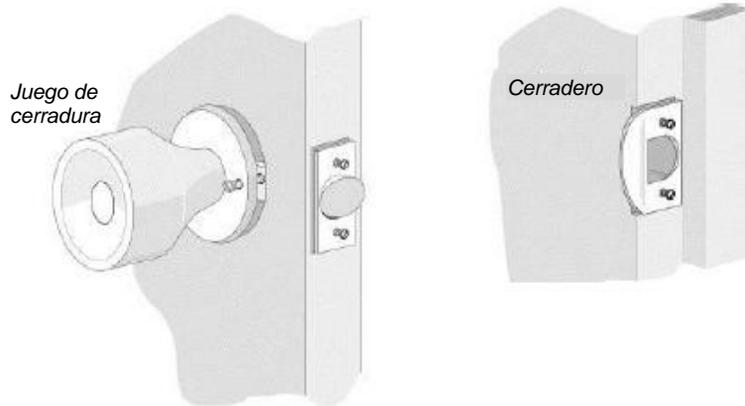
6.1.2 Reparación y reemplazo de puertas

El funcionamiento de las puertas afecta a la seguridad y la durabilidad del edificio, por lo que las puertas suelen ser una importante prioridad de reparación. Solo se pueden reemplazar las puertas principales.

Reparación de puertas

La reparación de puertas también puede ahorrar energía si la puerta existente no se ajusta bien. Para mejorar el sellado de aire de una puerta, limite su reparación a los trabajos siguientes:

1. Reemplazar los juegos de cerraduras que falten o no funcionen. En algunos casos, puede ser necesario un kit modernizador.
2. Reemplazar, instalar o reposicionar el cerradero, según sea necesario.
3. Reemplazar, instalar o reposicionar los topes, según sea necesario.
4. Reemplazar el umbral deteriorado.
5. Instalar una zapata de puerta si fuera necesario para reparar los daños.



Reparación menor de la puerta: al apretar y ajustar los juegos de cerraduras, los cerraderos y las bisagras ayudan a que las puertas funcionen mejor y sellen mejor.

Reemplazo de una puerta principal

Siga estas instrucciones cuando reemplace una puerta principal:

1. Selle alrededor de la puerta de reemplazo en el exterior e interior para evitar la intrusión de agua y la infiltración de aire.
2. Si reemplaza o instala una moldura o un tope exteriores nuevos, imprima toda la madera desnuda.
3. Después de la instalación, confirme que la puerta se abra y se cierre sin problemas, que se cierre el cerrojo y se trabase al cerrarse.

Reemplazo o fabricación de una puerta del sótano

En las casas antiguas, las puertas exteriores del sótano suelen tener formas y tamaños extraños. A veces, no hay ninguna puerta. Si hay una, a veces está en mal estado. A menudo, los instaladores de climatización fabrican una puerta de reemplazo con madera para hacer un sellado de aire, por motivos de seguridad, para preservar los materiales de climatización o para mantener la integridad de los materiales existentes del edificio.

Siga estas instrucciones cuando fabrique una puerta de reemplazo para el sótano:

1. Utilice madera tratada.
2. Tome precauciones para reforzar la puerta, evitar que se deforme y garantizar su durabilidad.
3. Selle alrededor del marco de la puerta de reemplazo en el exterior y el interior para evitar la intrusión de agua y la infiltración de aire.
4. El aislamiento de la puerta del sótano fabricada es opcional. Si se aísla, el aislamiento debe ser de un mínimo de R-5.
5. Después de la instalación, confirme que la puerta se abra y se cierre sin problemas, que se cierre el cerrojo y se trabase al cerrarse.

Inspección final y normas de control de calidad

Las instalaciones aceptables deberán cumplir con las siguientes normas.

Reparaciones generales

1. Las reparaciones son necesarias para la instalación efectiva, el rendimiento o la conservación de los materiales de climatización instalados en el edificio.
2. Las reparaciones son rentables y corrigen los problemas en cuestión.

Reemplazo de ventanas

1. La instalación de las ventanas cumple con las instrucciones del programa y la unidad de ventana tiene la certificación ENERGY STAR®.
2. La ventana instalada se abre sin problemas y funciona correctamente.
3. La ventana instalada está a escuadra, a plomo y alineada, según sea estructuralmente posible.
4. La ventana instalada no tiene fugas.
5. La instalación cumple con todas las mejores prácticas aplicables (p. ej., protección efectiva con tapajuntas, la unidad se volvió a calafatear, etc.).
6. Las prácticas adecuadas de trabajo seguro con el plomo están documentadas en el archivo.
7. El archivo del cliente contiene fotografías de la ventana preexistente y las fotografías demuestran que la ventana preexistente cumplía con las directrices del Programa de climatización de Wisconsin para su reemplazo.

Reparación de puertas

1. Se llevaron a cabo todas las reparaciones de puertas necesarias.

Reemplazo de puertas

1. La puerta instalada se abre y se cierra fácilmente, el cerrojo se cierra bien y la puerta cumple con su función.
2. La puerta de reemplazo cumple con el requisito de valor R.
3. La instalación cumple con todas las mejores prácticas aplicables (p. ej., protección efectiva con tapajuntas, se volvió a calafatear, etc.).
4. Las prácticas adecuadas de trabajo seguro con el plomo están documentadas en el archivo.
5. La puerta instalada no tiene fugas.
6. La puerta instalada está a escuadra, a plomo y alineada, según sea estructuralmente posible.
7. El archivo del cliente contiene fotografías de la puerta preexistente y las fotografías demuestran que la puerta preexistente cumplía con las directrices del Programa de climatización de Wisconsin para su reemplazo.

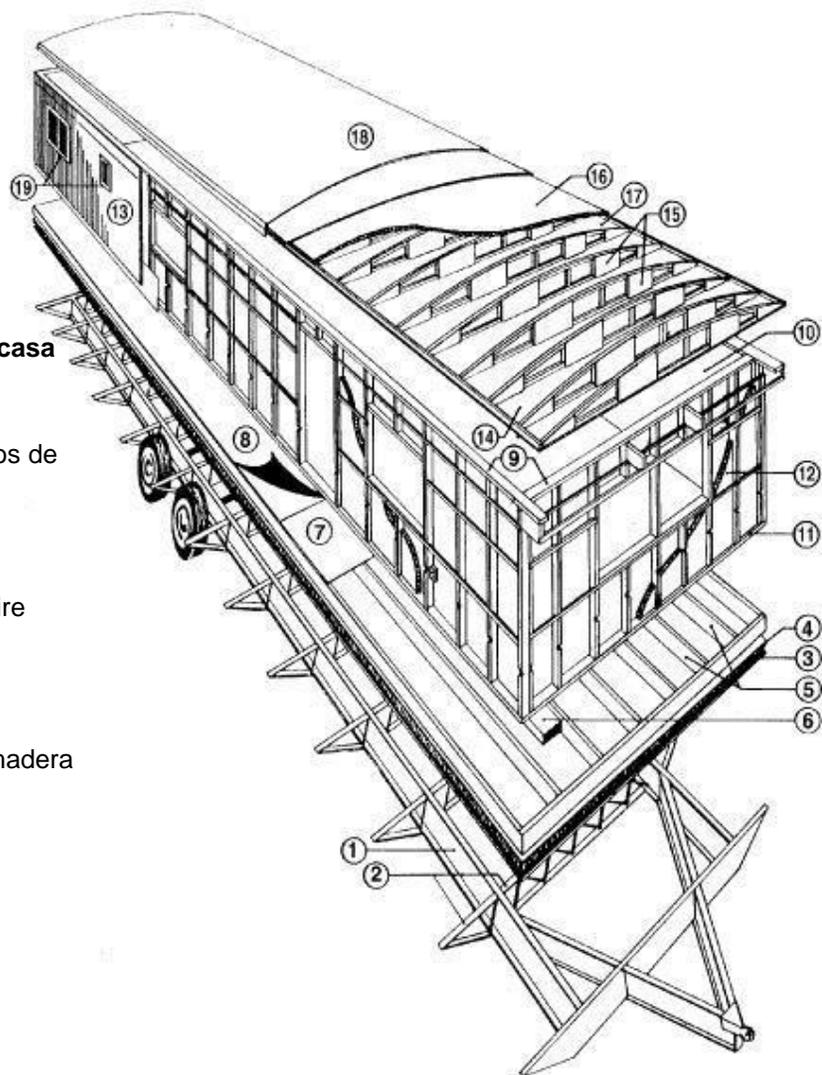
Capítulo 7: Climatización de casas manufacturadas

7.1 Climatización de casas manufacturadas

Las casas manufacturadas, también conocidas como casas móviles, presentan oportunidades y desafíos únicos de climatización. Muchas veces, las prácticas de climatización de las casas manufacturadas difieren de las prácticas de las viviendas construidas en el sitio. Las casas manufacturadas suelen consumir más energía por pie cuadrado que las casas construidas en el sitio, pero su construcción estándar hace que sean más sencillas de climatizar. La renovación del aislamiento, el sellado de aire, el sellado de los conductos y el reemplazo de los sistemas de calefacción presentan algunas de las mejores oportunidades para ahorrar energía en las casas manufacturadas.

Componentes típicos de una casa manufacturada:

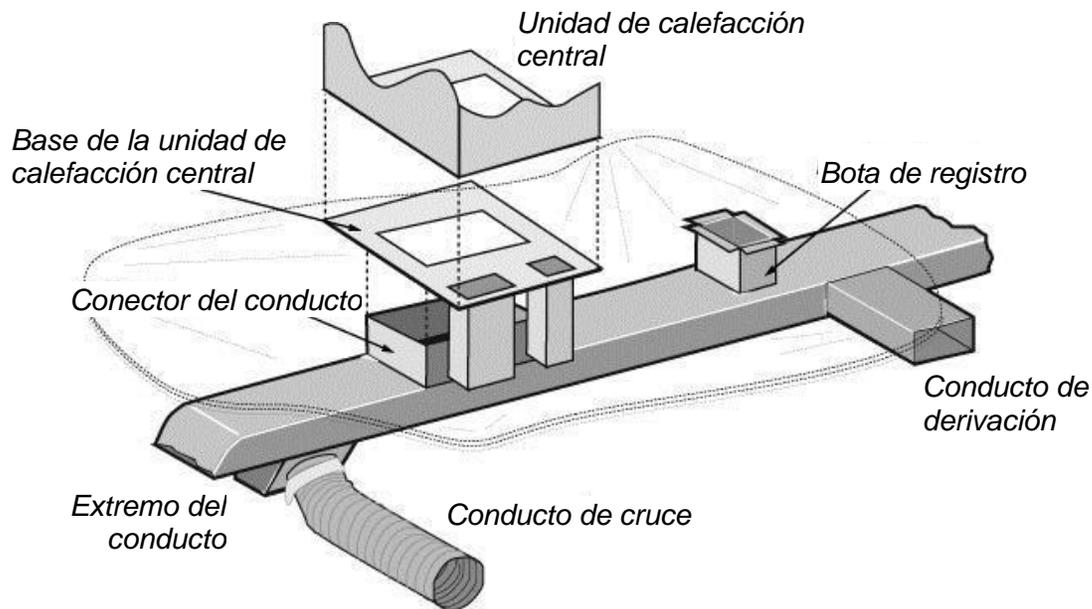
- 1— Chasis de acero
- 2— Estabilizadores y travesaños de acero
- 3— Parte inferior de la casa
- 4— Aislante de fibra de vidrio
- 5— Viguetas de piso
- 6— Conducto de calefacción/aire acondicionado
- 7— Cubierta
- 8— Revestimiento del piso
- 9— Placa superior
- 10— Revestimiento interior de madera
- 11— Placa inferior
- 12— Aislante de fibra de vidrio
- 13— Revestimiento metálico
- 14— Tabla del cielo raso
- 15— Cerchas de arco
- 16— Aislante de fibra de vidrio
- 17— Barrera de vapor
- 18— Techo a un agua de acero galvanizado
- 19— Ventanas metálicas



7.2 Sistema de distribución de suministro

Los conductos de suministro de las casas manufacturadas suelen estar fuera del límite de presión de la casa y, muchas veces, tienen fugas significativas, lo que supone una oportunidad de ahorro mediante un sellado eficaz de los conductos. El sellado de la red de conductos debe completarse antes de realizar cualquier trabajo de reparación en la parte inferior de la casa o de aislar la cavidad de esta parte. Se puede acceder a muchos puntos de fuga del sistema desde la parte inferior de la casa o desde su interior. Consulte la *Sección 7.2.3*.

