

## Capítulo 1: Diagnóstico y sellado de las fugas de aire

### 1.1 Política de diagnósticos de las fugas de aire

La prueba del soplador de la puerta es obligatoria para todos los edificios (excepto para las viviendas móviles que se climatizan conforme a la Lista de medidas de viviendas móviles) antes de iniciar la climatización (prueba “Tal cual”) y al finalizar todas las medidas que llevan a cabo la hermeticidad del edificio (prueba “Final”). Lleve a cabo una prueba de presurización cuando haya peligros en la calidad del aire en el interior en el edificio. Siga el protocolo de sellado de fugas de aire para completar las medidas de sellado de aire del edificio. Siempre realice la Prueba de diagnósticos de la presión del área en los edificios con garaje adjunto. Documente los resultados de la prueba de diagnóstico de fuga de aire en el Libro de trabajo de diagnóstico. Tome medidas correctivas cuando las actividades de sellado de fugas de aire hayan contribuido a un riesgo para la seguridad o a un problema en la calidad del aire de interiores.

### 1.2 Información general del diagnóstico

La prueba descrita aquí ayudará a analizar la existencia de barreras contra el aire y a decidir si se necesita sellado de fugas de aire y dónde se las necesita.

Los materiales de la barrera contra el aire de un edificio forman parte del **límite de presión**, mientras que los materiales de aislamiento forman parte del **límite térmico** del edificio. La ubicación y la condición de estas barreras tienen consecuencias importantes en la eficacia del aislamiento. El ahorro óptimo de la energía y la pérdida mínima de calor se logran cuando los dos sistemas son continuos y se alinean, uno con el otro, en contacto directo, con la barrera contra el aire ubicada entre el espacio acondicionado y los materiales de aislamiento.

#### 1.2.1 Consecuencias de la fuga de aire

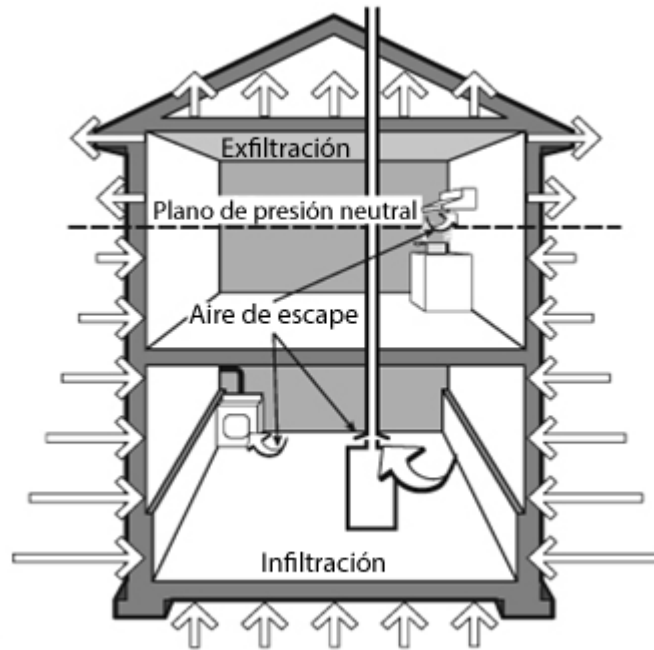
Controlar la fuga de aire en el armazón es la clave de un trabajo exitoso de climatización. Las decisiones tomadas acerca del sellado de las fugas de aire afectarán a un edificio a lo largo de su vida. La siguiente lista enumera maneras importantes en que una fuga de aire afecta a un edificio.

1. Una fuga de aire puede cambiar significativamente la pérdida neta de calor a través de una cavidad en el marco.
2. Por lo general, las fugas de aire representan un porcentaje importante de la pérdida de calor de un edificio.
3. La fuga de aire puede facilitar el ingreso y el egreso de humedad a la casa, y afectar la humedad relativa interior, creando potencialmente problemas de moho y humedad.
4. La ubicación y la cantidad de fuga de aire pueden afectarla corriente en chimeneas o dispositivos de combustión de corriente natural.

- Las fugas de aire proporcionan ventilación para la salida de contaminantes y la entrada de aire fresco. Sin embargo, las fugas de aire pueden permitir la entrada de contaminantes al hogar, tan fácilmente como los expulsa.

La altura y ubicación del edificio, el clima y los equipos mecánicos ocasionan las fugas de aire en los edificios. Los vientos fuertes pueden crear una presión positiva de un lado del edificio y una presión negativa del lado contrario. Un sistema de distribución de aire forzado, una chimenea o un extractor pueden crear una presión negativa en el edificio.

A menudo, el aire se mueve a través de un edificio acondicionado como si el edificio fuera una chimenea o un tubo de escape. El aire no acondicionado ingresa por debajo del edificio (infiltración) y el aire acondicionado se libera por la parte superior del edificio (exfiltración). Esto se llama **efecto chimenea**. El área entre el aire que ingresa desde abajo (infiltración) y el aire que se libera por la parte superior (exfiltración) se denomina **plano de presión neutra**. Poca fuga de aire ingresa o egresa en el plano de presión neutra. Como el edificio está ajustado en la parte inferior, el plano de presión neutra se mueve hacia arriba en el edificio. Como el edificio está reforzado en la parte superior, el plano de presión neutra se mueve hacia abajo. Para obtener mejores resultados, se deben sellar tanto la parte superior como la inferior del edificio.



**Conceptos de fuga de aire:** Cuando se realiza un sellado de fugas de aire, se logran entender los efectos de los dispositivos extractores, el efecto chimenea y el efecto de viento.

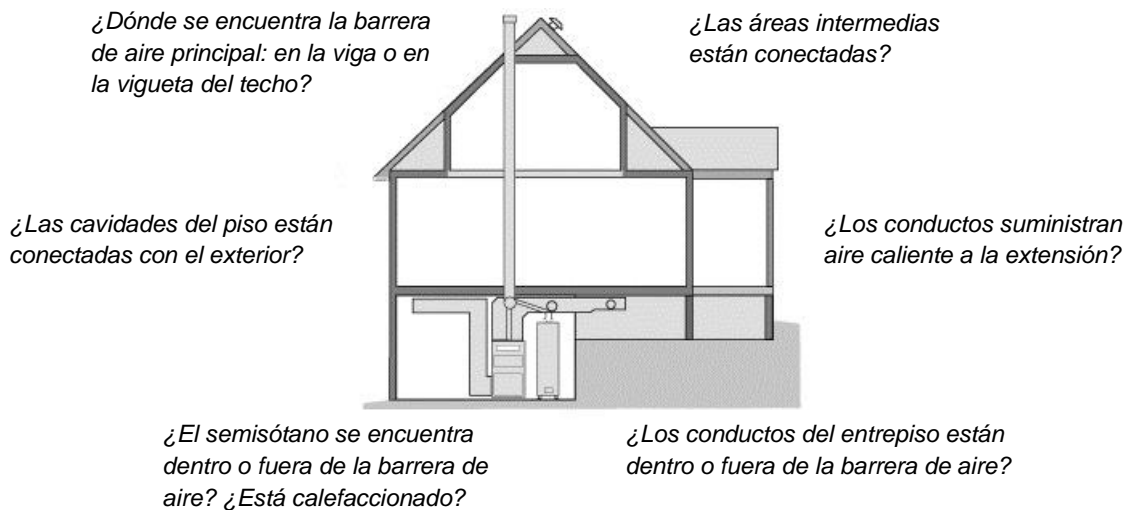
El sellado de fugas de aire puede afectar la corriente natural de los dispositivos de combustión que están conectados a un sistema de ventilación no positivo. Una vez que se completan todas las medidas de climatización, se debe realizar la prueba de corriente más desfavorable que contenga chimeneas y dispositivos de combustión de corriente natural. La excepción a esto es que la prueba de corriente no se puede completar en sistemas de calefacción con leña o cuando el diseño del dispositivo no es adecuado para medir la corriente. Consulte el *Protocolo de corriente más desfavorable en el Capítulo 5, Sección 5.6*.

### 1.2.2 Objetivos de la prueba de fuga de aire

Las pruebas de fuga de aire son las herramientas utilizadas para determinar la ubicación y la cantidad de fuga de aire a través del límite de presión de un edificio. Las pruebas de

precisión permiten un sellado de fugas de aire rápido y efectivo del límite de presión y, al mismo tiempo, protegen la calidad del aire en el interior.

Un objetivo secundario de la prueba de fugas de aire es decidir dónde ubicar la barrera de aire cuando un área intermedia, como un ático o un entrepiso, ofrece una serie de ubicaciones de barreras de aire. Por ejemplo, usualmente el cielo raso es un límite térmico de un edificio en lugar del techo. Sin embargo, en los cimientos, la barrera de aire se puede ubicar en la plataforma del primer piso o en los muros de cimentación. La prueba de fuga de aire ayuda a establecer el mejor lugar, o el más rápido o el menos costoso para ubicar una barrera de aire funcional. Siempre que sea posible, ubique la barrera de aire para que incluya los sistemas de plomería y de distribución del aire dentro de los límites de presión. En la mayoría de los edificios, la barrera de aire se encuentra en los muros de cimentación de concreto o bloques. En un edificio con cimientos de escombros, la plataforma del piso puede ser el mejor lugar para realizar una barrera de aire funcional, especialmente si la plomería o la distribución de aire limitada (o no) se encuentra en esta área. Si la plomería está aislada fuera del límite térmico, tome precauciones para evitar que las tuberías se congelen.



**Preguntas que se deben hacer y responder antes del sellado de fugas de aire:** Sus respuestas ayudan a determinar la ubicación más eficiente y rentable de la barrera de aire.

La prueba de fuga de aire es necesaria porque, simplemente, no existe un método prescriptivo para determinar la severidad y la ubicación de las fugas. Es posible que se necesiten realizar diferentes niveles de prueba para evaluar la fuga en el armazón. Una simple prueba de soplador de la puerta puede ser suficiente para una casa común y corriente. El trabajo se puede realizar de manera más eficiente en edificios complejos cuando las pruebas de presión del área y las pruebas de diagnóstico infrarrojo ofrecen información adicional.

