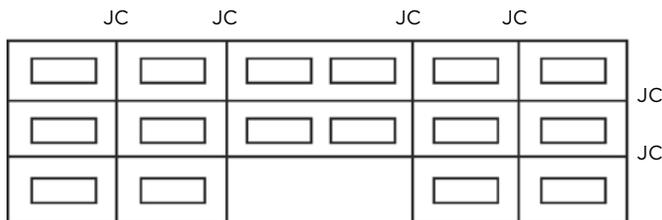


Los materiales de construcción son sustancias dinámicas que cambiarán de tamaño y posición en función de un cambio en su entorno. Esto ocurre particularmente en los edificios comerciales y es lo que se destacará aquí. Puesto que los edificios comerciales suelen tener estructuras más rígidas que los residenciales, los movimientos diferenciales entre los distintos materiales son más críticos. Por lo tanto, cuando se coloca un revestimiento de ladrillo sobre un edificio comercial, hay consideraciones especiales de diseño que se deben implementar, a saber: las juntas de control.



Estas juntas se usan para evitar la fisuración de los ladrillos, ya que estos y los demás materiales en el perímetro del edificio se mueven a distintas velocidades y en direcciones diferentes. La determinación de dónde colocar juntas de control se basa en el material y los movimientos del edificio. Con esa información es posible evaluar dónde se necesitan colocar las juntas de control.

¿Qué es una junta de control? Algunas personas las llaman juntas de expansión. No importa cómo se le llame a la junta con tal de que la junta divida el enladrillado en paneles que no se fisurarán ni arquearán a causa de los diversos movimientos del edificio. La junta de control es un espacio continuo que el ladrillo no toca. El ancho de la junta, normalmente de 10 a 12 mm (3/8" a 1/2" pulg.), depende de los movimientos del edificio y se mantiene hermética al agua por medio de una varilla de respaldo y un sellador comercial que pueden soportar los movimientos calculados.

Movimientos del edificio

Hay muchos tipos diferentes de movimientos de edificio. El movimiento causado por temperatura, el movimiento por humedad, la fluencia lenta en el concreto y las deflexiones horizontales y verticales son los más importantes para el revestimiento de ladrillo. Hay una serie de otros movimientos del edificio que son importantes, tales como el asentamiento de los cimientos y los desplazamientos sísmicos, pero no lo son para la colocación de las juntas de control.

Los muros de ladrillo se mueven tanto horizontal como verticalmente debido a cambios de temperatura y al contenido de humedad. Cuando un muro de ladrillo se calienta, se dilata y cuando se enfría se contrae. Cuando el ladrillo se humedece, se dilata. Aproximadamente un

85% de su dilatación máxima ocurre en los primeros 18 meses después del cocimiento. Un sesenta por ciento de la dilatación ocurre en los primeros 3 meses. Sin embargo, cuando el enladrillado se seca, no se contrae completamente hasta sus dimensiones originales debido a la naturaleza intrínseca del ladrillo.

En un muro recto asentado sobre un cimiento, el enladrillado se dilata verticalmente desde cero en la base hasta un máximo en la parte superior del muro. Se considera que este movimiento vertical puede ser hasta un 50% mayor que el movimiento horizontal. Tal como se detallará más adelante, el diseño de los elementos contiguos del edificio debe tomar en cuenta todos estos movimientos.

Horizontalmente, el revestimiento se mueve desde el centro del muro hacia los bordes. El movimiento horizontal en la base del muro es menor que el movimiento horizontal en la parte superior del muro, ya que en la base, el peso muerto del ladrillo de encima reduce el movimiento horizontal.

La fórmula para calcular los movimientos térmicos y por humedad en el enladrillado se muestra al final de esta nota técnica con ejemplos de cálculos de los desplazamientos a lo largo de los bordes libres exteriores del muro.

Los bordes libres son los que bordean las juntas de control y cuyo movimiento no está restringido.

Hay algunos factores que se deben tener en cuenta al usar la ecuación:

- Primero, el ladrillo se calienta más que la temperatura ambiente debido a la radiación solar. En consecuencia, un ladrillo marrón oscuro puede alcanzar los 55 °C (130 °F), un ladrillo rojo mediano puede alcanzar 50 °C (120 °F) y un ladrillo claro puede alcanzar 45 °C (110 °F).
- Segundo, el aislamiento entre el ladrillo y el refuerzo cambia el promedio de temperatura del ladrillo. Mientras más térmicamente aislado esté el ladrillo, mayor será la oscilación de temperatura en el enladrillado.
- Tercero, el tamaño de la junta de control quizá necesite ser de dos a cuatro veces el movimiento calculado debido a la extensibilidad del sellador de la junta. Es importante que los criterios para el sellador se indiquen en las especificaciones de construcción. Por último, el tipo de sellador, la temperatura en el momento en que se instala el sellador y la longitud del muro ayudarán a determinar el ancho de la junta de control.

Otro movimiento importante del edificio está relacionado con las estructuras de concreto. A este movimiento se le llama fluencia lenta. Es el acortamiento permanente de las columnas o la deflexión de una viga causada por el peso sostenido sobre la estructura. Con el acortamiento de la estructura, podría haber un movimiento diferencial considerable entre el enladrillado y la estructura de concreto.