Inspeccione visualmente los conductos y registros mediante el uso de una cámara digital, un boroscopio o un espejo y una linterna para identificar grandes agujeros, huecos o secciones desconectadas. Tome fotos al colocar la cámara (con la correa alrededor de la muñeca) dentro de la red de conductos.



Conductos de casas manufacturadas: los conductos de las casas manufacturadas tienen fugas en sus extremos y juntas, especialmente en las juntas debajo de la unidad de calefacción central. La base de la unidad de calefacción central une dicha unidad al conector del conducto. Las fugas ocurren donde el conector del conducto se une al conducto principal y donde este se une a la unidad de calefacción central. Los conductos de derivación son poco frecuentes, pero fáciles de encontrar porque sus registros de suministro no están alineados con los demás. Los conductos de cruce solo se encuentran en las casas de doble y triple ancho.

7.2.1 Pruebas de detección de fugas en ductos

Para medir la permeabilidad relativa del sistema de distribución de aire forzado, complete los pasos siguientes:

1. Coloque la casa manufacturada en estado invernal, con todas las puertas interiores abiertas y sin moverse.
2. Establezca el medidor digital en "PR/PR" y conecte una manguera de presión desde una llave de referencia al exterior. Mida la presión de la línea de base de la Casa con referencia al Exterior (HwrtO). Encienda el ventilador de la puerta sopladora y ajústelo para crear una diferencia de presión de 50 pascales HwrtO

- ajustada a la línea de base.
3. Sin cambiar la velocidad de la puerta sopladora, desconecte la manguera de presión exterior del medidor digital. Conecte una manguera de presión desde una llave de entrada hasta el detector de fugas a presión.
 4. Vaya al registro de suministro que está más lejos de la unidad de calefacción central en un extremo de la casa manufacturada. Coloque el detector de fugas a presión sobre el registro y registre la diferencia de presión en el Libro de diagnósticos.
 - a. Si el posicionamiento del registro no permite que el detector de fugas a presión forme un sello hermético, se pueden utilizar otros materiales (cartón y cinta de enmascarar para conductos, por ejemplo) para crear un sello hermético sobre todo el registro. Después de crear un sello hermético, coloque una sonda de presión metálica en el extremo de la manguera. Realice un pequeño agujero en el material de sellado, introduzca la sonda metálica en el agujero y registre la diferencia de presión.
 5. Repita el paso 4 (4a) en todos los registros restantes de la casa.

7.2.2 Interpretación de los resultados de las fugas en los conductos

Cuando hay fugas en los conductos, estas permiten que el aire se infiltre en la red de conductos. Esta infiltración provoca la diferencia de presión medida por el detector de fugas a presión entre los conductos de suministro y el cuerpo principal de la casa. Cuantas más fugas haya en los conductos, mayor será la diferencia de presión entre los conductos y el interior de la casa.

Si los conductos de un lado de la casa presentan presiones más altas (menos negativas) que los conductos del lado opuesto, hay una fuga sustancial en las inmediaciones generales de dichos conductos de mayor presión y no en cada conducto por separado. Si se observa una discrepancia de este tipo en los conductos que rodean la unidad de calefacción central, esto puede indicar la necesidad de sellar los conductos de la red y las conexiones cerca de la unidad de calefacción central.

7.2.3 Sellado de conductos de casas manufacturadas

Si es posible, selle la red de conductos de suministro situados en la parte inferior de la casa manufacturada para que las lecturas acumuladas del detector de fugas a presión de todos los registros sean de 3 pascales o menos cuando la casa esté a 50 pascales con respecto al exterior. Si el sellado de los conductos no reduce la lectura acumulada a 3 pascales o menos, interrumpa el sellado y documente los resultados en el Libro de diagnósticos.

Los siguientes lugares suelen sellarse desde el interior de la casa manufacturada:

1. **Conexión entre la unidad de calefacción central y la cámara cuando no hay aire acondicionado:** acceda a esta área al retirar el panel de acceso del serpentín en forma de A cuando no haya aire acondicionado central, o acceda a esta conexión desde abajo al realizar un agujero en la barrera de contención debajo del sistema de calefacción. Selle la barrera de contención una vez que haya finalizado el sellado de los conductos.

Dado que la temperatura en este lugar puede ser muy alta, se recomienda utilizar materiales distintos a la cinta de butilo, como tapajuntas, siempre que sea posible. La cinta de butilo se cae y pierde rápidamente sus propiedades adhesivas a temperaturas elevadas.

Para agujeros pequeños o medianos, aplique cinta de butilo o cinta de malla y luego, aplique una capa gruesa de masilla sobre ambas. Para sellar los agujeros más grandes, fije la chapa metálica con sujetadores al asegurarse de sellar los bordes con cinta de malla y masilla. Los agujeros pequeños y las uniones pueden sellarse con cinta de malla y masilla, o solo con masilla. La cinta de malla se aplica sobre toda la cinta de butilo, de manera que se superponga a la red de conductos para garantizar un sellado duradero.

2. **Tubos verticales (collarines) con registros conectados al piso y al tronco:** acceda a esta área al retirar los registros del piso o acceda a esta conexión desde abajo al realizar un agujero en la barrera de contención directamente debajo del tubo vertical. Selle la barrera de contención una vez que haya finalizado el sellado de los conductos.

Asegure el tubo vertical al tronco o al piso antes de sellar las conexiones. Los huecos grandes se pueden cubrir con tapajuntas. Asegúrese de intercalar masilla entre el tapajuntas y la red de conductos para obtener un sellado permanente. Tenga cuidado al sellar el tubo vertical a la parte superior del revestimiento del piso para que el registro tenga espacio suficiente para asentarse correctamente. No extienda la cinta más allá del borde del registro. Como en todas las aplicaciones, la cinta de butilo debe cubrirse y solaparse con cinta de malla y masilla, al encastrarse completamente toda la cinta de butilo expuesta. Sin embargo, esto no siempre es posible en la parte superior de los tubos verticales.

3. **Líneas troncales en el piso:** acceda a esta área al retirar el registro del piso. Los trozos cortos del canal en forma de J preformados funcionan bien para sujetar los troncos sin collarín al piso antes de sellarlos con masilla. Recorte el canal según sea necesario para garantizar que quede cubierto por el registro.
4. **Terminación del tronco:** muchas veces, los extremos de las líneas troncales no están sellados. Acceda a esta área al cortar la barrera de contención directamente en el extremo del tronco. Selle la terminación del tronco al utilizar cinta de butilo y solapar con cinta de malla y masilla. Selle la barrera de contención una vez que haya finalizado el sellado de los conductos.

Cuando no se pueda sellar la terminación del tronco, un método opcional es instalar un "cazo" o bloqueo después del último registro. Asegúrese de que el cazo o el bloqueo no causen un desequilibrio de presión ni reduzcan la distribución de aire en otros registros. El cazo se construye con una lámina metálica y se sella a las paredes del conducto, según los procedimientos normales. Normalmente, las redes de conductos se construyen para proporcionar una presión estática que iguala el flujo. Cuando se instalan los cazos, se reduce la capacidad de generar una presión estática y el resultado es un aumento del flujo que sale del registro que tiene el cazo. Si el cazo se instala en la red de conductos de una habitación que ya recibe un flujo de aire adecuado, pueden surgir problemas de confort y presurización.

Otra opción para el bloqueo es utilizar el método de la bolsa de ajuste por fricción.

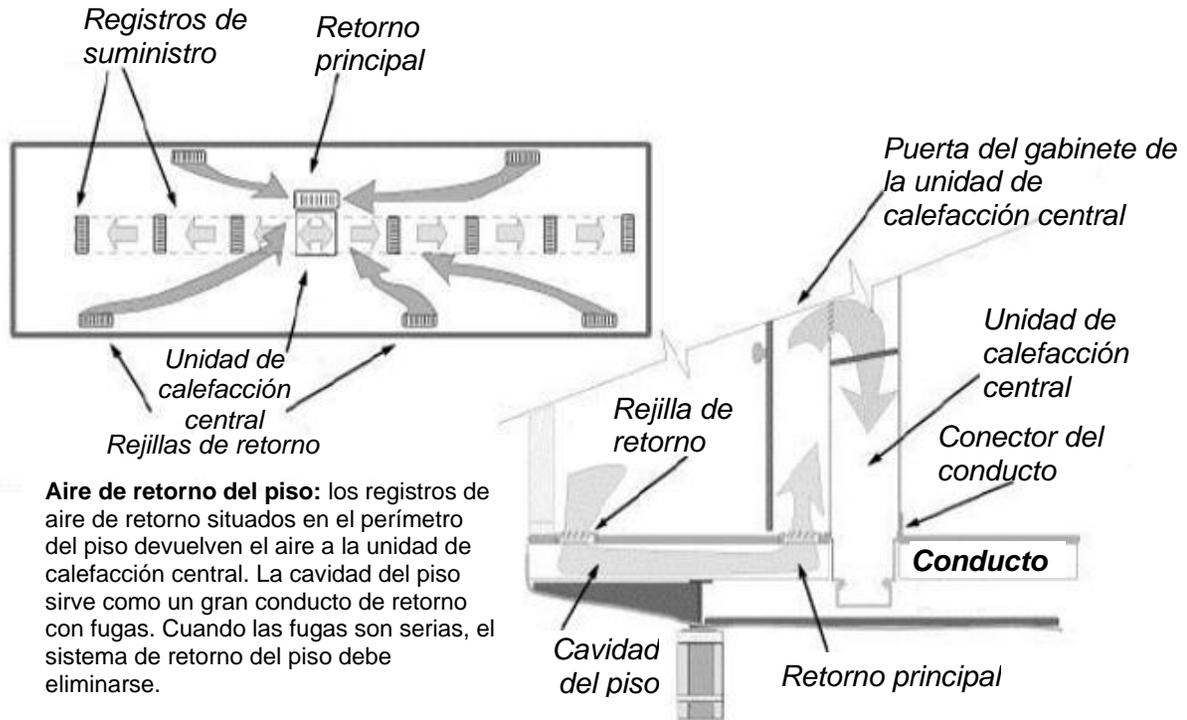
Empuje la bolsa lo más atrás posible del último registro y, si el acceso lo permite, selle la bolsa en su lugar con masilla.