Es más eficiente y rentable sellar las fugas de aire grandes, en primer lugar. Buscar las fugas pequeñas lleva tiempo y, por lo general, no es rentable. Consulte la hoja de trabajo

“Protocolo de sellado de fugas de aire” en el Libro de trabajo de diagnóstico para obtener asesoramiento sobre el protocolo de sellado de fugas de aire.

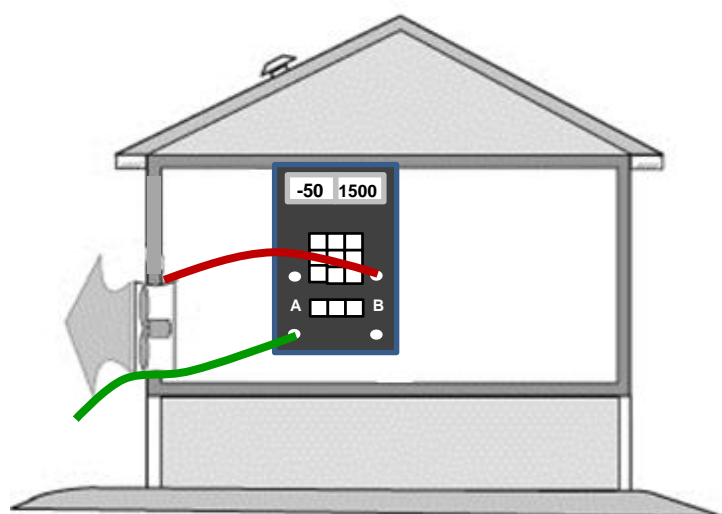
### 1.3 Prueba de hermeticidad de la casa

El soplador de la puerta mide la tasa de fuga de un hogar a una diferencia de presión estándar de 50 pascales. Esta medida de fuga se puede usar para comparar las tasas de fuga de aire antes y después del sellado de fugas de aire. El soplador de la puerta también permite que el técnico pruebe las partes de la barrera de aire del hogar para ubicar las fugas de aire. A veces, las fugas de aire son obvias. Más a menudo, las fugas están escondidas y el técnico usa el soplador de la puerta para obtener pistas sobre su ubicación.

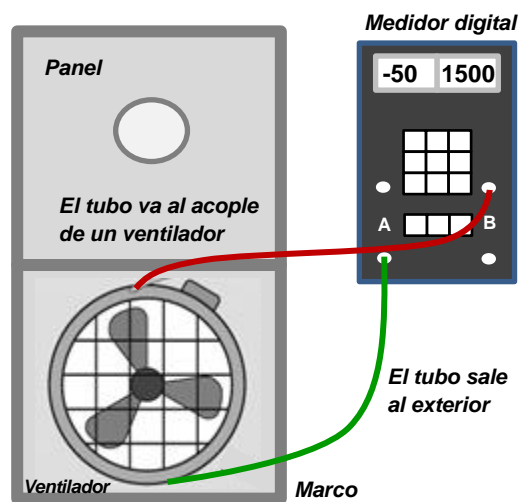
Esta sección describe los conceptos básicos de la medida de fuga de aire con el soplador de la puerta, junto con algunas técnicas para reunir pistas sobre la ubicación de fugas de aire.

#### 1.3.1 Prueba del soplador de la puerta

El soplador de la puerta crea una diferencia de presión de 50 pascales en todo el armazón del edificio y mide el flujo de aire en pies cúbicos por minuto a 50 pascales. Esto ofrece una medida objetiva de la pérdida de un edificio. El soplador de la puerta también crea diferencias de presión entre las habitaciones de la casa y áreas intermedias, tales como áticos, entrepisos y garajes. Cuando se miden estas diferencias de presión, se pueden obtener pistas sobre la ubicación y el tamaño de las fugas de aire escondidas de una casa.



**Prueba del soplador de la puerta:** Las barreras de aire se prueban durante una prueba del soplador de la puerta, con la casa a una presión de 50 pascales negativos con referencia al exterior. Esta casa tiene 1500 CFM<sub>50</sub> de fuga de aire. Otras pruebas de diagnóstico pueden ayudar a determinar de dónde viene la fuga.



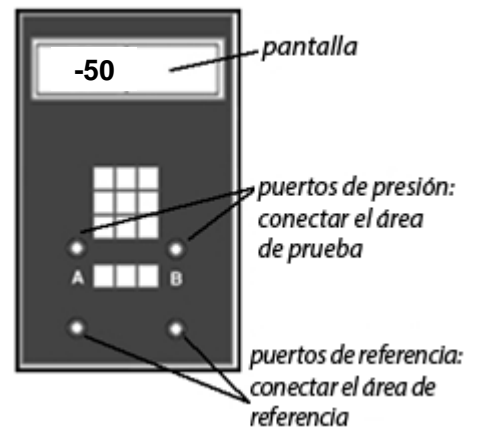
**Componentes del soplador de la puerta:** incluye marco, panel, ventilador y medidor digital.

### Terminología del soplador de la puerta:

Es importante que conecte correctamente las mangueras del medidor digital para lograr una prueba precisa. Existe un método aceptado para comunicar las conexiones de mangueras correctas que ayudan a evitar la confusión.

Este método usa la frase “*con referencia a*” (WRT, with reference to) para distinguir entre la zona de entrada y la zona de referencia de una medida de presión particular. El exterior es la zona de referencia más comúnmente usada para la prueba del soplador de la puerta. La zona de referencia se considera el punto cero en 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 la diferencia de presión de la casa al exterior.



#### Medidores digitales:

Se utilizan para diagnosticar las presiones de la casa y conductos de manera rápida y precisa.

### Anillos de flujo

Durante la prueba del soplador de la puerta, el medidor digital mide la presión del flujo de aire a través del ventilador y el tamaño de la apertura para calcular la fuga de aire del edificio. Para que el medidor digital calcule la fuga de aire del edificio de manera precisa, el aire debe fluir a una presión adecuada a través del ventilador. Es posible que los edificios más ajustados no tengan suficiente fuga 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 que el flujo de aire es insuficiente con una luz intermitente que indica “Lo” (bajo).

Para incrementar la presión del ventilador y el flujo de aire, use los anillos de flujo que se proporcionan con la soplador de la puerta, para reducir la apertura del ventilador e incrementar la presión del flujo de aire a través del ventilador. Luego de conectar los anillos de flujo, siga las instrucciones del fabricante para seleccionar el ajuste adecuado del medidor digital.

### 1.3.2 Preparación para la prueba del soplador de la puerta

Preparar la casa para la prueba del soplador de la puerta involucra poner la casa en “condiciones de invierno”. Las puertas interiores deben estar abiertas a **todas** las áreas acondicionadas (por ejemplo, espacios de murete, entrepisos acondicionados, etc.), mientras que todas las puertas y ventanas exteriores, así como los accesos a espacios no acondicionados deben estar cerrados. Se deben mantener estas condiciones durante la totalidad de la prueba.

Intente anticiparse a los problemas que podría causar la prueba del soplador de la puerta. Cuando se está realizando la prueba del soplador de la puerta en modo de despresurización, puede causar lanzamiento de llama y contracorriente en los dispositivos de combustión, y también puede provocar que las chimeneas expulsen desechos, o que se succionen las placas del techo o las puertas de acceso a los áticos sin trabar.

Siga estos pasos para prepararse para una prueba del soplador de la puerta:

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, incluidos los postigos.
4. Inspeccione las áreas intermedias y de aire exterior para detectar los posibles contaminantes que pueden ingresar a la casa durante la prueba del soplador de la puerta. Si fuera necesario, haga la prueba en modo de presurización.
5. Apague los dispositivos de combustión conectados a los sistemas de ventilación con presión negativa, pero no olvide volver a encenderlos al finalizar la prueba. **Consejo:** Si deja las llaves del vehículo junto o encima de un dispositivo que se ha apagado evitará la salida sin tener que volver a encender el dispositivo.
6. Cierre los reguladores de tiro de las chimeneas y cocinas. Cuando la vivienda tiene un hogar de horno abierto, verifique que las cenizas o brasas calientes no se vuelen del horno o realice la prueba en modo de presurización. Tenga cuidado al realizar la presurización para asegurarse de no alimentar el fuego en el hogar con el aire de combustión adicional.

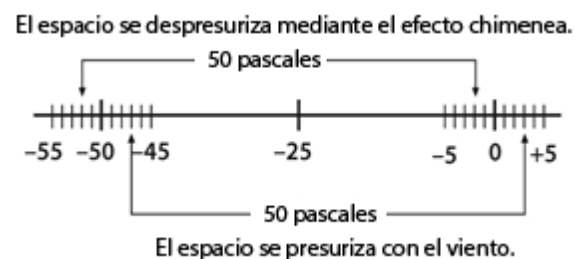
### 1.3.3 Procedimientos de la prueba del soplador de la puerta

Siga este procedimiento general al realizar la prueba del soplador de la puerta:

1. Instale el marco, el panel y el ventilador del soplador de la puerta en una entrada exterior con una vía libre al interior y al exterior. En los días ventosos, intente colocar un ventilador en paralelo a la dirección del viento. **PARA LA PRUEBA DE PRESURIZACIÓN, ÚNICAMENTE:** Instale el ventilador del soplador de la puerta con el lado de la entrada mirando hacia el exterior (los anillos de flujo hacia afuera), para que el ventilador mueva el aire del exterior hacia el interior. No use el interruptor del ventilador para invertir la dirección del flujo de aire.
2. Coloque el medidor digital en el soporte de sujeción unido al marco del soplador de la puerta o a la puerta de la casa. Antes de conectar las mangueras a las llaves, encienda el medidor.
3. Conecte una manguera a la llave de Referencia del Canal A, en el medidor digital. Retire esta manguera al exterior, al menos, 5 pies al lado del ventilador, y asegúrese que el extremo de la manguera esté protegido del viento.