Los siguientes lugares suelen sellarse desde abajo de la casa manufacturada. Es posible que haya que cortar la barrera de contención (parte inferior de la casa) para acceder a la red de conductos.

1. **Tronco a conducto de cruce en casas manufacturadas de doble ancho:** generalmente construido con conductos flexibles aislados, el manguito interior debe ser asegurado y sellado mecánicamente al collarín de arranque del tronco principal. Esto se suele realizar con flejes de unión o con abrazaderas de gran diámetro para mangueras. Por lo general, el sellado se realiza con masilla. Entonces, el manguito exterior se fija al tronco o a la barrera de contención, pero no es necesario sellarlo.
2. **Conexiones de la cámara al tronco cuando hay un aire acondicionado central:** el tronco se abre directamente debajo de la unidad de calefacción central. Se recomienda retirar esta pieza y reemplazarla por una pieza de lámina de metal de gran tamaño fijada mecánicamente al interior o al exterior del tronco. La colocación de la pieza en el interior del tronco asegura que nunca se combará ni caerá. Al igual que con todas las conexiones de metal a metal, intercálelas con masilla. El sellado se lleva a cabo de la misma manera que el número 1 anterior.
3. **Conexiones del tronco principal a los registros laterales:** a estas conexiones solo se puede acceder desde la parte inferior de la casa manufacturada. Son especialmente permeables en las líneas troncales de conductos. Selle mediante el uso de los mismos materiales y métodos que se utilizan para los collarines y los tubos verticales.
4. **Extremos de los tramos troncales, fugas anormales, anomalías y cualquier unión entre secciones:** las uniones y otras fugas inusuales pueden ser muy difíciles de localizar. Se recomienda que el técnico inspeccione físicamente todos los conductos siempre que sea posible para encontrar estas fugas que, de otro modo, podrían no ser abordadas. Selle según sea apropiado para la amplia variedad de condiciones que se pueden encontrar.

7.3 Sistema de distribución de aire de retorno

Muchas casas manufacturadas no tienen sistemas de retorno con conductos. En su lugar, toda la cavidad o el espacio del ático se utilizan como conducto de retorno. Elimine las cavidades del piso y del cielo raso que se utilizan como cámaras de aire de retorno en favor de que el aire de retorno fluya a través del paso directamente hacia la unidad de calefacción central.



Para eliminar un sistema de aire de retorno de la parte inferior de la casa, realice lo siguiente:

1. Bloquee todos los registros de retorno del piso con una barrera de aire duradera y hermética, al tener cuidado de encontrar registros de retorno ocultos debajo de los elementos empotrados, detrás de los muebles, y en los espacios libres entre el piso y los armarios de la cocina.
2. En el gabinete de la unidad de calefacción central, bloquee completamente todas las aberturas de los conductos del piso. Si se mantiene la unidad de calefacción central atmosférica existente, tenga cuidado de no sellar su entrada de aire de combustión.
3. Instale rejillas o una puerta con celosías para proporcionar el área libre neta de rejilla de retorno recomendada por el fabricante de la unidad de calefacción central en la puerta del gabinete de la unidad de calefacción central.
4. Mida el aumento de temperatura de la unidad de calefacción central para confirmar que el flujo de aire siga las instrucciones del fabricante.

7.3.1 Medición del aumento de la temperatura

El aumento de temperatura del sistema de calefacción debe estar dentro del rango especificado en la etiqueta del fabricante. Si no se dispone de ninguna información del fabricante, asegúrese de que la unidad de calefacción central tenga el suficiente flujo de aire para que el aumento de temperatura esté entre los 40 °F y 80 °F.

Para probar el aumento de temperatura de un sistema de calefacción de una casa manufacturada, realice lo siguiente:

1. Inspeccione la unión entre la cámara y la unidad de calefacción central antes de medir el aumento de temperatura. Si fuera necesario, repare esta junta después de completar la prueba.
2. Asegúrese de que todas las puertas interiores estén abiertas y sin moverse, excepto la puerta del gabinete de la unidad de calefacción central.
3. Cierre por completo la puerta del gabinete de la unidad de calefacción central.
4. Encienda la unidad de calefacción central y deje que alcance las condiciones de estado estacionario completo. Mida la temperatura de suministro en el registro más cercano a la unidad de calefacción central, al asegurarse de que el flujo de aire hacia este registro no esté bloqueado y no haya fugas significativas en los conductos entre la unidad de calefacción central y el termómetro.
5. Reste la temperatura del aire de la casa (el aire de retorno) de la temperatura del aire de suministro. La diferencia es el aumento de temperatura.

Si el aumento de temperatura es demasiado alto o demasiado bajo, investigue si hay restricciones en el flujo de aire o si hay fugas en los conductos. La velocidad del ventilador puede ajustarse para que el aumento de la temperatura esté dentro del rango aceptable.

7.3.2 Medición de las diferencias de presión en la habitación

Cuando las puertas interiores están cerradas mientras el sistema de calefacción funciona en una casa manufacturada, el aire de suministro presuriza la habitación y crea un desequilibrio de presión entre la habitación y el cuerpo principal de la casa. Esta diferencia de presión entre la habitación y la casa provoca un aumento de la exfiltración de aire a través del límite de presión principal de esa habitación. La mitigación o eliminación de las diferencias de presión entre la habitación y la casa ahorra energía al reducir las fugas de aire a través del límite de presión primario de la habitación.

Para medir las diferencias de presión en una habitación individual, realice lo siguiente:

1. Ponga en marcha la unidad de acondicionamiento de aire de la unidad de calefacción central.
2. Mida la diferencia de presión en cada puerta interior, una a la vez. Coloque una manguera en el interior de la habitación lejos del registro de suministro y conéctela a la llave de entrada del medidor digital. Cierre la puerta al asegurarse de no apretar ni obstruir la manguera. Registre la presión de la habitación con respecto a la casa en el Libro de diagnósticos. Si la habitación no tiene un registro de suministro, no la mida.
3. Las habitaciones con una presión medida superior a los 3 pascales están

excesivamente presurizadas, lo cual indica que no se encuentra la vía necesaria para el aire de retorno. Se puede conseguir una conexión entre la habitación y la casa de la siguiente manera:

- a. Corte al ras la puerta (esta suele ser la opción más rentable).
- b. Instale una rejilla en la puerta.
- c. O bien, instale un conducto puente debajo del piso.

Después de determinar el tamaño de la abertura necesaria para reducir la presurización, consulte con el cliente cuál sería la mejor opción para su situación. Un método sencillo para determinar el tamaño de la abertura necesaria para reducir la presurización en una habitación es abrir lentamente la puerta, mientras se mide la diferencia de presión en la puerta hasta que la diferencia de presión sea de 3 pascales o menos. Mida los centímetros cuadrados de la abertura creada. Esta es el área libre neta mínima de la abertura entre la habitación y la casa que se requiere para reducir la diferencia de presión a 3 pascales o menos.

Ejemplo: la puerta se abre 2 pulgadas y tiene 80 pulgadas de altura. La apertura libre neta que hay que agregar sería 160 in^2 . Divida esta área por el ancho de la puerta para determinar cuántas pulgadas hay que cortar de la parte inferior de la puerta. Un ejemplo sería $160/32$ o 5 pulgadas. Probablemente, esto no será una solución aceptable (desde el punto de vista de la privacidad). Una rejilla de puerta con 160 in^2 de área libre neta puede ser una mejor solución.



7.4 Aislamiento del piso y la parte inferior de la casa

Las cavidades del piso que hay en las casas manufacturadas suelen estar aisladas con mantas anchas de fibra de vidrio fijadas a la parte inferior de las viguetas de piso (normalmente viguetas de 2 x 6). Por lo tanto, toda la cavidad está sin aislar. En los pisos con viguetas transversales (que siguen el ancho de la casa), el conducto se fija a la parte inferior de las viguetas de piso, lo cual da lugar a una parte inferior baja de la casa. Esta cavidad del piso agrandada puede requerir de una cantidad excesiva de aislante, a menos que los técnicos puedan fijar el material de la parte inferior de la casa a las viguetas de piso para reducir el volumen de dicha parte inferior. Las densidades promedio del aislante de relleno suelto instalado en las partes inferiores de las casas manufacturadas será de 1.25 a 1.75 libras de fibra de vidrio insuflada por pie cúbico. **No rellene con relleno compactado ni en exceso esta área.**

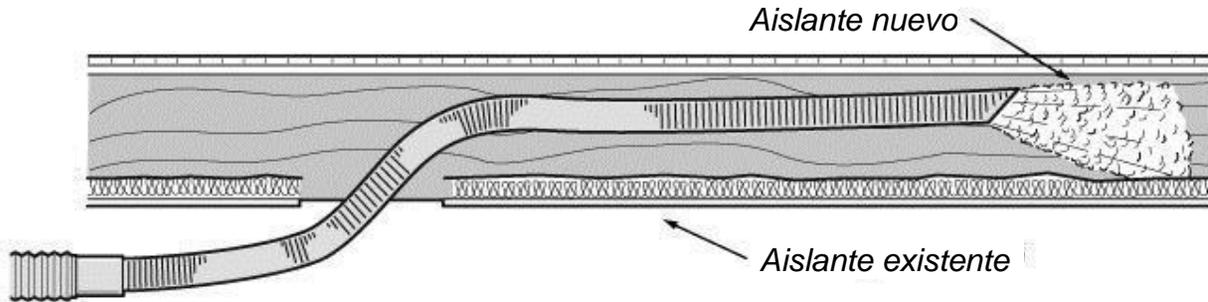
7.4.1 Preparativos para el aislamiento de la parte inferior de la casa

Las casas manufacturadas suelen tener una “barrera de contención” de placa de fibra o tejido resistente que protege el piso de los roedores y la suciedad de la calzada durante el transporte. Los daños causados en esta barrera son frecuentes y provocan fugas de aire. Antes de instalar el aislante de la parte inferior de la casa, siga estos pasos preparatorios:

1. Confirme que no haya fugas de agua ni de la alcantarilla. Confirme con el cliente si se produjeron fugas anteriores o se congelaron las tuberías y documente las ubicaciones. Si se descubren fugas, comuníquese con el auditor de energía o el supervisor del proyecto para que le indiquen cómo proceder.
2. Complete el sellado de los conductos (consulte *Sistema de distribución de aire de retorno en la Sección 7.3*) y el sellado de aire sin directrices alrededor de las penetraciones del piso (consulte *Sellado de aire en la Sección 7.7*) antes de instalar el aislante del piso.
3. Se puede utilizar una barrera de vapor para proporcionar una superficie de trabajo para los instaladores y controlar la humedad del suelo. Retire la barrera de vapor cuando las condiciones del sitio puedan hacer que el agua de la superficie debajo de la casa manufacturada se acumule sobre esta barrera si se deja en su lugar.
4. Asegure las tuberías de agua arriba, tan cerca de las viguetas de piso como sea posible, para que se rellene el aislante debajo de ellas. Esto asegura que las tuberías estén situadas en el lado interior (cálido) del límite térmico para evitar que las tuberías se congelen. Si esto no es posible, aisle las tuberías por separado o aisle la parte inferior de la casa debajo de las tuberías, al dejar el espacio sobre las tuberías sin aislar para permitir que el calor ambiental de la casa caliente las tuberías y evite la congelación.
5. En el caso de las partes inferiores flexibles bajas de las casas, intente fijar el material de la parte inferior de la casa a las viguetas de piso para eliminar el exceso de volumen de dicha parte inferior.
6. Repare los agujeros de la parte inferior de la casa, excepto los que proporcionan un acceso conveniente para insuflar el aislante. Fije los parches de la parte inferior de la casa con adhesivo, grapas, o tornillos y tiras de listón para obtener parches duraderos. Para los agujeros grandes de las barreras de contención, los materiales de parchado preferidos son la tabla de revestimiento aislante, la placa de fibra y la malla reforzada de nailon fabricada específicamente para las casas manufacturadas.

7.4.2 Aislamiento de la parte inferior de la casa desde abajo

El aislamiento por insuflado en la parte inferior de la casa con un tubo de llenado de gran diámetro desde abajo es un método de instalación eficaz y preferido. Las condiciones y las restricciones de espacio debajo de la casa manufacturada determinan si se debe considerar esta opción. Una barrera de humedad en el suelo hace que la instalación del aislante sea más cómoda para el instalador. El aislante se puede insuflar a través de los agujeros existentes en la barrera de contención antes de parcharlos. Los instaladores deben anotar dónde se ha instalado el aislante y dónde no. Por lo general, solo se puede acceder a algunas áreas del piso desde abajo si es que hay que rellenarlas.



Insuflación de la parte inferior de la casa: un tubo de llenado flexible, que es mucho más rígido que la manguera de insuflado, insufla el aislante de fibra de vidrio a través de un agujero en la parte inferior de la casa desde abajo.



Tubo de llenado insertado en el orificio de la parte inferior de la casa.

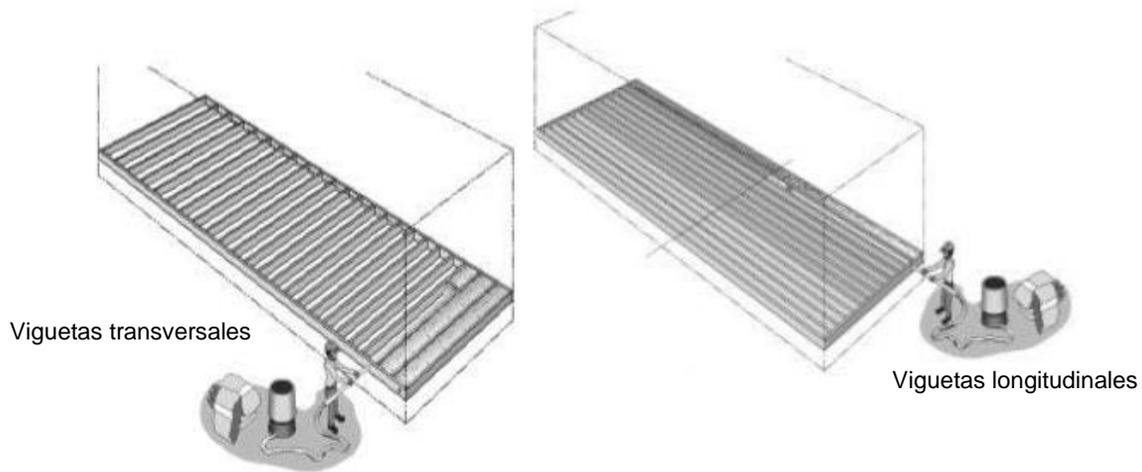


Insuflado de aislante desde abajo de la casa: un tubo de llenado de gran diámetro rellena rápidamente las cavidades desde abajo.

7.4.3 Insuflado del borde a través de las viguetas de borde

El insuflado del aislante a través de la vigueta de borde es otro método de instalación. Sin embargo, las viguetas de borde no pueden ser perforadas si se determina que son un componente estructural del sistema de soporte de los cimientos o si las viguetas de piso tienen 24 pulgadas o más en el centro. Perforar puede ser peligroso si no se cuenta con un buen taladro y una broca afilada. Para evitar debilitar el umbral de la puerta, no perforo debajo de las puertas. No perforo directamente a través de las molduras que cubren la vigueta de borde. Utilice tapones de madera para sellar los agujeros perforados en la vigueta de borde. Cuando sea posible, reemplace el insuflado del ala (consulte *Insuflado del ala en la Sección 7.4.4*) para evitar problemas estructurales.





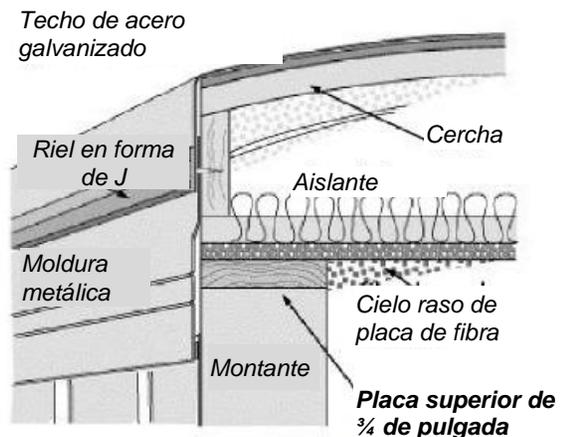
Aislamiento a través de la vigueta de borde: las casas manufacturadas tienen viguetas longitudinales o transversales.

7.4.4 Insuflado del ala

El insuflado de aislante en el ala a través de la parte inferior de la casa es una variación de la técnica de insuflado de la vigueta de borde. Este método tiene algunas de las ventajas de insuflar desde abajo e insuflar a través de la vigueta de borde. Se deben aislar las áreas específicas, especialmente la cavidad del piso entre el agujero y el instalador, mediante el uso de un tubo de llenado flexible más corto. Si las partes inferiores de las casas no pueden aislarse a través de la vigueta de borde y deben aislarse desde el ala o por debajo, es preferible utilizar un tubo de llenado de gran diámetro.

7.5 Aislamiento del ático o cielo raso

En la estrecha cavidad del techo, suele haber lanas o mantas de fibra de vidrio, pero, en general, hay espacio para un aislante adicional. El espacio disponible varía normalmente de 1 a 2 pulgadas a lo largo del borde del edificio, hasta 10 pulgadas más en el centro para las casas con cerchas de arco. Las cerchas livianas para techos inclinados proporcionan hasta 3 pulgadas en el borde y hasta 2 pies en el centro. Las cuadrillas pueden usar una variedad de métodos para aislar las cavidades del techo de las casas manufacturadas, dependiendo de las características de la cavidad del techo, las preferencias de metodología personal y las condiciones en el sitio. Instale el aislante con una cobertura uniforme y una densidad de entre 1.25 y 1.75 libras por pie cúbico. Normalmente, es más difícil aislar los bordes del



Detalles del techo en forma de arco: cientos de miles de casas manufacturadas antiguas se construyeron con estos detalles generales de construcción.

ático, así que asegúrese de que el aislante cubra estas áreas.

7.5.1 Preparación del aislamiento del cielo raso

Inspeccione el cielo raso y el techo para determinar si las condiciones permiten agregar aislante. Es importante realizar las reparaciones necesarias para reforzar el cielo raso.

Antes de instalar el aislante del cielo raso, siga estos pasos preparatorios:

1. Mantenga el aislante a 3 pulgadas de distancia de las luminarias empotradas, las carcasas de los ventiladores y calentadores, y las chimeneas que no estén clasificadas como de Contacto del aislamiento (IC). Los accesorios de ventiladores y luces con clasificación IC pueden tener un aislante alrededor de ellos. Las chimeneas con manguitos de separación cero también pueden entrar en contacto con el aislante.
2. Realice un sellado de aire completo alrededor de las derivaciones de la chimenea sobre el sistema de calefacción y el calentador de agua, si están presentes.
3. Inspeccione las aberturas del cielo raso en armarios y gabinetes, y confirme que el aislante no se vaya a derramar a través del cielo raso en estas áreas.
4. Selle las derivaciones. Si las restricciones de accesibilidad impiden el sellado de aire, documente los motivos en el archivo del cliente.
5. Marque el tubo de llenado en incrementos de 1 pie. Si el borde está a 7 pies del agujero, inserte el tubo de llenado hasta la marca de 7 pies. Si el tubo de llenado no entra lo suficiente, inténtelo de nuevo.

7.5.2 Insuflado de la cavidad del techo desde un agujero cuadrado

Con la aprobación del cliente, el corte de un agujero cuadrado de 10 pulgadas directamente sobre una cercha da acceso a dos cavidades de la vigueta y proporciona suficiente espacio para maniobrar un tubo de llenado de 2 pulgadas de diámetro. Este tubo de llenado de gran tamaño permite una velocidad de llenado rápida. El agujero se rellena con lana de fibra de vidrio para que quede bien alto. Parche el agujero con un trozo cuadrado de 14 pulgadas de lámina de acero galvanizado rígido, sellado con cemento para techos y atornillado al techo con tornillos de chapa. Cubra el parche con un trozo cuadrado de 18 pulgadas de cubierta de aluminio de butilo Peel & Seal.

7.5.3 Insuflado de la cavidad del techo a través de agujeros redondos

Algunos técnicos prefieren perforar agujeros más pequeños en lugar de cortar los agujeros cuadrados grandes. Este método requiere del uso de un tubo de llenado de menor diámetro para rellenar la cavidad del techo. Los agujeros se rellenan con tapones de plástico y se sellan con sellador de silicona. Los tapones se cubren con parches de 6 pulgadas cuadradas de Peel & Seal. Con este método, los agujeros son más fáciles de parchar. Sin embargo, este sistema requiere de más agujeros en el techo.

7.5.4 Insuflado de un techo a dos aguas

Los techos a dos aguas son comunes en las casas manufacturadas de doble ancho. Bajo estos techos hay más volumen que en una casa manufacturada de ancho simple con techo metálico. La densidad será menor (≤ 0.6 lb/cf) que cuando se insuflan las cavidades

más estrechas y herméticas, y la cavidad no necesita llenarse por completo hasta la cumbrera. Por lo general, se puede acceder a estas cavidades del techo a través de los respiraderos del techo o el extremo del hastial.