4. PARA LA PRUEBA DE PRESURIZACIÓN, ÚNICAMENTE: Conecte una manguera adicional a la llave de referencia del Canal B. Retire esta manguera al exterior, con el extremo de la manguera ubicado al lado del ventilador.
5. Conecte una manguera a la llave de Entrada del Canal B, en el medidor digital. Conecte el otro extremo de esta manguera a la llave de presión, en el ventilador del soplador de la puerta.
6. Configure el medidor digital para que mida el flujo de aire a 50 pascales (PR/FL@50). Seleccione una configuración del anillo de flujo para que coincida con la configuración del ventilador del soplador de la puerta.
7. Para obtener las medidas precisas del soplador de la puerta, se deben ajustar las lecturas para los efectos de viento y chimenea. Este ajuste también se conoce como “ajuste de línea de base”. Use la característica de línea de base del medidor digital para ajustar la línea de base. En los días ventosos, deje que la función de línea base se registre al menos unos 60 segundos.
8. Retire los anillos de flujo, según sea necesario. Confirme que el modo del medidor digital continúe siendo de flujo a 50 pascales (PR/FL@50). Además, confirme que la configuración del anillo de flujo del medidor coincida con la configuración del ventilador del soplador de la puerta.
9. Encienda el ventilador e incremente su velocidad lentamente hasta que se alcancen, aproximadamente, 50 pascales de diferencia entre el interior y el exterior. Si la presión a lo largo del ventilador es demasiado baja, instale uno o más anillos de flujo bajo a fin de exhibir una medida precisa en el medidor digital. Ajuste el tiempo promedio a 5 segundos, luego de alcanzar la diferencia de presión de 50 pascales. En los días de viento, use hasta 10 segundos o más.
10. Documente los CFM<sub>50</sub> del Canal B del medidor digital en el Libro de trabajo de diagnóstico. Mida, además, las temperaturas del interior y el exterior, y regístrelas en el Libro de trabajo de diagnóstico.



### Seguimiento de la prueba del soplador de la puerta

1. Regrese la casa a su estado original.
2. Inspeccione las luces piloto del dispositivo de combustión para asegurar que la prueba del soplador de la puerta no las apagó.

3. Restablezca los termostatos de los radiadores y calderas que se apagaron para la prueba.
4. Documente todas las condiciones inusuales que afectan la prueba del soplador de la puerta y la ubicación donde se colocó el soplador de la puerta. Documente la prueba con una fotografía, si fuera necesario.

## 1.4 Sellado de fugas de aire y calidad del aire en interiores

El sellado de fugas de aire afecta la calidad del aire en el interior del hogar al reducir la cantidad de ventilación natural. Cuando se reduce la ventilación natural debajo de cierto nivel, a veces se necesita ventilación mecánica de extracción para asegurarse que los contaminantes se evacúen hacia el exterior y que el aire fresco ingrese al interior.

Para obtener instrucciones sobre cómo calcular los requisitos de ventilación de toda la casa, consulte la página de “Instrucciones” del Libro de trabajo de diagnóstico. Siempre que sea posible, instale el 100 por ciento de la tasa de ventilación mecánica requerida.

Consulte “*Ventilación mecánica, en el Capítulo 5 – Sección 5.9*” para obtener más información sobre los requisitos de ventilación.

### 1.4.1. Sellado de fugas de aire

Realice el trabajo de sellado de fugas de aire de manera razonable y rentable. La primera prueba del soplador de la puerta (prueba “Tal cual”) documenta la pérdida general del edificio antes de que comience a funcionar la climatización. Ayuda a que el equipo determine el trabajo de sellado de fugas de aire potencial que se debe realizar. Para identificar qué sellado de fugas de aire se debe completar y dónde, use el soplador de la puerta con una cámara de infrarrojos, humo o “sienta” con sus manos para localizar las fugas de aire. Otra herramienta para ayudar a guiar el sellado de fugas de aire es el diagnóstico de presión del área. Consulte *Diagnóstico de presión de área (ZPD, Zone Pressure Diagnostics), en el Capítulo 1 – Sección 1.5* para obtener instrucciones sobre el uso de la prueba de presión de área para guiar el sellado de fugas de aire.

El sellado de fugas de aire principal se realiza en el edificio con la instalación de cualquier otra medición del armazón o antes de ello. Esto incluye la instalación de los vidrios de las ventanas donde falten, el sellado de orificios grandes en el revestimiento del edificio, el sellado de uniones claves de la construcción y el sellado de todos los bordes principales del ático. Para los orificios de más de ¼” de tamaño, use sellador, lana de acero u otro material a prueba de plagas para rellenar la penetración antes del sellado. Si el claro tiene más de 24 pulgadas, instale soportes que tengan la capacidad de cubrir esta distancia conforme a la carga existente (si no es aislante) o a la carga prescrita (si se agrega aislamiento). Se deben sellar las penetraciones con un material duradero, con una vida útil prevista de 10 años, como mínimo.

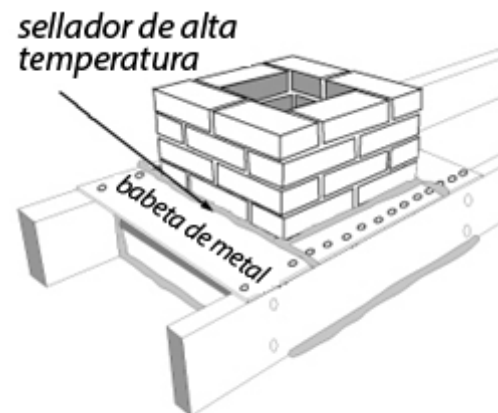


El sellado de fugas de aire menor es el que se realiza luego de completar el principal y todas las mediciones del armazón, y se limita a 1 hora de trabajo. El líder del equipo será quien tome la decisión de realizar el sellado de fugas de aire menor. A menudo, el sellado de fugas de aire menor tiene un impacto mínimo en el ahorro de energía, pero puede mejorar la comodidad de los ocupantes. El sellado de fugas de aire menor puede incluir los burletes de puertas y ventanas, burletes con cepillo para puertas, sellado de aire de ventanas y sellado de molduras.

Algunos defectos en las barreras de aire que requieren sellado de fugas de aire incluyen, pero no se limitan, a:

### Áticos y otros espacios ocultos

1. **Intradós colgantes interiores:** Tape el intradós con material rígido y selle alrededor del perímetro de la tapa. Si el intradós se encuentra ubicado en un lugar de difícil acceso, o a lo largo de una pared exterior, considere un relleno denso para el intradós. Si el intradós contiene un aplique de luz sin clasificación IC, asegúrese de mantener cualquier aislamiento, al menos, 3 pulgadas alejado de la parte superior y de los costados del aplique u obtenga la aprobación del propietario para cambiar el aplique por alguno con clasificación IC o por un aplique de montaje enrasado. A menudo, el ZPD revela que estas áreas no tienen fugas. Considere hacer la prueba antes del sellado de fugas de aire y documente, sobre la base de los resultados de la prueba, la decisión de sellar o no sellar.
2. **Alrededor de chimeneas de mampostería:** Use un metal de calibre 26 o más pesado y sellador con clasificación de temperatura adecuada para sellar dentro de las 2 pulgadas de la chimenea.
3. **Armazón de globo / paredes de separación abiertas:** Tape los orificios del perno con material rígido y selle alrededor del perímetro de la tapa. Rellene la cavidad con guata para que el relleno de refuerzo no se doble, hunda o mueva una vez instalado. Selle con espuma o relleno denso con aislamiento.
4. **Luces empotradas:** Para los apliques con clasificación IC, selle el aplique. Use sellador o masilla para preparar para el aislamiento. Para los apliques sin clasificación IC, cree una cubierta con materiales no combustibles que impidan la transferencia



**Sellado alrededor de chimeneas:** Solo se podrán usar materiales no combustibles, como metal, para el sellado alrededor de las chimeneas.

rápida del calor. Se podrán usar paneles de yeso si se mantiene una distancia de tres pulgadas. Las hojas de metal no son un material permitido.

5. **Platos de paredes identificados como filtrantes (paredes interiores y exteriores):** Busque el aislamiento que esté sucio por encima de las placas superiores. Esto indica donde está la fuga de aire. La presurización de la casa con el soplador de la puerta ampliará las fugas más pequeñas y difíciles de ubicar. Use espuma o sellador para sellar las placas superiores de las fugas. En las casas de familias múltiples, también se pueden incluir las medianeras.
6. **Penetraciones eléctricas y de otros tipos a través de las placas superiores de las paredes:** Use espuma de un componente o sellador.
7. **Penetraciones en el cielo raso:** Aquí se incluyen instalaciones eléctricas, extractores, bajantes, tuberías de escape de la secadora y red de conductos de climatización, etc. Selle con espuma o sellador, según corresponda. Selle desde el interior, siempre que sea posible, en lugar de hacerlo desde el ático.
8. **Uniones clave:** Las uniones clave son los espacios en los marcos y los espacios compartidos donde convergen dos o más juntas. Use espuma o sellador para sellar las uniones clave. Otra opción es usar el método de la bolsa con celulosa. Consulte *Instalación de aislamiento en el ático en casas de 1½ pisos, en el Capítulo 2 – Sección 2.2.7* para obtener más información sobre el método de la bolsa.
9. **Ventilador central:** Si el ventilador está en funcionamiento, encajónelo e instale una cubierta extraíble y hermética. El ocupante debería poder quitar la cubierta fácilmente para un uso futuro.

## Sótano

1. **Vigueta de borde:** Selle las fugas entre la solera y los cimientos ya sea desde el interior o el exterior, según la accesibilidad. Busque suciedad en el aislamiento de la caja de solera como evidencia de una fuga de aire. Con el soplador de la puerta, se pueden ampliar las fugas más pequeñas. Selle las fugas con espuma o sellador. Si no puede acceder a las fugas desde el interior, selle desde afuera, donde la solera se une con los cimientos, detrás del revestimiento.
2. **Penetraciones en los cimientos y la solera:** Use espuma o sellador para sellar las grandes penetraciones identificadas en los cimientos. Si la espuma se expondrá a la luz solar, tenga cuidado de proteger la espuma del deterioro.
3. **Chimeneas inactivas y bocas de limpieza:** Realice un sellado de fugas de aire para evitar las fugas y reducir la convección del bucle. Etiquete la chimenea con claridad para dejar en claro que ya no es adecuada para el uso.
4. **Bañeras en paredes exteriores:** Si es posible, instale un aislamiento denso en el espacio abierto entre la bañera y la pared exterior, de ser posible.