En las casas manufacturadas de doble ancho, puede haber un espacio libre adecuado para aislar la cavidad del cielo raso como un insuflado abierto. Se puede acceder a la cavidad del cielo raso a través del extremo del hastial al retirar los paneles de revestimiento. El entablado suele ser necesario para distribuir el peso del instalador y facilitar el movimiento entre las cerchas nervadas.

7.5.5 Insuflado de la cavidad del techo desde el borde

Los techos metálicos de las casas manufacturadas suelen fijarse solo en el borde, donde el techo se une a la pared. Cuando hay un acceso libre a lo largo de un lado de la casa, este método puede dar lugar a un relleno rápido y eficaz con una perturbación mínima del techo.

Este procedimiento requiere de un andamiaje para poder llevarse a cabo de manera segura y eficaz.

Vuelva a sellar cuidadosamente el borde del techo después de aislar la cavidad. La mejor manera de volver a fijar el borde del techo es sellarlo a la estructura con cinta de masilla nueva y engraparlo con una engrapadora neumática de la misma manera que se fijó originalmente. También selle el riel en forma de J con cinta de masilla y vuelva a atornillarlo con tornillos de chapa más grandes.



Insuflado del borde del techo: utilice un tubo de llenado rígido para insuflar el aislante a través del borde del techo. Esto evita realizar agujeros en el techo, aunque este proceso requiere de mucho cuidado al volver a fijar y sellar el borde del techo.

7.5.6 Perforación interior e insuflado

Perforar agujeros e insuflar el aislante en la cavidad del techo mediante un tubo de llenado desde el interior es un buen procedimiento para las inclemencias del tiempo o cuando el estado exterior del techo no admite otros métodos. Cuanto más grande sea el agujero, más fácil será maniobrar el tubo hasta el borde de la cavidad del techo. Utilice un tapón de plástico que se ajuste al tamaño del agujero. No dañe el agujero porque el borde del tapón no ocultará mucho el daño alrededor del agujero. Si todos los agujeros se perforan en línea recta, se puede instalar una moldura tipo tabla para ocultar los agujeros de la perforación.



Instalación del aislante a través del cielo raso: el técnico introduce a presión el tubo de llenado en la cavidad y lo saca cerca del borde del techo. Los agujeros se perforan en línea recta por cuestiones estéticas.

7.6 Aislamiento de las paredes laterales

Las paredes laterales de muchas casas manufacturadas no están completamente llenas de aislante. Esto reduce el valor R del aislante existente, debido a las corrientes de convección y las fugas de aire.

Antes de instalar el aislante de las paredes laterales, siga estos pasos:

1. Asegúrese de que el cliente sea consciente de cualquier daño preexistente en las paredes, así como también del daño potencial que puede producirse al aislar las paredes.
2. Con la aprobación del cliente, retire los cuadros y los colgantes de las paredes interiores. Vuelva a colgar los cuadros y los colgantes después de aislar las paredes.
3. Agregue clavos o tornillos a los paneles interiores y las molduras según sea necesario para reforzar las paredes interiores.
4. Inspeccione el sistema eléctrico para determinar si el cableado y los disyuntores, o la caja de fusibles, son los adecuados. Revise el área alrededor de los interruptores y tomacorrientes de la pared para determinar si hay evidencia de problemas eléctricos anteriores.



Comprobación de las paredes: mida la cavidad y el nivel de aislamiento existente. Asegúrese de que los enchufes de la pared funcionen antes y después de la instalación del aislante.

No aisle las paredes si el cableado está en mal estado. Si el cableado es deficiente en un área específica, comuníquese con el auditor de energía o el supervisor del sitio para que le indiquen cómo proceder. Documente las condiciones en el archivo del cliente.

Si el cableado es de aluminio, tome las precauciones siguientes:

1. Marque las cavidades con tomacorrientes, interruptores o luminarias en el revestimiento exterior. Estas cavidades deben ser cuidadosamente entubadas en lugar de ser rellenas con lana de fibra de vidrio o, si aun así habrá un movimiento excesivo de los cables, la cavidad no debe ser aislada.
2. Antes de aislar, pruebe cada tomacorriente, interruptor o luminaria para confirmar que funcione correctamente. Después, vuelva a realizar la prueba.

7.6.1 Preparación del revestimiento para el aislamiento de paredes

El revestimiento metálico de las casas manufacturadas suele instalarse verticalmente. La mayoría de las casas manufacturadas con revestimiento metálico tienen filas horizontales de tornillos, los cuales fijan el revestimiento a los rieles horizontales de 1 x 2. Retire las dos hileras inferiores cuando utilice la técnica de relleno de la pared. Para utilizar la técnica de insuflado de la pared lateral, retire solo la fila inferior de tornillos. El revestimiento metálico se une pieza a pieza, con la primera pieza deslizándose dentro de un canal engarzado en la segunda pieza. Es mejor que esta junta permanezca unida. La fijación de un tornillo de chapa corto a través de las dos láminas las mantiene unidas durante el proceso de aislamiento.

En ocasiones, el revestimiento de las casas manufacturadas es horizontal en lugar de vertical. Para aislar estas cavidades, solo retire la fila inferior del revestimiento. Reinstale el revestimiento cuando haya terminado el trabajo de aislamiento.



Aflojamiento del revestimiento para el aislamiento de paredes: retire los tornillos de la parte inferior del revestimiento metálico. Antes de instalar el aislante, fije las láminas de revestimiento a la parte inferior con un tornillo corto de chapa.

7.6.2 Técnica de insuflado de paredes laterales

El insuflado del aislante en las paredes laterales de las casas manufacturadas es similar al aislamiento de las paredes laterales de las casas construidas en el sitio, aunque el aislante de fibra de vidrio se instala con una densidad más baja. Tenga cuidado de no crear abultamientos en las paredes durante la instalación.

Aísle hasta el máximo estructuralmente permitido. Aísle las paredes con una cobertura completa y una densidad uniforme en toda la cavidad accesible de la pared. No es necesario aislar por encima de las ventanas.



Paredes arqueadas: el uso de un tubo de llenado funciona bien para la mayoría de las cavidades de las paredes de las casas móviles.

7.6.3 Técnica de relleno de las paredes laterales

Los mejores materiales para este método son las lanas de fibra de vidrio completamente envueltas en una película de polietileno respirable. Las lanas sin revestimiento también funcionan cuando se instalan con una lámina de plástico. La lámina de plástico lisa permite que la lana suba por la pared contra el revestimiento interior de madera, sin que se enganche ni se amontone. Algunas casas no se prestan a esta técnica, debido a las obstrucciones en las paredes.

7.7 Sellado de aire

Consulte *Sellado de aire en el Capítulo 1, Sección 1.4* para obtener información adicional.

7.8 Seguridad de los aparatos de combustión y de la distribución de combustible

Consulte *Seguridad de los aparatos de combustión y de la distribución de combustible en el Capítulo 5, Sección 5.8* para obtener información adicional.

Cuando el gabinete del calentador de agua tiene una puerta exterior, la mejor práctica para completar la prueba de despresurización es introducir las sondas de prueba a través de las vías interiores. Pase la manguera por el exterior solo cuando no haya una vía interior disponible.

Al llevar a cabo la detección de fugas de gas, incluya las tuberías de gas debajo de la casa manufacturada cuando sea accesible. Considere tomar muestras del aire ambiente para el porcentaje de LEL al entrar debajo de la casa manufacturada.



Prueba del peor caso del calentador de agua: mida la despresurización en el gabinete del calentador de agua desde el interior si es posible.

7.9 Reemplazo de la unidad de calefacción

Las unidades de calefacción central de reemplazo deben estar aprobadas para ser usadas en las casas manufacturadas. Siga la política actual para la clasificación mínima de la Eficiencia de utilización anual de combustible (Annual Fuel Utilization Efficiency, AFUE). Las unidades de reemplazo deben ajustarse al espacio que ocupa el gabinete de la unidad de calefacción central y no deben sobresalir en el pasillo.

Siga estos pasos cuando instale una unidad de calefacción central nueva en una casa manufacturada:

1. Instale unidades de un tamaño adecuado según el Manual J de la ACCA o una fórmula de dimensionamiento equivalente. Incluya una copia del cálculo del dimensionamiento en el archivo del cliente.
2. Retire y deseche adecuadamente la unidad existente.
3. Instale una nueva base para la unidad de calefacción central, a menos que la base existente coincida con la unidad de calefacción central nueva.
4. Sujete el conducto principal debajo de la unidad de calefacción central con

- precintos adicionales, si fuera necesario, para mantenerla firme en su lugar.
5. Sujete firmemente la base de la unidad de calefacción central al conector del conducto. Selle todas las uniones entre la base, el conector del conducto y el conducto principal con masilla y cinta de tela.
 6. Selle cuidadosamente la placa de la base al suelo para evitar las fugas de aire a través de la parte inferior de la casa y el piso.
 7. Coloque un sello de aire completo y un burlete alrededor de la chimenea nueva y el tubo de aire de combustión donde penetra en el techo, el cielo raso, la pared o el piso.
 8. Proporcione un burlete hermético completo en la penetración del techo. Refuerce el área debajo del tejado con madera contrachapada u otro material resistente, si fuera necesario, para crear un parche fuerte y evitar un punto bajo en el techo en la penetración. Es mejor que cualquier parche del techo esté ligeramente elevado con respecto al techo circundante para evitar la acumulación de agua en el parche.
 9. Realice una prueba de combustión y confirme que los resultados cumplan con las instrucciones del fabricante.
 10. Si fuera necesario, instale una bomba de condensación para conducir la condensación de la unidad de calefacción central a un drenaje sanitario aprobado según el código. Consulte *Eliminación de la condensación en el Capítulo 3, Sección 3.8.2*.
 11. Utilice el sistema de distribución y la línea de suministro de gas existentes.
 12. Proporcione un manual del propietario con los reemplazos del sistema de calefacción.



Bombas de condensación: estas pequeñas bombas se instalan en el gabinete de la unidad de calefacción central.

Consulte *Medidas del sistema de calefacción en el Capítulo 3* para obtener más información.

7.10 Reemplazo de calentadores de agua

Los calentadores de agua de reemplazo deben estar aprobados para ser usados en las casas manufacturadas. Consulte *Reemplazo de calentadores de agua en el Capítulo 4, Sección 4.1*, para obtener información adicional.

7.10.1 Instalaciones de calentadores de agua a gas

Las siguientes normas son específicas para los reemplazos de calentadores de agua a gas:

1. Mida y ajuste la presión del gas para seguir las instrucciones del fabricante.
2. Siga las instrucciones de ventilación del fabricante, junto con el Código Internacional de Gas Combustible, para establecer un sistema de ventilación adecuado.
3. Selle el manguito de aire de combustión donde se une con el tanque del

calentador de agua con un sellador aprobado, a fin de reducir la probabilidad de que haya una contracorriente.