## Ventanas

1. **Vidrio de ventana faltante:** Instale un nuevo vidrio en la ventana o, de otra manera, selle la apertura, siguiendo las prácticas de trabajo seguro con plomo y asbesto. Consulte *Reparación y reemplazo de ventanas en el Capítulo 6, Sección 6.1.1* para obtener más información sobre la reparación y el reemplazo de ventanas. *Nota: El sellado de fugas de aire del vidrio rajado de una ventana se considera Sellado de aire menor.*

## Puertas

1. **Reparación de puerta:** Selle los espacios entre el cerco y la jamba con sellador. *Nota: El sellado de los espacios entre el cerco o la jamba de la puerta entra en el Sellado de fugas de aire menores.*
2. **Puertas de garaje:** Coloque burletes en todas las puertas que conectan las áreas acondicionadas con el garaje adjunto.

## 1.5 Diagnóstico de presión de área

Las pruebas de ZPD ayudan a cuantificar la fuga de aire desde la casa a las “áreas” intermedias. Al usar pruebas ZPD, los trabajadores pueden priorizar el sellado de fugas de aire en áreas del límite de presión, donde sería más efectivo. Las pruebas de ZPD pueden permitir que los trabajadores ahorren tiempo para trabajar en áreas cuyos desvíos de aire son insuficientes para garantizar el sellado de fugas de aire extenso. Algunas áreas intermedias comunes son los áticos, garajes y entrepisos.

Las pruebas de ZPD calculan un **trayecto total** de  $CMF_{50}$  de fuga desde el exterior, pasando por el área, hacia el espacio acondicionado. Por ejemplo, un buen objetivo para “todos los desvíos principales del ático” sería que el trayecto total a través de todos los áticos hacia el espacio acondicionado no supere el 10 por ciento de la fuga total de aire de la casa. Por ejemplo, una casa con una prueba de soplador de la puerta final de 2200  $CMF_{50}$ , debería tener un trayecto total a través de todas las áreas intermedias del ático de no más de 220  $CMF_{50}$ .

Al realizar las pruebas de ZPD, use la prueba del soplador de la puerta final estimada de los auditores, no la prueba del soplador de la puerta en curso, para calcular la fuga del área. Documente todas las circunstancias inusuales en la hoja de trabajo Datos del soplador de la puerta de la sección Comentarios, dentro del Libro de trabajo de diagnóstico.

Siempre realice la prueba de ZPD al climatizar un edificio con un garaje adjunto. Registre los resultados de la prueba en la hoja de trabajo ZPD del garaje, en el Libro de trabajo de diagnóstico.

Use el ZPD para guiar las decisiones sobre dónde dirigir los esfuerzos de sellado de fugas de aire. El ZPD puede permitir a los trabajadores:

1. Evaluar la hermeticidad de secciones específicas de los límites de presión de un edificio, especialmente suelos y cielo raso.
2. Decidir cuál de las dos barreras de aire se podrían sellar; por ejemplo, sellar en la plataforma del primer piso o en las paredes de los cimientos. Consulte la tabla 1-2, en la sección 1.5.3.
3. Estimar la fuga de aire en CFM, a través de una barrera de aire en particular.
4. Determinar si las áreas tales como las cavidades en el suelo, los techos del porche y las salientes son conductos de las fugas de aire.
5. Determinar si las cavidades de los edificios, las áreas intermedias y los conductos están conectados mediante fugas de aire.

La prueba de ZPD debería usarse siempre que sea adecuado. Por lo general, allí es cuando la vivienda tiene una o más de las siguientes condiciones:

1. Problemas estructurales de humedad relacionados con la humedad que se escapa con el aire a las zonas no calefaccionadas.
2. Varias áreas donde es necesario determinar el enlace entre las áreas o establecer las prioridades de sellado de fugas de aire.
3. Raramente, un resultado alto del soplador de la puerta, sin ninguna indicación de dónde se origina la infiltración.
4. Los resultados del ZPD completado se debería documentar en el Formulario de diagnóstico de presión de la zona, dentro del Libro de trabajo de diagnóstico.

**Tabla 1-1: Rendimiento del aire de los componentes del edificio**

Buenas barreras de aire (<2 CFM <sub>50</sub> por 100 ft <sup>2</sup> )	Barreras de aire aceptables (2-10 CFM <sub>50</sub> por 100 ft <sup>2</sup> )	Barreras de aire deficientes (10-1000 CFM <sub>50</sub> por 100 ft <sup>2</sup> )
Tablero estructural de tiras orientadas <sup>5</sup> / <sub>8</sub> "	Filtro perforado n.º 15	Laminado de madera amachimbrado <sup>5</sup> / <sub>8</sub> "
Cartón yeso de ½"	Bloque de hormigón	Guata de fibra de vidrio de 6"
Papel barrera de aire de 4 mm	Mampostería	Celulosa de aplicación por rocío húmedo de 1½"
Tejas de asfalto y fieltro perforado sobre contrachapado de ½".	Aglomerado cubierto de asfalto de <sup>7</sup> / <sub>16</sub> "	Revestimiento de madera sobre revestimiento de tablón
Tablero compactado templado <sup>1</sup> / <sub>8</sub> "	Poliestireno expandido de 1"	Tejas de madera sobre revestimiento de tablón
Yeso y listón no agrietados, pintados	Revestimiento de ladrillo	Aislante fibroso soplado
Medidas tomadas a 50 pascales de presión. Basado en la información de: "Air Permeance of Building Materials" de Canada Mortgage Housing Corporation, junio de 1988, y estimaciones de montajes similares del autor. Si bien la celulosa reduce la fuga de aire cuando sopla en las paredes, no se considera un material de barrera de aire.		

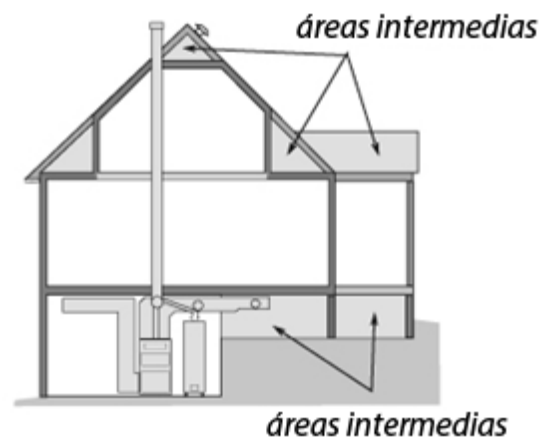
## Límite de presión primario frente al secundario

El **límite de presión primario**, o barrera de aire, abarca las superficies de la estructura del edificio que contienen el aire acondicionado de la vivienda y evitan la fuga de aire.

Idealmente, el límite de presión primario será tan continuo como sea posible, y se alineará con el límite térmico del edificio.

El **límite de presión secundario** abarca las superficies del edificio que se encuentran fuera del límite térmico y que se combina con los límites de presión primarios para formar las áreas intermedias.

**Las áreas intermedias** son espacios que están aislados fuera del límite térmico de la casa, pero que están protegidos dentro de la carcasa exterior de la casa. Las áreas intermedias pueden incluir tales áreas no acondicionadas, como sótanos, entrepisos, áticos, porches cerrados y garajes contiguos. Antes de la climatización, las áreas intermedias pueden incluirse ya sea dentro del límite de presión primario de la casa o fuera de él. Un objetivo de la climatización es mejorar el límite de presión para que estas áreas no acondicionadas se encuentren aisladas fuera del límite de presión primario de la casa.



Las áreas intermedias tienen dos límites de presión potenciales: 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 plataforma del techo. Es importante determinar cuál de los dos sirve como límite primario de presión.

Una vez que se completa 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 aislamiento para garantizar la efectividad del aislamiento. La barrera de aire debe estar compuesta de materiales que sean continuos, sellados en las juntas y relativamente impermeables al flujo de aire.

### 1.5.1 Pruebas sencillas de fuga de aire

Durante la prueba del soplador de la puerta, se puede identificar información importante sobre la filtración relativa a las habitaciones o secciones de la casa. A continuación, se presentan cinco métodos para la ubicación de fugas de aire.

1. **Sentir la fuga de aire:** Desde el interior del edificio, a lo largo del límite de presión primario, se puede sentir el movimiento de aire durante la prueba de despresurización. Desde el interior de un área intermedia, a lo largo del límite de presión primario, se puede sentir el movimiento de aire durante la prueba de presurización. La fuga de aire de una habitación puede sentirse al cerrar una puerta interior. Un espacio más pequeño entre la puerta y la jamba permite que el flujo de aire se acelere. Sienta el flujo de aire a lo largo de la longitud de esa grieta, y comparar la intensidad de ese flujo de aire con el flujo de aire de otras habitaciones, con la misma técnica.
2. **Observar el movimiento causado por la fuga de aire:** Para ubicar las fugas de aire desde el interior, despresurice la casa y busque telarañas en movimiento, cortinas en movimiento o polvo al soplar. Para ubicar fugas de aire desde áreas intermedias, presurice la casa y busque el movimiento de relleno de aislamiento suelto, polvo al soplar o telarañas en movimiento.
3. **Observar el movimiento de humo:** El mejor método para diagnosticar una fuga de aire del límite de presión primario es usar un generador de humo durante una prueba de **presurización**.
4. **Imagen térmica:** Observe las superficies con una cámara infrarroja. Las áreas de alto contraste o resplandecientes a lo largo del corte del edificio pueden indicar la presencia de fugas de aire. Observar las superficies antes y después de realizar el soplador de la puerta puede indicar un cambio en la temperatura de la superficie debido a la fuga de aire.
5. **Diferencia del flujo de aire de la habitación:** Mida el CFM<sub>50</sub> de la casa con todas las puertas interiores abiertas. Cierre la puerta de una sola habitación o el sótano y note la diferencia en la lectura del CFM<sub>50</sub>. La diferencia es la fuga aproximada a través de esa habitación o del sótano.



**Prueba de la puerta en el interior:** Sentir el flujo de aire con la mano en la grieta de una puerta interior le da una indicación aproximada de la procedencia de la fuga de aire, desde el exterior hacia esa habitación.