4. Confirme que el manguito de aire de combustión esté correctamente sellado y tome el aire del exterior de la CAZ del calentador de agua.
5. Siga las instrucciones del fabricante para establecer un sistema de aire de combustión adecuado.
6. Verifique que no haya fugas de gas en ninguna de las tuberías de suministro.
7. Confirme que haya una trampa de sedimentos adecuada en la línea de gas.
8. Realice una prueba de monóxido de carbono.
9. Retire y deseche adecuadamente el calentador de agua existente.

7.10.2 Gabinetes para calentadores de agua de acceso exterior

Siga estos pasos cuando trate el gabinete del calentador de agua de acceso exterior:

1. Aísle el gabinete del calentador de agua en la puerta exterior del gabinete y en el área asociada a la pared. Cubra las ventilaciones si están presentes y dirija el aire de combustión (para las unidades de gas) desde abajo de la parte inferior de la casa o a través del zócalo.
2. Selle la pared común entre el área habitable y el calentador de agua.
3. Asegúrese de que el calentador de agua esté aspirando bien después de terminar el trabajo.
4. Aísle todas las tuberías de agua para evitar los problemas de congelación.

7.11 Reparación

Consulte *Reparación en el Capítulo 6* para obtener más información.

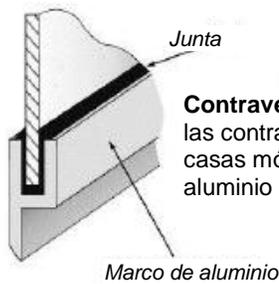
7.12 Reemplazo de ventanas

Consulte *Reparación en el Capítulo 6, Sección 6.1.1* para obtener información adicional.

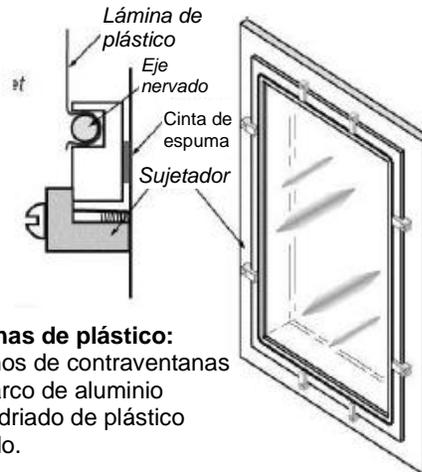
7.13 Contraventanas interiores

Las contraventanas interiores duplican el valor R de una ventana de un solo panel y reducen las fugas de aire, especialmente en el caso de las ventanas principales de celosías con fugas. Instale contraventanas interiores en las ventanas principales de un solo panel que actualmente no tengan ninguna cuando sean seleccionadas por el Manufactured Home Energy Audit para su reemplazo como medida o estén listadas como reparación. Se pueden instalar los siguientes tipos de contraventanas:

- Instale contraventanas interiores fijas y desmontables con ventanas tipo toldo y celosía.
- Instale contraventanas interiores deslizables que coincidan con las ventanas exteriores principales deslizables. Asegúrese de que la hoja móvil de la contraventana esté del mismo lado que la ventana principal para las correderas horizontales.



Contraventanas interiores de vidrio: las contraventanas tradicionales de las casas móviles tienen marcos de aluminio vidriados.



Contraventanas de plástico: algunos diseños de contraventanas utilizan un marco de aluminio liviano y un vidriado de plástico flexible o rígido.

7.14 Reemplazo de puertas

Instale puertas de reemplazo de casas manufacturadas estándares o con un mínimo de R-5 cuando aparezcan en el MHEA como una reparación. Las puertas de las casas manufacturadas son de dos tipos básicos: puertas metálicas de casas manufacturadas y puertas residenciales más típicas con marcos de madera (como las de las casas no preensambladas). Las puertas de las casas manufacturadas giran hacia el exterior y no suelen tener una altura estándar. Las puertas para casas suelen girar hacia el interior de la casa. Si la puerta existente es una puerta convencional, consulte *Reparación en el Capítulo 6, Sección 6.1.2*.

Para reemplazar una puerta metálica de una casa manufacturada, siga estos pasos:

1. Mida la puerta y el marco existentes *antes de retirarlos* para asegurarse de que la puerta de reemplazo tenga el tamaño adecuado.
2. Tenga cuidado y tome precauciones si retira la moldura de la puerta existente para permitir que se vuelva a colocar la moldura después de instalar la puerta nueva.
3. Retire la puerta antigua y deséchela adecuadamente; no la deje en el sitio.
4. Instale el nuevo marco de la puerta a plomo y nivelado, mediante el uso de cuñas si fuera necesario. Separar primero la puerta del marco puede facilitar el trabajo con el marco.
5. Selle el espacio entre el armazón duro y el marco de la puerta. Si se utiliza espuma en aerosol para el sellado de aire, utilice una espuma de expansión mínima, ya que una expansión excesiva de la espuma puede hacer que la puerta quede desnivelada o ya no esté a plomo.
6. Calafatee alrededor de la puerta y el marco según sea necesario para evitar la entrada de agua.
7. Confirme que la puerta nueva se abra, se cierre, el cerrojo se cierre y la puerta se bloquee correctamente.
8. Vuelva a colocar la moldura de la puerta.

9. Si fuera necesario, instale un canal tipo J sobre la puerta para alejar el agua de lluvia de la entrada.

Inspección final y normas de control de calidad

Las instalaciones aceptables deberán cumplir con las siguientes normas.

Instrucciones generales

1. Todos los trabajos siguen la normativa de todas las autoridades competentes.
2. Todos los materiales se instalan según las instrucciones del fabricante.
3. Todos los escombros se retiran del sitio y se desechan, reciclan o entregan adecuadamente a un centro de residuos peligrosos autorizado.
4. Se obtuvieron todos los permisos de construcción aplicables.
5. Cuando corresponda, todos los materiales deben estar aprobados para ser usados en las casas manufacturadas.

Sistemas de calefacción (consulte el *Capítulo 3* para ver las normas generales)

1. El sistema de calefacción está aprobado para las casas manufacturadas.
2. El termostato está situado en una pared interior.

Sistemas de distribución

1. El sistema de aire de retorno de la casa manufacturada está centralizado a través del espacio habitable.
2. Se utilizó una chapa metálica con sujetadores o una bolsa de ajuste por fricción debidamente sellada para bloquear los extremos de suministro que se extienden más allá del último registro.
3. Se utilizaron chapas metálicas con sujetadores para bloquear los agujeros grandes en el sistema de distribución.
4. El material de sellado no está fallando.
5. La presión total medida de los registros de suministro en una casa manufacturada es de <3 pascales cuando HwrtO es igual a 50 pascales, a menos que la actividad de sellado y la documentación demuestren que no sea rentable continuar.
6. Las presiones de la habitación son de <3 pascales cuando la unidad de acondicionamiento de aire está en funcionamiento.

Reparaciones generales

1. Las reparaciones son necesarias para la instalación efectiva, el rendimiento o la conservación de los materiales de climatización instalados en el edificio.
2. Las reparaciones son rentables y siguen corrigiendo los problemas en cuestión.

Reemplazo del vidrio

1. El vidrio es del tipo correcto para la instalación (p. ej., se requiere de un vidrio templado en las puertas y luces laterales, a menos de 6 pies de las bañeras y para todas las ventanas, a menos de 18 pulgadas del nivel del suelo o del piso; se puede requerir el uso de vidrio oscuro en los baños).

Reemplazo de ventanas

1. La instalación de las ventanas cumple con las instrucciones del programa y cuenta con la certificación de ENERGY STAR®.
2. La ventana nueva se abre sin problemas y funciona correctamente.
3. La ventana nueva está instalada en ángulo recto, como es estructuralmente posible.
4. La ventana nueva no tiene fugas.
5. La instalación cumple con todas las mejores prácticas aplicables (p. ej., planos de drenaje, se volvió a calafatear, etc.).
6. Las prácticas adecuadas de trabajo seguro con el plomo están documentadas en el archivo.
7. El archivo del cliente contiene fotografías de la ventana preexistente, lo cual demuestra que la unidad cumplía con los protocolos del Programa de climatización de Wisconsin para su reemplazo.

Reemplazo de puertas

1. La puerta nueva se abre y se cierra fácilmente, el cerrojo se cierra bien y la puerta cumple con su función.
2. La puerta de reemplazo cumple con el requisito de valor R.
3. La instalación cumple con todas las mejores prácticas aplicables (p. ej., planos de drenaje, se volvió a calafatear, etc.).
4. Las prácticas adecuadas de trabajo seguro con el plomo están documentadas en el archivo.
5. La puerta de reemplazo no tiene fugas.
6. La puerta de reemplazo está instalada en ángulo recto, como es estructuralmente posible.
7. El archivo del cliente contiene fotografías de la puerta preexistente, lo cual demuestra que la unidad cumplía con los protocolos del Programa de climatización de Wisconsin para su reemplazo.

ANEXOS

| | |
|---|------|
| A-1: Glosario..... | A-2 |
| A-2: Valores R para materiales comunes..... | A-8 |
| A-3: Cálculos de la densidad del aislante y la cantidad de bolsas..... | A-9 |
| A-4: Información general sobre la espuma de poliuretano en aerosol (SPF)..... | A-14 |

A-1: Glosario

ACH: cambios de aire por hora (Air Changes per Hour, ACH), una estimación de la ventilación del edificio o los índices de fuga de aire.

ACH₅₀: cambios de aire por hora a 50 pascales, una medida del índice de fuga de aire de un edificio, como se determina con una puerta sopladora.

ACH_{nat}: cambios de aire por hora (natural), una estimación de la ventilación del edificio o los índices de fuga de aire en condiciones normales de funcionamiento.

Método de "adición de un agujero": una prueba de diagnóstico de presión por zona para medir o estimar las fugas en serie, que consiste en agregar un agujero de tamaño conocido a un lado del paso de la fuga en serie y medir el diferencial de presión antes y después de agregar el agujero.

AFUE: Eficiencia de utilización anual de combustible (Annual Fuel Utilization Efficiency), la eficiencia estacional de un sistema de calefacción de ambiente. Se expresa como el porcentaje de energía útil suministrada a un edificio, según el impacto de las condiciones climáticas a largo plazo, en comparación con la cantidad de energía consumida.

AGA: la American Gas Association (Asociación Estadounidense del Gas) es una organización que proporciona normas para los aparatos de gas y los sistemas de combustible.

Aparato: cualquier dispositivo (refrigerador, congelador, etc.) alimentado por electricidad y diseñado para uso doméstico. Puede ser reemplazado como una ECM aprobada por la División.

ASHRAE: la American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) es una organización que proporciona normas para una amplia variedad de trabajos de acondicionamiento de ventilación y espacios.

Medidas de carga base: medidas de conservación de la energía que reducen cualquier uso de energía de la unidad de vivienda que no está impulsado por el clima. Las ECM de carga base pueden incluir el reemplazo del calentador de agua, el reemplazo de las lámparas LED o el reemplazo del refrigerador y el congelador.