El ocupante puede realizar las pruebas 1 a 3 como parte de la capacitación del cliente. Sentir el flujo de aire u observar el humo son observaciones sencillas y pueden identificar muchas fugas de aire o revelar que las ventanas o puertas tienen una fuga de aire mínima. Las pruebas 4 y 5 requieren experiencia para interpretar las observaciones. Las superficies con

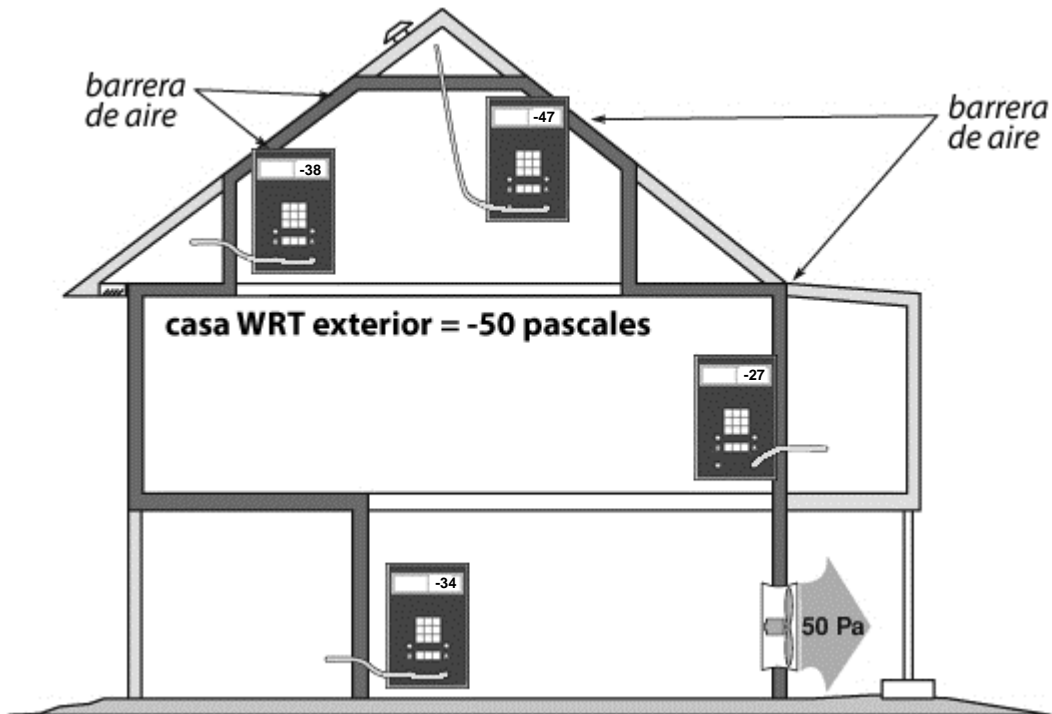


alto contraste pueden deberse a la falta de aislamiento o fuga de aire al usar una cámara infrarroja. Cuando se restringe el flujo de aire dentro de una casa al cerrar una puerta, como en la prueba 5, puede tomar trayectos interiores alternativos que reduzcan la precisión de la prueba. Solo el buen sentido y la experiencia pueden guiar las decisiones acerca de la aplicabilidad y la utilidad de estas pruebas sencillas.

### 1.5.2 Usar un medidor digital para medir los límites de presión

Un medidor digital usado para la prueba del soplador de la puerta también puede medir las presiones entre la casa y sus áreas intermedias durante las pruebas del soplador de la puerta. El soplador de la puerta, cuando se usa para crear una diferencia de presión de la casa al exterior de 50 pascales, también crea presiones de la casa al área que puede variar de 0 a 50 pascales en las áreas intermedias del edificio. La cantidad de diferencia de presión depende de la filtración relativa a los dos límites de presión del área.

Por ejemplo, la presión de la casa al área puede variar de 45 a 50 pascales en un ático con orificios pequeños en el cielo raso y un techo bien ventilado. Este ático se describe como “mayormente fuera” del límite de presión de la casa. Mientras más grandes sean los orificios del cielo raso, con orificios más pequeños en el techo, más pequeña será la diferencia de presión de la casa al área, y más se podrá describir el ático como “si estuviera dentro”. Este principio es válido para otras áreas intermedias como los entresijos, los garajes contiguos y los sótanos sin calefacción.



**Prueba de presión de áreas del edificio:** La medición de la diferencia de presión en el supuesto límite térmico le dice si la barrera de aire y el aislamiento se encuentran alineados. Si el medidor digital hace una lectura cercana a los -50 pascales, están alineados, suponiendo que las áreas intermedias probadas están bien conectadas con el exterior.

## Diagnóstico de presión de áreas de solo presión

1. Encuentre los orificios existentes entre el espacio acondicionado y el área intermedia. O, con el permiso del cliente, perforo el piso, la pared o el cielo raso hacia el área.
2. Pase una manguera hacia el área 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 soplador de la puerta y cree una diferencia de presión de 50 pascales entre la casa con referencia al exterior (HwrtO, House with reference to Outdoors).
5. Lea la diferencia de presión. Esta es la diferencia de presión de la casa con referencia al área (HwrtZ, House with reference to Zone). Como regla general, las lecturas cercanas a los 50 pascales indican que el área está menos conectada a la casa, en comparación con la conexión al exterior. Las lecturas de la prueba por debajo de los 50 pascales, por lo general, indican la presencia de fugas de aire a lo largo del límite de presión primario. Mientras más baja sea la presión de la casa al área, más grande será el tamaño de los orificios de la casa al área, si el tamaño de los orificios del área al exterior es más grande.

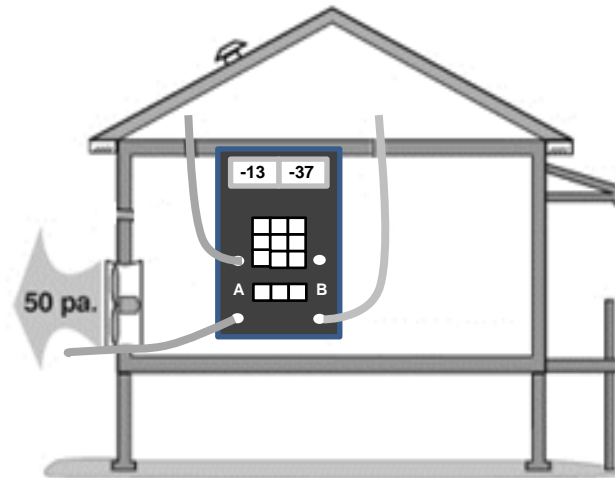
El principio fundamental de la fuga de aire en serie es una relación directa entre las diferencias de presión medidas y la relación del tamaño de los orificios en los límites de presión primario y secundario.

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

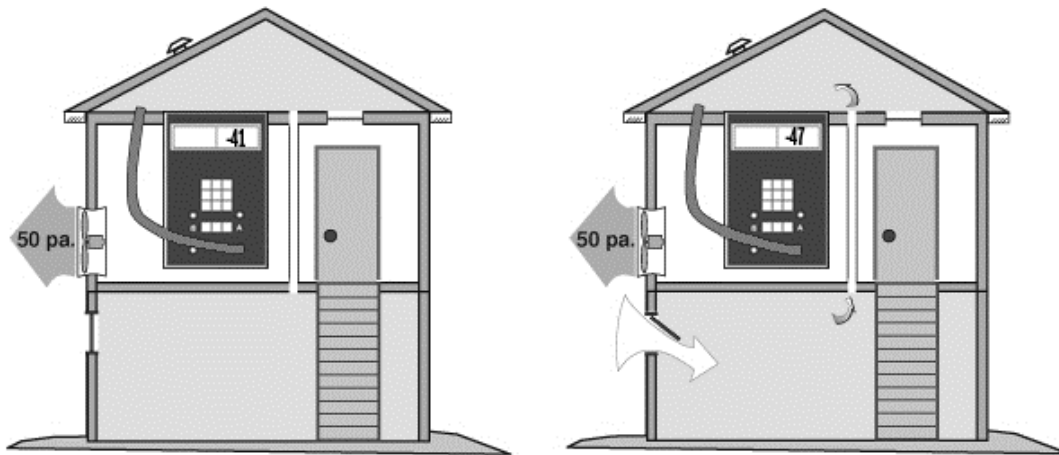
Por ejemplo, la prueba puede indicar una diferencia de presión HwrtZ de 41 pascales y una diferencia Zwrto de 9 pascales, cuando la diferencia de presión de HwrtO es de 50 pascales. Tabla de relaciones por desvío del ático, si el límite de presión secundario (techo) contenida en 300 pulgadas cuadradas de ventilación, entonces esto indicaría la presencia de, aproximadamente, 100 pulgadas cuadradas de desvíos ubicados en el límite de presión primario (cielo raso).

Relaciones de los desvíos del ático		
Presiones del área		Tamaño relativo de los orificios de desvío en comparación con orificios del techo (por ejemplo, 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

6. Si la prueba indica la presencia de fugas de aire substanciales, busque y selle las fugas de la barrera de aire.

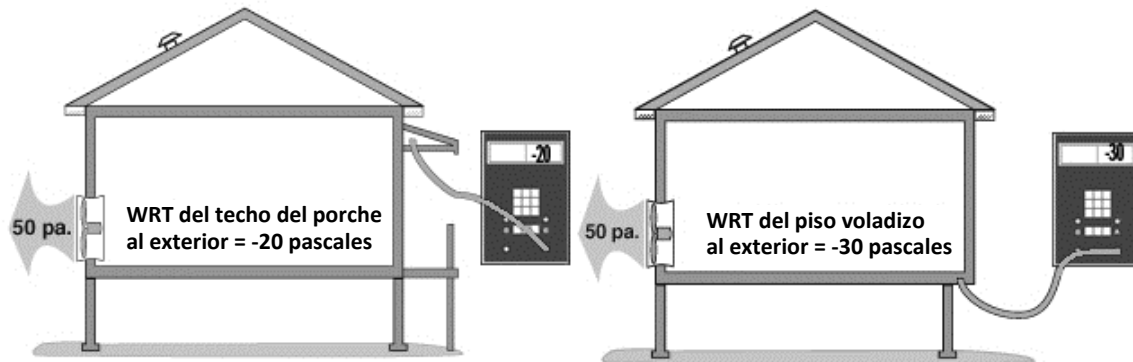


**Presión del ático al exterior:** El lado izquierdo del medidor muestra una presión del ático con referencia al exterior de -13 pascales y el lado derecho del medidor muestra una presión de la casa con referencia al ático de -37 pascales. Ambas lecturas suman -50 pascales para confirmar la presión de la casa con referencia al exterior de 50 pascales.



**Conexiones del área:** El ático se mide más cerca del exterior, luego de que se abre la ventana del sótano, indicando que el ático y el sótano están conectados por un gran desvío.

*Estos ejemplos presumen que el medidor digital está al aire libre con el puerto de referencia abierto hacia el aire libre.*



**Prueba del techo del porche:** Si el techo del porche estuviera en el exterior, la lectura del medidor digital sería cercana a los 0 pascales. Esperamos que el techo del porche se encuentre en el exterior para que esté fuera del aislamiento. Sin embargo, descubrimos que está parcialmente conectado al interior, lo que indica que puede contener fugas de aire importantes a través del límite térmico.

**Prueba de suelo voladizo:** Esperamos encontrar que el piso voladizo se encuentre en el interior. Una lectura de -50 pascales indicaría que se encuentra completamente en el interior. Aquí se lee una lectura menos negativa que -50 pascales, que indica que la cavidad del suelo se encuentra parcialmente conectada al exterior.

### Prueba de fuga de las cavidades del edificio

También se puede realizar una prueba de presión a las cavidades del edificio, tales como cavidades de la pared, las cavidades del suelo entre las plantas e intradós colgantes en cocinas y baños, con un medidor digital para determinar su conexión con el exterior.

### **Prueba de conectividad del área**

A veces, es útil determinar si dos áreas intermedias se encuentran conectadas mediante un pasaje de aire, como un gran desvío. Se puede determinar si dos áreas están conectadas al medir la presión de la casa al área durante una prueba del soplador de la puerta y, más adelante, luego de abrir otras áreas hacia el exterior. Abrir una puerta interior que conduzca a una de las áreas y verificar los cambios de presión en otra área también puede ayudar a determinar las conexiones.

1. Encienda el soplador de la puerta y establezca una diferencia de presión de la casa al exterior de 50 pascales.
2. Pruebe y registre la diferencia de presión de la casa al área de una de las áreas.
3. Abra una puerta o cree algún otro trayecto, hacia alguna otra área.
4. Restablezca una diferencia de presión de la casa al exterior de 50 pascales, ya que abrir el trayecto cambiará la presión general de la casa.
5. Restablezca la diferencia de presión de la casa al área, en la primera área. Si la apertura del trayecto causó que cambiara el resultado de la prueba, entonces es una evidencia de una conexión entre ambas áreas.

### **1.5.3 Ubicar el límite de presión/térmico**

Dónde realizar el sellado de fugas de aire y el aislamiento son importantes decisiones de readaptación. Las presiones del área son uno de los diversos factores usados para determinar dónde se ubica el límite térmico. Cuando hay dos opciones de aislamiento y sellado de fugas de aire, las presiones del área junto con otras consideraciones ayudan a decidir dónde ubicar los límites térmicos y de presión.

Para la prueba de la fuga del área, a menudo se usa la presión de la casa al área para determinar cuál de los dos límites de presión es el más ajustado (tiene orificios de menor tamaño).

Por ejemplo, una diferencia de presión de la casa al área de 26 a 50 pascales significa que es probable que el límite de presión primario se encuentre más ajustado que el límite secundario. Si el límite secundario es algo hermético, será difícil lograr una diferencia de presión de la casa al área de 50 pascales. Sin embargo, si el techo está bien ventilado, será posible crear una diferencia de casi 50 pascales. Si el techo está sobreventilado, será sencillo crear una diferencia de casi 50 pascales.

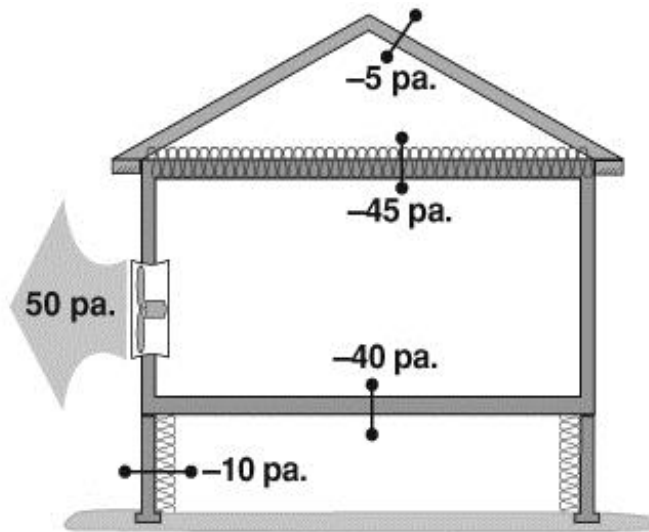
Por el contrario, una diferencia de presión de la casa al área de cero a 25 pascales significa que el límite de presión secundario se encuentra más ajustado que el límite primario. Si el techo está bien ventilado, entonces estas lecturas indican que el cielo raso tiene más área de superficie de fuga que el techo.

### Comparación del piso y el entrepiso

El suelo que se muestra aquí está más ajustado que las paredes de los cimientos del espacio de acceso. Si las paredes de los cimientos del entrepiso están aisladas, se deberían sellar los orificios y ventilaciones de la pared de los cimientos hasta que la diferencia de presión entre el entrepiso y el exterior se acerque a los 50 pascales, si fuera posible; idealmente, más de 48 pascales. Una pared de los cimientos con fuga, convierte al aislamiento en ineficaz.

Podría ser más efectivo climatizar el suelo encima del entrepiso. Si se aísla el suelo en lugar de las paredes de los cimientos, completamente hermético, entonces la presión y el límite térmico estarían alineados al suelo. Cuando el espacio de acceso esté adyacente a los cimientos, y el límite térmico se mueva al suelo, recuerde que el límite térmico ahora incluye la pared que separa los cimientos del entrepiso. Aísle y realice el sellado de fugas de aire de esta pared de manera adecuada.

Sin embargo, tendrá más sentido ubicar el límite térmico en las paredes de los cimientos del espacio de acceso, en lugar de hacerlo en el suelo. Ubicar el límite térmico en las paredes de los cimientos elimina la preocupación sobre las tuberías congeladas en el entrepiso. Además, el tratamiento de las paredes de los cimientos, por lo general, requiere menos trabajo y material que el tratamiento del suelo.



**Mediciones de presión y ubicación de la barrera de aire:**  
La barrera de aire y el aislamiento se encuentran alineados en el cielo raso, como debe ser. Las mediciones de presión del entrepiso muestran que el suelo es la barrera de aire y el aislamiento se encuentra instalado de manera desalineada, en la pared de los cimientos. Podríamos decidir cerrar los respiraderos del espacio de acceso y realizar el sellado de fugas de aire del entrepiso. Entonces, el aislamiento estaría alineado con la barrera de aire.

**Tabla 1-2: Entrepiso: ¿Dónde debería estar la barrera de aire?**

Factores que favorecen las paredes de los cimientos	Factores que favorecen el suelo
Barrera de humedad del sueño y buen drenaje perimetral presente o planificado	Entrepiso húmedo con poca o ninguna mejora ofrecida por la climatización
Prueba de las paredes de los cimientos más ajustada que el suelo	Pruebas del suelo más ajustadas que las paredes de los cimientos
Caldera, conductos y sistema de plomería en el entrepiso	Sin sistema de plomería ni de calefacción en el entrepiso
Pared de los cimientos aislada	Suelo aislado



**Tabla 1-3: Sótano no ocupado: ¿Dónde debería estar la barrera de aire?**

Factores que favorecen las paredes de los cimientos	Factores que favorecen el suelo
Drenaje del suelo y ausencia de problemas de humedad	Sótano húmedo sin solución durante la climatización
Escalera interior entre la casa y el sótano	El sellado y el aislamiento de fugas de aire como una opción razonable en relación con el acceso y los obstáculos
Ductos y caldera en el sótano	Sin caldera o conductos presentes
Prueba de las paredes de los cimientos más ajustada que el suelo	Pruebas del suelo más ajustadas que las paredes de los cimientos
Sótano ocupado algún día	Solo entrada exterior y escalera
Lavandería en el sótano	Paredes de los cimientos de mampostería
Sellado de fugas de aire y aislamiento del suelo posiblemente muy difícil	Piso de tierra o de concreto deteriorado
Suelo de concreto	Paredes de los cimientos gravemente agrietadas

### Límite del garaje

Para un garaje contiguo o subterráneo, ubique los límites térmicos y de presión en el suelo y las paredes que separen el garaje de los espacios vitales. Asegúrese que las tuberías del sistema de plomería en estos suelos y cavidades de la pared se ubiquen en el lado interior (cálido) de los límites térmicos y de presión para evitar las tuberías congeladas.

Para los garajes subterráneos, asegúrese de realizar el sellado de fugas de aire de la unión clave de la viga de piso, encima de la pared que separa el garaje de la casa. Si fuera necesario, use el método de la bolsa. Consulte *Instalación de aislamiento en el ático en casas de 1½ pisos (Áticos acabados)*, en el Capítulo 2 – Sección 2.2.7 para obtener más información sobre el Método de la bolsa.