Sótano: la subestructura de un edificio, con las paredes exteriores que forman los cimientos del edificio. La mayor parte del sótano suele estar bajo tierra. Las alturas de las paredes varían, pero suelen ser superiores a las 70 pulgadas. En Wisconsin, el sótano suele ser la zona de aparatos de combustión. Si el sótano es calentado involuntariamente por conductos o tuberías, el trabajo realizado en el sótano es el sellado y el aislamiento de la solera de caja, y el sellado de cualquier abertura grande en las paredes exteriores. Si el sótano se calienta intencionalmente, se pueden aislar las paredes del exterior, en función de la exposición por encima del nivel del suelo y los resultados del modelado del edificio con la auditoría NEAT. Consulte la *Sección 2.5 "Aislamiento de pisos y cimientos"* para obtener más información sobre los tratamientos.

Puerta sopladora: un sistema utilizado para medir las fugas de aire a través del armazón de un edificio mediante el uso de un ventilador calibrado que está acoplado a un medidor de presión.

BTU: Unidad térmica británica (British Thermal Unit); una unidad del sistema internacional (SI) de energía térmica.

BTU/h: BTU por hora; una medida de la capacidad de un sistema HVAC para consumir combustible o suministrar energía de acondicionamiento de espacios.

CAZ: zona de aparatos de combustión (Combustion Appliance Zone).

CFL: lámpara compacta fluorescente (Compact Fluorescent Lamp).

CFM: pies cúbicos por minuto (Cubic Feet per Minute); una medida de flujo de aire (como a través de una unidad de acondicionamiento de aire de la unidad de calefacción central o una puerta sopladora).

CFM₅₀: Pies cúbicos por minuto a 50 pascales; una medida común estandarizada de la fuga de aire, como se determina mediante el uso de una puerta sopladora.

CO: monóxido de carbono; un gas incoloro, insípido e inodoro que es venenoso, incluso en concentraciones muy bajas. Suele ser el resultado de la combustión incompleta de un combustible.

CO₂: dióxido de carbono; un gas incoloro, insípido e inodoro que interfiere con el razonamiento y el estado de alerta cuando está presente en concentraciones moderadas, y es venenoso en concentraciones elevadas.

Zona de aparatos de combustión (Combustion Appliance Zone, CAZ): el área donde se encuentran los aparatos de combustión con ventilación. La zona puede estar situada dentro o fuera del límite de presión.

Sellado de confort: trabajo de sellado de aire con el objetivo principal de controlar las corrientes de aire, que se suele llevar a cabo con el asesoramiento del ocupante de la unidad de vivienda. El sellado de confort se lleva a cabo cuando no se puede realizar la prueba de infiltración de aire. Cuando no se puede realizar la prueba de infiltración de aire, el trabajo de sellado se limita a la derivación del ático y al sellado de la unión clave, al reemplazo del vidrio y a un máximo de una hora de trabajo de sellado de confort.

Medida completada: una medida instalada de acuerdo con todas las normas y especificaciones de la política del programa.

Unidad completada: una unidad de vivienda que ha recibido todas las medidas de climatización apropiadas requeridas por la lista de medidas o la auditoría computarizada y que ha aprobado una inspección final.

Sistema de auditoría computarizada: la auditoría de energía aprobada por la División para ser usada en edificios de 1 a 4 unidades y en casas móviles.

Acondicionado: un área o espacio calefaccionado o enfriado por un sistema de calefacción o enfriamiento controlado para mantener temperaturas habitables (como por un termostato).

Espacio debajo del piso: espacio sin acabado debajo del piso de un edificio. Las paredes exteriores no suelen tener una altura superior a 40 o 50 pulgadas. La mayoría de los espacios debajo del piso tiene suelos de tierra. A veces, las escotillas de acceso se encuentran en el sótano a través de una pared común o en un muro de contención exterior. Esta área suele contener instalaciones hidráulicas, cableado y redes de conductos. El acceso a este espacio suele estar limitado al mantenimiento de las instalaciones hidráulicas, el cableado o la red de conductos. La decisión de dónde aislar un espacio debajo del piso depende de si la instalación hidráulica o la red de conductos atraviesan el espacio. Si lo atraviesan, normalmente las paredes exteriores y la solera de caja se sellan y aíslan con un aislante rígido, lanas de fibra de vidrio o espuma de dos

partes, especificados para la aplicación. En los espacios debajo del piso sin calefaccionar, sin conductos ni tuberías, la solera de caja y el piso del edificio se sellan y aíslan, muchas veces con celulosa insuflada o lanas de fibra de vidrio. Se debe instalar una barrera continua contra la humedad si el espacio debajo del piso tiene un suelo de tierra. Consulte la *Sección 2.5 "Aislamiento de pisos y cimientos"* para obtener más información sobre los tratamientos.

CRF: no puede alcanzar los cincuenta (Cannot Reach Fifty); procedimiento de la puerta sopladora cuando no se pueden alcanzar los 50 pascales de presión.

Materiales dañados: materiales específicamente asignados o designados para una unidad de vivienda o un trabajo específicos, y que se dañan y vuelven inutilizables, ya sea durante el transporte al sitio de trabajo o en este sitio.

DOE: Departamento de Energía (Department of Energy).

Auditoría de energía: una inspección de la unidad de vivienda que documenta sus condiciones desde el punto de vista térmico, estructural, de los aparatos, la iluminación y la seguridad. Puede basarse en la Lista de medidas requeridas o en el programa de software aprobado por la División que genera una lista de medidas de climatización recomendadas para la unidad de vivienda, según las especificaciones del programa de software.

Medidas de conservación de la energía (Energy Conservation Measures, ECM): las medidas instaladas en una casa que devuelven un ahorro de costos energéticos. Las medidas ECM contrastan con las medidas de salud, seguridad y reparación que no devuelven un beneficio de ahorro de costos energéticos.

ENERGY STAR®: un programa de la EPA o el DOE que ofrece incentivos a los fabricantes para que realicen productos energéticamente eficientes y recomienda a los consumidores a comprar estos productos.

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental).

Inspección final: la inspección llevada a cabo en una unidad de vivienda por una persona que no es miembro de la cuadrilla. La inspección final se lleva a cabo después de la finalización de los trabajos en el sitio. La inspección final debe realizarse antes de que el propietario pueda dar su aprobación.

Amianto friable: cualquier producto que contenga amianto y que pueda desmenuzarse, pulverizarse o reducirse a polvo mediante la presión manual.

GDA: máxima despresurización posible (Greatest Depressurization Achievable).

GFCI: interruptor de circuito por falla a tierra (Ground-Fault Circuit Interrupter).

Sellado con directrices: el trabajo de sellado de aire que se completó mediante el uso de las Directrices de sellado rentable de climatización, incluido el trabajo de sellado entre la casa y el exterior. Este trabajo suele abordar el sellado de fugas de aire cerca del plano de presión neutra.

Costos de calefacción: los costos de cualquier fuente de calefacción en una unidad de vivienda que se utiliza con fines de calefacción residencial. Quedan excluidos todos los costos de calefacción para fines comerciales, empresariales o cualquier otro fin que no sea para la unidad de vivienda del solicitante.

Energía del hogar: todas las fuentes de combustible utilizadas en una unidad de

vivienda. Incluye todos los costos de calefacción y los costos no relacionados con la calefacción. Los costos no relacionados con la calefacción suelen denominarse en las facturas de los servicios públicos "costos de carga base" (los costos base antes de incluir los costos de calefacción).

HVAC: sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

IFGC: Código Internacional de Gas Combustible (International Fuel Gas Code).

Infiltración: el aire no controlado que entra al edificio, normalmente en la parte inferior de este.

Acondicionado intencionalmente: un área o espacio pensados para ser calefaccionados o enfriados por un sistema de calefacción o enfriamiento, normalmente hasta el nivel controlado por un termostato en el espacio.

IWC: pulgadas de columna de agua (Inches of Water Column).

Uniones clave: uniones entre los componentes del edificio que requieren de un sellado o aislamiento cuidadoso (p. ej., uniones entre paredes y pisos).

kW: kilovatio, una medida de la potencia eléctrica.

kWh: kilovatio hora, una medida del uso eléctrico.

Pintura a base de plomo: pintura con un contenido de plomo no inferior al 0.06 % en peso o a 0.7 miligramos por centímetro cuadrado de área pintada.

Condiciones de trabajo seguro con plomo: condiciones que cumplen con los requisitos de la OSHA y la EPA para la protección adecuada contra la exposición al plomo, tanto para los ocupantes del edificio como para los trabajadores que llevan a cabo las actividades de climatización.

Lámpara LED: bombilla de diodos emisores de luz.

Aire de reposición: el aire que se introduce intencionalmente mediante conductos en una casa para compensar el aire que es expulsado de la casa por los extractores o las chimeneas.

Manual J: el método aprobado por la ASHRAE para calcular la pérdida de calor del edificio y estimar la capacidad correcta de los sistemas de acondicionamiento de espacios que se van a instalar.

MHEA: el Manufactured Home Energy Audit es el software de auditoría de energía del DOE que sirve para evaluar y priorizar los trabajos de climatización en las viviendas manufacturadas.

NEAT: el National Energy Audit Tool es el software de auditoría de energía del DOE que sirve para evaluar y priorizar los trabajos de climatización en las viviendas construidas en el sitio.

Sellado sin directrices: trabajos importantes de sellado de aire que son necesarios antes de otras actividades de medidas del armazón para controlar las fugas de aire brutas y proteger el edificio del deterioro causado por la migración de la humedad y el aire.

NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendios); organización que establece normas para los materiales y sistemas que afectan a la seguridad contra incendios de los edificios.

OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration); organismo que establece normas y reglamentos para promover la seguridad y la salud de los trabajadores.

Pa: pascal.

pascal: unidad métrica de presión.

ppm: partes por millón; una medida de concentración de un material disuelto en otro (como el CO que contamina el aire respirable).

Límite de presión: los distintos materiales y componentes que conforman la barrera de aire de una casa.

psi: libras por pulgada cuadrada; la unidad del SI para medir la presión.

PVC: cloruro de polivinilo; material utilizado en las tuberías de PVC y las láminas de plástico.

Radón: gas radiactivo incoloro e inodoro que se produce en forma natural y se ha demostrado que causa problemas de salud.

SDS: hoja de datos de seguridad (Safety Data Sheet) que describe los peligros de un material y el tratamiento de su exposición.

SEER: relación de eficiencia energética estacional (Seasonal Energy Efficiency Ratio); una medida de la eficiencia del aire acondicionado según el impacto de las condiciones climáticas a largo plazo.