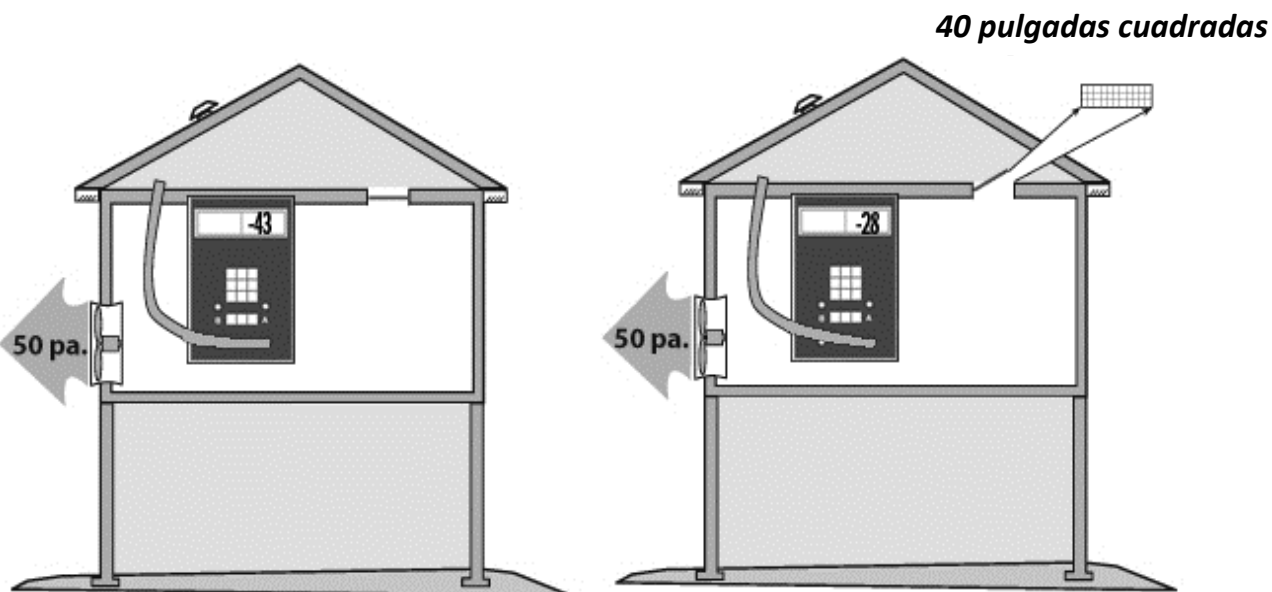
### Ubicación de conductos

Siempre que sea posible, ubique los límites térmico y de presión para incluir el sistema de conductos. Esta es una opción mejor que aislar los conductos fuera del límite térmico porque reduce el desperdicio de energía de la fuga de los conductos.

### 1.5.4 Medición de fugas del área de adición de orificio

El procedimiento de Adición de un orificio estima el flujo de aire real entre la casa y el área. Use la hoja de trabajo de Adición de un orificio del Libro de trabajo de diagnóstico para realizar los cálculos descritos aquí. Este procedimiento funciona para la mayoría de las áreas intermedias que tienen una abertura o acceso hacia el interior.

La hoja de trabajo de Adición de un orificio calcula los resultados de la fuga sobre la base de las entradas de datos del usuario. Los tres cálculos de Resultados de fuga son:



**Prueba de adición de un orificio:** La primera medición de presión de la casa al ático es de -43 pascales. Esta prueba funciona igualmente bien con los entresijos y garajes contiguos.

**Prueba de adición de un orificio 2:** Abrir un orificio de, aproximadamente, 40 pulgadas cuadradas disminuye la segunda medición de presión de la casa al área en 15 pascales.

**Trayecto total:** Esta cifra representa la cantidad de fuga (inCFM<sub>50</sub>) que pasa a través de ambos límites de presión.

**Casa con referencia al área:** Esta cifra representa la cantidad de fuga entre la casa y el área.

**Área con referencia al exterior:** Esta cifra representa la cantidad de fuga entre el área y el exterior.

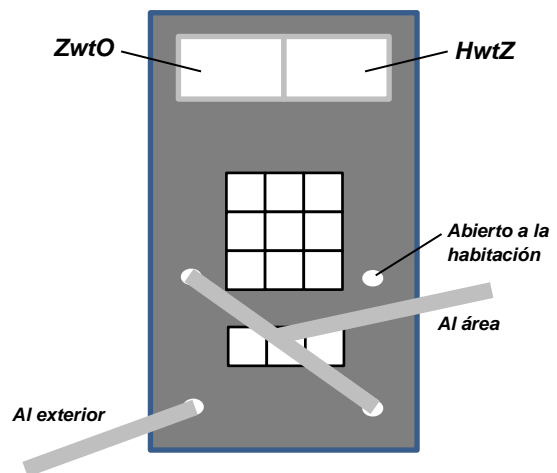
Idealmente, el porcentaje de fuga del trayecto total a través de los áticos es del 10 por ciento o menos del total del valor del soplador de la puerta. Esta cantidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje} = \text{Trayecto total} \div \text{CFM}_{50} \text{ de la totalidad de la casa}$$

Antes de iniciar la prueba de fuga del área de adición de un orificio, confirme que se puede abrir un “orificio” entre la casa y el área o entre el área y el exterior. El orificio puede ser una escotilla en el ático, una puerta al área o alguna otra apertura.

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

1. Configuración para una prueba estándar del soplador de la puerta. Ponga la casa en condiciones de invierno, apague todos los dispositivos de combustión y mantenga las puertas interiores abiertas e inmóviles durante la prueba.
2. Pase una manguera de presión de referencia a una ubicación externa que no esté afectada por el viento. Pase una segunda manguera de presión al área y mantenga el extremo de esta manguera alejado de las corrientes de aire que pudieran estar causadas por las ventilaciones del techo y desvíos grandes. Ambas mangueras estarán conectadas al medidor de presión digital durante la prueba. Asegúrese que ambas mangueras sean lo suficientemente largas como para alcanzar el medidor al mismo tiempo.
3. Encienda el medidor de presión y déjelo en el modo PR/PR durante toda la prueba. *No use la función Línea de base ajustada del medidor digital al completar el diagnóstico de presión del área.*
4. Conecte un cable en T a la llave de entrada del Canal A y a la llave de Referencia del Canal B. Deje la llave del cable abierta hacia el interior, por el momento, sin ninguna manguera conectada. Conecte la manguera de presión exterior a la llave de Referencia del Canal A al medidor de presión digital.
5. Abra la hoja de trabajo de Adición de un orificio en el Libro de trabajo de diagnóstico. Seleccione el Tipo de prueba a realizar: presurización o despresurización.
6. Conecte la manguera de presión del área al cable en T. Registre las presiones de la línea de base, la línea de base del Área con referencia al Exterior (ZwrtO) del Canal A y la línea de base de la Casa con referencia al área (HwrtZ) del Canal B.
7. Quite la manguera de presión del área. Mida la diferencia de presión de la línea de base de la Casa con referencia al exterior (HwrtO). Ingrese el resultado en el Libro de trabajo de diagnóstico, como cifra positiva o negativa. Luego, el Libro calculará la Presión ajustada, que se convierte en la presión objetivo del edificio para la prueba del soplador de la puerta.
8. Encienda el ventilador del soplador de la puerta para crear la diferencia de presión del HwrtO, y ajuste la velocidad del ventilador adentro de 1 pascal de la presión objetivo del edificio.



9. Sin cambiar la velocidad del ventilador, vuelva a conectar la manguera de presión del área al cable en T. Registre la lectura de Zwrto del Canal A, en la línea de Presión con la Casa a 50 pascales, de la hoja de trabajo de Adición de un orificio. Registre la lectura de Hwrz del Canal B, en la misma línea de la hoja de trabajo.
10. Apague el ventilador del soplador de la puerta. Cree un orificio al abrir el acceso entre el área y la casa. El tamaño del orificio creado debe ser suficiente para cambiar la Presión Hwrz medida con la casa a 50 pascales de 6 a 20 pascales. Un orificio demasiado grande o demasiado pequeño puede conducir a resultados erróneos.
11. Repita los pasos 6 a 9. Si la lectura de Hwrz es superior a la diferencia de 20 pascales, reduzca el tamaño del orificio. Si la lectura de Hwrz es menor a la diferencia de 6 pascales, incremente el tamaño del orificio. *Si se cambia el tamaño del orificio, cambiarán las presiones de la línea de base y se deberán volver a medir (Volver al Paso 6).*
12. Determine el área de la superficie del orificio final, en pulgadas cuadradas. Asegúrese de tener en cuenta los espacios triangulares creados en cualquiera de los lados de la escotilla de acceso, si la escotilla se abrió inclinada. Ingrese las dimensiones de la apertura para que la hoja de trabajo de Adición de un orificio calcule el tamaño de apertura para que coincida con el área de la superficie medida del orificio.
13. Cuando la lectura del Hwrz del Canal B se encuentre dentro del rango de diferencia de los 6 a 20 pascales, regístrela en la línea de la Presión con la Casa a 50 pascales de la hoja de trabajo de Adición de un orificio, en la sección "Lecturas de presión luego de la adición de un orificio". Registre la lectura de Zwrto del Canal A, en la misma línea de la hoja de trabajo.
14. La hoja de trabajo calculará las tasas de fuga y la fuga del trayecto total. Regrese la casa a las condiciones previas a la prueba y recuerde volver a encender los dispositivos de combustión.

Siga los indicadores de advertencia en la hoja de trabajo de Adición de un orificio, si aparecieran.

### 1.5.5 Medición de fugas del área de Apertura de una puerta

El método de Apertura de una puerta es otra manera de determinar qué cantidad de fuga en CFM<sub>50</sub> viaja a través del área intermedia, como un ático con escalera, un sótano desocupado o un garaje contiguo. Este método se usa cuando hay una puerta entre la casa y el área, o entre el área y el exterior. Use una hoja de trabajo de ZPD de Apertura de una puerta o garaje del Libro de trabajo de diagnóstico para realizar los cálculos.

La hoja de trabajo de Apertura de una puerta calcula los resultados de fuga basados en las entradas de datos del usuario. Los tres cálculos de Resultados de fuga son:

**Trayecto total:** Esta cifra representa la cantidad de CFM<sub>50</sub> que pasa a través de ambos límites de presión.

**Casa con referencia al área:** Esta cifra representa la cantidad de fuga entre la casa y el área.

**Área con referencia al exterior:** Esta cifra representa la cantidad de fuga entre el área y el exterior. Si el ático es el área, esta es la ventilación del ático.

La filtración de aire del objetivo entre una casa y un garaje adjunto es de 50 CFM. El objetivo ideal sería que no hubiera fugas entre la casa y el garaje.

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

1. Configuración para una prueba estándar del soplador de la puerta. Ponga la casa en condiciones de invierno, apague todos los dispositivos de combustión y mantenga las puertas interiores abiertas e inmóviles durante la prueba.
2. Pase una manguera de presión hacia el exterior, a una ubicación que no se vea afectada por el viento. Pase una segunda manguera de presión al área, y mantenga el extremo de la manguera alejado de las ventanas del techo y de los desvíos grandes que pudiesen crear corrientes de aire. Ambas mangueras estarán conectadas al medidor de presión digital durante la prueba. Asegúrese que ambas mangueras sean lo suficientemente largas como para alcanzar el medidor al mismo tiempo.
3. Encienda el medidor de presión y déjelo en modo PR/PR durante la prueba de presión. *No use la función Línea de base ajustada del medidor digital al completar el diagnóstico de presión del área.*
4. Conecte un cable en T a la llave de entrada del Canal A y a la llave de Referencia del Canal B. Deje la llave del cable abierta hacia el interior, por el momento, sin ninguna manguera conectada a la tercera pata de la T. Conecte la manguera de presión exterior a la llave de Referencia del Canal A al medidor de presión digital.
5. Comience una hoja de trabajo de ZPD de apertura de una puerta o Garaje del Libro de trabajo de diagnóstico. Seleccione el Tipo de prueba a realizar: presurización o despresurización.
6. Conecte la manguera de presión del área al cable en T. Registre las presiones de la línea de base, la línea de base del Área con referencia al Exterior (ZwrtO) del Canal A y la línea de base de la Casa con referencia al área (HwrtZ) del Canal B.
7. Quite la manguera de presión del área. Mida la presión de la línea de base de la Casa con referencia al Exterior (HwrtO). Ingrese el resultado en el Libro de trabajo de diagnóstico, como cifra positiva o negativa. Luego, el Libro calculará la Presión ajustada, que es la lectura de presión objetivo del edificio para la prueba del soplador de la puerta.
8. Encienda el ventilador del soplador de la puerta para crear la diferencia de presión del HwrtO y ajuste adentro de 1 pascal de la lectura de presión objetivo.

9. Sin cambiar la velocidad del ventilador, vuelva a conectar la manguera de presión del área al cable en T. Registre la lectura de Zwrto del Canal A, en la línea de Presión con la Casa a 50 pascales, de la hoja de trabajo de ZPD de Apertura de una puerta o Garaje. Registre la lectura de HwrtZ del Canal B, en la misma línea de la hoja de trabajo.
10. Realice la prueba del soplador de la puerta con la puerta al área cerrada y registre la lectura en la hoja de trabajo.
11. Abra la puerta entre la casa y el área. La puerta a abrir debe estar entre el sótano y el exterior, al determinar la fuga hacia el sótano desde el exterior.
12. Realice la prueba del soplador de la puerta con la puerta completamente abierta y registre la hoja de trabajo de ZPD de garaje o de apertura de una puerta.
13. La hoja de trabajo calculará las tasas de fuga y la fuga del trayecto total. Regrese el edificio a las condiciones previas a la prueba y recuerde volver a encender los dispositivos de combustión.
14. Siga los indicadores de advertencia en la hoja de trabajo de ZPD de garaje o Apertura de una puerta si aparecieran.

La suma de las presiones HwrtZ y Zwrto deben ser aproximadamente iguales a la presión real Hwrto. Por ejemplo, si la presión HwrtZ es de -45 pascales y la presión de Zwrto es de -6 pascales, entonces, la presión indirecta se calculará a -51 pascales ( $-45 + -6 = -51$ ). Mientras más grande sea la diferencia entre el Hwrto y la suma de las presiones HwrtZ + Zwrto, menos acertada será la prueba. Si la diferencia de la suma es menor que 2 pascales, la hoja de trabajo de Apertura de una puerta recomendará a los trabajadores que consideren realizar otra prueba.

### **1.5.6 Ajuste de las mediciones de la presión del área para la línea de base**

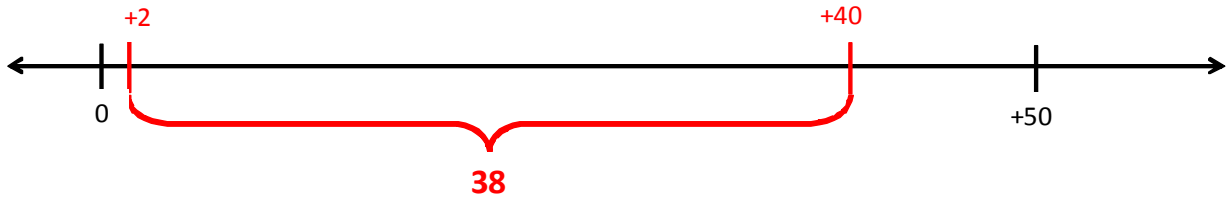
El Libro de trabajo de diagnóstico ajustará automáticamente los resultados de la prueba a las presiones medidas de la línea de base. Sin embargo, es importante entender cómo las presiones de la línea de base (causadas por el efecto chimenea, el viento o unidades de tratamiento del aire y ventiladores) afectan las mediciones de presión del área. Las lecturas medidas de la línea de base de la presión del área se sustraen de las lecturas de presión del área de medición tomadas con la casa a una diferencia de presión de 50 pascales. Esto puede ser confuso al sustraer una cifra negativa de una lectura negativa (despresurización) o una lectura positiva (presurización). Las líneas de cifras a continuación son ejemplos sobre cómo ajustar la línea de base tanto para los métodos de prueba de presurización como de despresurización.



**Presurización**

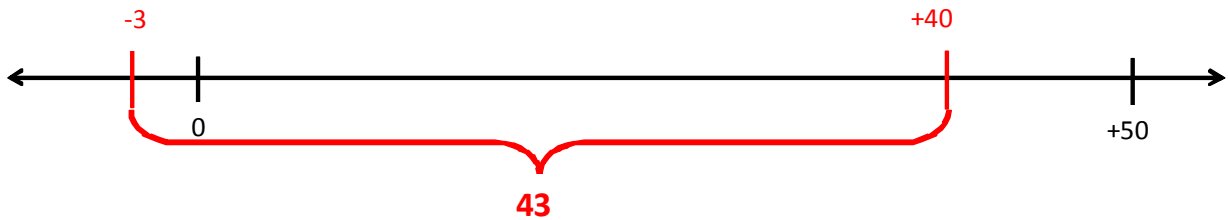
Línea de base positiva de +2, lectura del área de 40 con la casa a 50.

La lectura de presión del área ajustada es 38 ( $40 - (+2) = 38$ ).



Línea de base negativa de -3, lectura del área de 40 con la casa a 50.

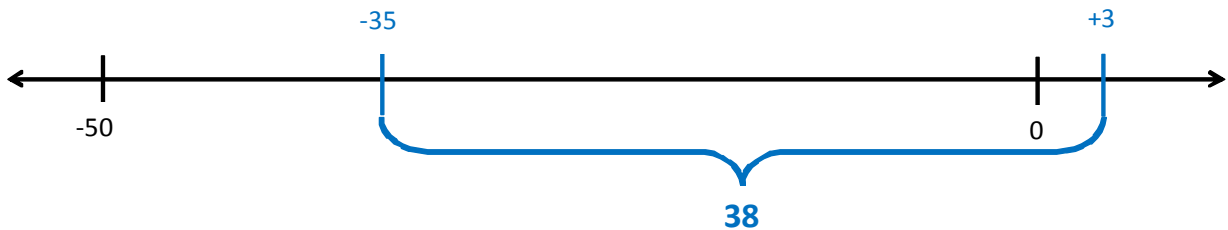
La lectura de presión del área ajustada es 43 ( $40 - (-3) = 43$ ).



**Despresurización**

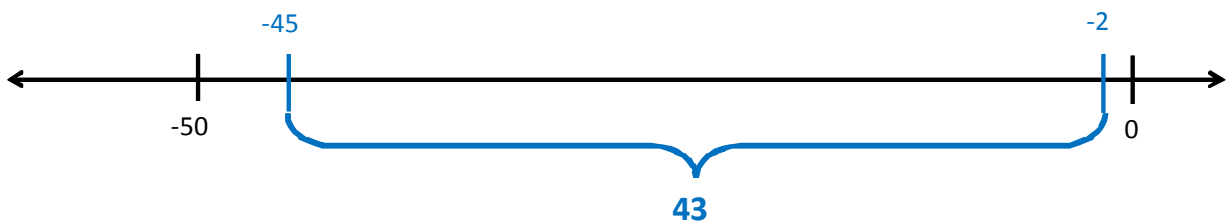
Línea de base positiva de +3, lectura del área de -35 con la casa a -50.

La lectura de presión del área ajustada es de 38 ( $-35 - (+3) = 38$ ).



Línea de base negativa de -2, lectura del área de -45 con la casa a -50.

La lectura de presión del área ajustada es 43 ( $-45 - (-2) = -43$ )



## **Inspección final y normas de control de calidad**

Toda instalación aceptable debe cumplir con los siguientes estándares.

### **Sellado de fugas de aire y diagnóstico del edificio**

#### **General**

1. El archivo del cliente contiene documentación de todas las pruebas de diagnóstico, sellado de fugas de aire y seguridad de combustión que se realizaron en el edificio.
2. Las pruebas de diagnóstico fueron adecuadas para la configuración del edificio.
3. Se siguieron las pautas del programa para la reducción de la fuga de aire (por ejemplo, sellado de aire mayor y menor, y prueba de ZPD).

#### **Sellado de fugas de aire**

1. Se sellaron todos los desvíos más grandes del ático y las uniones clave del edificio.
2. Se realizó el sellado de fugas de aire de los desvíos importantes y orificios grandes en la caja de solera.
3. Se emparcharon, repararon o reemplazaron los paneles de ventanas o ventanas rotas o faltantes.
4. Los tiempos y la prueba de sellado de fugas de aire se documentaron en el Libro de trabajo de diagnóstico.
5. Los materiales de sellado de fugas de aire realizaron la función deseada.
6. Se usó sellador que se puede pintar en los lugares donde el ocupante o propietario posiblemente pinten el trabajo terminado.
7. Si se utilizó, se aplicó sellador de espuma de manera efectiva y sin desperdicio. Se limpió el exceso de rociado.
8. Los burletes solo se instalaron en las puertas exteriores, no en las interiores.

#### **Prueba del soplador de la puerta**

1. El equipo se calibró según las instrucciones del fabricante.
2. El valor final del soplador de la puerta se puede replicar a +/- 20 %. (Inspección final, Inspección de control de calidad).
3. Se completó el Libro de trabajo de diagnóstico.

#### **Diagnóstico de presión del área**

1. Se realizó la prueba de ZPD en el lugar necesario y se la documentó en el Libro de trabajo de diagnóstico, adecuadamente.
2. Se usó el método adecuado al completar la prueba de ZPD (por ejemplo, apertura de una puerta, adición de un orificio).