Sótano corto: un cruce entre un espacio debajo del piso y un sótano. Los sótanos cortos suelen tener pisos de tierra y se accede a ellos a través de puertas en el piso o desde el exterior del edificio. Las paredes exteriores suelen ser más altas que 40 pulgadas, pero más cortas que 78 pulgadas y pueden variar si el piso no está nivelado. Este espacio suele contener los equipos de calefacción y calentamiento de agua del edificio. Rara vez se utiliza en el día a día; solo se suele acceder a ellos para realizar el servicio de los equipos. Si un sótano corto es calentado involuntariamente por conductos o tuberías, el trabajo realizado en el espacio se centra en el sellado y el aislamiento de la solera de caja, y el sellado de cualquier abertura grande en las paredes exteriores. Si un sótano corto se calienta intencionalmente, se pueden aislar las paredes del exterior, dependiendo de la cantidad de pared expuesta por encima del nivel del suelo y en función de los resultados del modelado del edificio con la auditoría NEAT. La decisión de instalar un retardador de vapor de suelo debe tomarse en función de las condiciones del sitio. Consulte *Aislamiento de pisos y cimientos en el Capítulo 2, Sección 2.5* para obtener más información.

Sonio: medida de ruido utilizada para clasificar los extractores de aire.

SSE: eficiencia en estado estacionario (Steady-State Efficiency), expresada en porcentaje; una relación entre la cantidad de energía útil suministrada a un edificio comparada con la cantidad de combustible consumido.

Pozo de sumidero: un agujero de recolección de agua (también conocido como sumidero, palangana de sumidero o foso de sumidero), situado por debajo del nivel normal del sistema de drenaje de un edificio. Normalmente se encuentra en el sótano de una casa.

Bomba del sumidero: una bomba diseñada para vaciar el agua de un pozo de sumidero.

TESP: presión estática externa total (Total External Static Pressure); una medida de la resistencia al flujo de aire en los sistemas de conductos de las unidades de calefacción central.

UDC: código uniforme de viviendas (Uniform Dwelling Code) de Wisconsin.

Ventilación: el intercambio intencional de aire interior con el aire exterior para eliminar los contaminantes, especialmente la humedad.

Venteo: el sistema de conductos de humos, el conector del respiradero y la chimenea que expulsa los gases de combustión fuera de la casa.

wrt: con referencia a (With Reference To); se utiliza para describir la configuración de la programación del medidor digital durante la prueba de infiltración de aire.

A-2: Valores R para materiales comunes

| Material | Valor R |
|--|--------------|
| Lana de fibra de vidrio o lana de roca, e insuflado de 1" | De 2.8 a 4.0 |
| Celulosa insuflada de 1" | De 3.0 a 4.0 |
| Relleno suelto de vermiculita de 1" | 2.7 |
| Perlita de 1" | 2.4 |
| Espuma blanca de poliestireno expandido (placas de poliestireno expandido) de 1" | De 3.9 a 4.3 |
| Espuma de poliuretano/poliisocianurato de 1" | De 6.2 a 7.0 |
| Poliestireno extruido de 1" | 5.0 |
| Espuma de poliuretano de 2 partes rociada de 1" | De 5.8 a 6.6 |
| Espuma Icynene de 1" | 3.6 |
| Tablero de partículas orientadas (Oriented Strand Board, OSB) o madera contrachapada de 1/2" | 1.6 |
| Hormigón o estuco de 1" | 0.1 |
| Madera de 1" | 1.0 |
| Alfombra/almojadilla de 1/2" | 2.0 |
| Revestimiento de madera de 3/8 – 3/4" | De 0.6 a 1.0 |
| Bloque de hormigón de 8" | 1.1 |
| Tejas de asfalto | 0.44 |
| Ladrillos de arcilla cocida de 1" | De 0.1 a 0.4 |
| Placas de sulfato cálcico calcinado o de yeso de 1/2" | 0.4 |
| Vidrio de un solo panel de 1/8" | 0.9 |
| Vidrio aislante de baja emisividad (varía según la clasificación del coeficiente de ganancia de calor solar [Solar Heat Gain Coefficient, SHGC]) | De 3.3 a 4.2 |
| Vidrio triple con 2 capas de baja emisividad | 8.3 |

Aislamiento del ático: cálculo de la densidad

Paso 1: calcule el volumen de aislante instalado: multiplique el área por la profundidad del aislamiento

del ático para obtener el volumen del aislante.

$$1500 \text{ SQ FT} \times 6.4/12 \text{ FT} = 800 \text{ FT}^3$$

Área Profundidad en pulgadas Pulgadas por pie Volumen del aislante

Paso 2: calcule el peso del aislante instalado: tome la cantidad de bolsas por el peso por el peso total.

$$52 \text{ BOLSAS} \times 24 \text{ LB/BOLSA} = 1248 \text{ LB}$$

Cantidad de bolsas Peso de una bolsa Peso instalado

Paso 3: calcule la densidad del aislante instalado: divida las libras del aislante por los pies cúbicos de volumen del aislante para obtener la densidad.

$$1248 \text{ LBS} \div 800 \text{ FT}^3 = 1.56 \text{ LB FT}^3$$

Libras del aislante Volumen del aislante Densidad instalada

Nota: La densidad debe estar entre 1.3 y 2.0 libras por pie cúbico o ajustarse a las instrucciones del fabricante en cuanto a la densidad, la cobertura y el número de bolsas para el valor R deseado.

Aislamiento de la pared: cálculo de la cantidad de bolsas

Paso 1: calcule el perímetro de una casa: si la casa es un rectángulo simple o casi un rectángulo simple, utilice la siguiente fórmula. Si la casa tiene varios lados desiguales, solo sume las longitudes para hallar el perímetro.

$$(2 \times 50 \text{ FT}) + (2 \times 30 \text{ FT}) = 160 \text{ FT}$$

Longitud Ancho Perímetro de la casa

Paso 2: calcule el área total de la pared: una vez calculado el perímetro de la casa, multiplíquelo por la altura de la pared. Esto dará como resultado el área total de la pared.

$$160 \text{ FT} \times 8 \text{ FT} = 1280 \text{ SQ FT}$$

Perímetro de la casa Altura de la pared Área total de la pared

Paso 3: calcule el área neta de la pared: calcule la suma de las áreas de las ventanas y las puertas. Réstelas del área total de la pared para obtener el área neta de la pared.

$$1280 \text{ SQ FT} - 150 \text{ SQ FT} = 1130 \text{ SQ FT}$$

Área total de la pared Área de ventanas y puertas Área neta de la pared

Aislamiento de la pared: cálculo de la cantidad de bolsas (continuación)

Paso 4: Cálculo de la cantidad de bolsas: multiplique el área neta de la pared por 1.1 a 1.5 libras por pie cuadrado para una pared de 2 x 4. A continuación, divida el número de libras por bolsa para obtener la cantidad de bolsas.

$$\frac{1130 \text{ SQ FT} \times 1.2 \text{ LBS/SQ FT}}{24 \text{ LB POR BOLSA}} = 57 \text{ BOLSAS}$$

Área neta de la pared

Peso de una bolsa

Libras por pie cuadrado (en el cual se basa)

Bolsas de aislante necesarias

Aislamiento de la pared: cálculo de la densidad

Paso 1: calcule el volumen de la pared: multiplique el área de la superficie de la pared por la profundidad de la cavidad de la pared convertida a pies.

$$57 \text{ BOLSA} \times 24 \text{ LB/BOLSA} = 1368 \text{ LB}$$

Bolsas instaladas
Peso de una bolsa
Libras del aislante

Paso 2: calcule el peso del aislante: multiplique la cantidad de bolsas instaladas por el peso de una sola bolsa para obtener el peso del aislante instalado.

$$1280 \text{ SQ FT} \times 3.5/12 \text{ FT} = 373 \text{ FT}^3$$

Área neta de la pared
Pulgadas de profundidad de la pared
Pulgadas por pie
Volumen de la pared

Paso 3: calcule la densidad del aislante instalado: divida las libras del aislante por los pies cúbicos de volumen del aislante para calcular la densidad.

$$1388 \text{ LB} \div 373 \text{ FT}^3 = 3.67 \text{ LB/FT}^3$$

Libras del aislante
Volumen del aislante
Densidad instalada

A-4: Información general sobre la espuma de poliuretano en aerosol (SPF)

SPF de baja presión

Los sistemas de SPF de baja presión son productos de espuma de poliuretano de dos componentes. Por lo general, se entregan en el lugar de trabajo en botes presurizados (~250 psi), se dispensan a través de mangueras no calentadas mediante un sistema de boquillas de mezcla desechables y se aplican al sustrato como un material similar a la espuma.

Este tipo de producto de SPF se suele utilizar para el sellado de aire y los proyectos de aislamiento a pequeña escala. Además, suelen venir en kits desechables de 200 o 600 pies de tabla.

SPF de alta presión

Los sistemas de SPF de alta presión son productos de espuma de poliuretano de dos componentes. Por lo general, se entregan en el lugar de trabajo en bidones o contenedores no presurizados, y se dispensan mediante una bomba dosificadora a la que se agrega calor y presión. Estos productos químicos viajan a través de mangueras calentadas hasta una pistola de pulverización, donde el material se mezcla y se transforma en aerosol durante la aplicación. Este tipo de producto de SPF se suele utilizar para aplicaciones de aislante de gran tamaño.

Una vez instalada, no hay esencialmente ninguna diferencia en el rendimiento del producto entre las espumas de baja y alta presión. Cabe señalar que las principales diferencias entre los dos tipos de sistemas son el índice de aplicación, los requisitos de EPP, las concentraciones de productos químicos en el aire durante la aplicación y la inversión en equipos.

Los aplicadores deberían obtener capacitación de los proveedores de SPF para ayudar a garantizar la calidad de la instalación, el uso adecuado de todo el equipo, y la manipulación y eliminación seguras de todos los productos químicos utilizados en el proceso. La Spray Polyurethane Foam Alliance (SPFA) también ofrece recursos adicionales para los productos de SPF de baja y alta presión.

Seguridad y aplicación

Durante la aplicación de los productos de SPF, se liberan sustancias químicas en el aire durante la mezcla de los productos químicos. Los vapores químicos pueden inhalarse y el polvo químico puede absorberse a través de la piel, por lo que una ventilación adecuada y un EPP apropiado son fundamentales para evitar la exposición del aplicador. La exposición a los productos químicos del SPF puede ocurrir, incluso a niveles de exposición bajos. Se debe informar a los clientes sobre el uso de productos de SPF en su hogar y los instaladores deben estar bien informados sobre los procedimientos utilizados para mantenerlos seguros. Los empleadores deben garantizar el cumplimiento de los requisitos de comunicación de riesgos de la OSHA. Las pertenencias del cliente deben ser protegidas del exceso de pulverización durante el uso y el sustrato sobre el que se aplica la espuma no debe tener una suciedad excesiva, ya que la espuma se expandirá en todas las direcciones. Si el área no se prepara adecuadamente antes de la aplicación, la espuma puede no adherirse o puede desprenderse de la superficie.

Instrucciones del fabricante para la instalación

Los aplicadores de SPF deben seguir todas las instrucciones de instalación del fabricante para el producto que se utiliza. Estas instrucciones incluyen los documentos específicos del producto, como las instrucciones de aplicación, las hojas de datos de seguridad (SDS) y los informes de evaluación.