Por ejemplo, un edificio de 3 plantas con enladrillado continuo desde el cimiento hasta lo alto de las 3 plantas completas tendrá el mayor movimiento diferencial en la planta superior, particularmente en el verano. El ladrillo se dilata desde la base hasta un máximo en la parte superior del muro, mientras que la estructura de concreto se acorta, con el movimiento máximo también en la parte superior de la estructura. A fin de contrapesar estos movimientos, es posible que se tenga que adecuar los detalles de las ventanas, así como los anclajes del revestimiento y el diseño de la albardilla o coronamiento. Si hay un ángulo de asiento horizontal en cada planta con una junta de control, el espacio entre el lado inferior del ángulo y la parte superior del revestimiento de ladrillo debe ser suficientemente grande como para permitir que el ladrillo se dilate y la estructura se acorte. Si no hay suficiente espacio, entonces el revestimiento quedará confinado y el muro podría arquearse o desarrollar fisuras verticales.

Cuando el enladrillado es sostenido por vigas estructurales, una deflexión excesiva de estos miembros podría generar fisuras verticales por flexión en el muro. Para minimizar este problema, la industria del ladrillo recomienda que la deflexión de los ángulos de soporte del ladrillo no exceda $L/600$ u 8 mm (0.3 pulg.). Si un muro es continuo después de una columna, la deflexión en las vigas entre las columnas podría causar que ocurran fisuras verticales en la columna. La cantidad de deflexión vertical de las vigas o los ángulos de soporte del ladrillo y la dilatación en los muros no debe exceder el espacio entre los ángulos y el enladrillado debajo de los ángulos.

Cuando el enladrillado y el refuerzo estructural se deforman debido a la presión del viento, podrían producirse fisuras horizontales en el revestimiento. Esto podría ser problemático si el refuerzo es de travesaños de metal, ya que el diseño de los travesaños de metal podría no proporcionar suficiente soporte contra la fisuración. Una colocación juiciosa de las juntas de control no mejorará los problemas inherentes de diseño.

Si el refuerzo del enladrillado es de bloques de concreto con una armadura horizontal tipo escalera continua de una pieza, se creará un muro fuerte con una cantidad mínima de deflexión. El uso de una armadura horizontal triangulada en un muro largo con aislamiento en la cavidad podría causar arqueado y, posiblemente, fisuración y no se recomienda.

Hay una serie de condiciones de construcción especiales que requieren consideraciones adicionales respecto a las juntas de control. Por ejemplo, los muros de parapeto tienen ambos lados expuestos al sol, lo que significa que un lado del muro se podría estar dilatando mientras que el otro lado se contrae. Esto causa un mayor movimiento diferencial entre el muro posterior y el muro delantero.

Un segundo detalle especial es cuando se incorporan materiales diferentes, tales como piedra o bloques, en el enladrillado. El movimiento diferencial debido a la diferencia en las dilataciones por temperatura y humedad de los materiales diferentes puede causar fisuras horizontales en la argamasa o mortero. Si se construye un coronamiento o albardilla de piedra o de concreto en un muro de ladrillo que se mueve más que el ladrillo, estos materiales podrían arquearse hacia arriba o podrían producirse fisuras en la argamasa.

Una tercera condición especial ocurre cuando un muro de ladrillos bajo se construye en continuidad con un muro de ladrillos alto. En el encuentro entre los dos muros podría producirse una fisura vertical, ya que el muro bajo se mueve verticalmente más rápidamente que el muro alto que se mueve más lentamente a causa de todo el peso del enladrillado que tiene encima.

Una cuarta condición especial es cuando dos muros que se encuentran en una esquina están diseñados de modo que un muro es portante y el muro contiguo no lo es. El muro que no es portante se moverá más que el muro portante y podría fisurarse. Una condición final que podría producirse es cuando el edificio se mueve lateralmente debido al viento y podrían generarse altas fuerzas tangenciales en el enladrillado. Esto normalmente no es un problema ya que anclajes flexibles y las juntas de control permitirán suficiente movimiento entre el ladrillo y la estructura como para minimizar las tensiones.

Ubicaciones de las juntas de control

La determinación de dónde colocar las juntas de control debe tomar en cuenta los diversos movimientos descritos. Una distinción adicional que se necesita hacer tiene que ver con la diferencia entre un dintel y un ángulo de asiento. Un dintel es un ángulo suelto que sostiene los ladrillos sobre una abertura y se apoya directamente sobre el enladrillado a cada lado de la abertura. Se mueve con los ladrillos. Un ángulo de asiento es un ángulo horizontal sujeto a la estructura. Se mueve con la estructura. Es fundamental que se tenga esto en cuenta al ubicar las juntas de control. Las juntas de control verticales no deben atravesar el dintel. Las juntas de control verticales sí pueden atravesar el ángulo de asiento. Los ladrillos que se asientan sobre el ángulo de asiento deben estar separados de los ladrillos que se asientan sobre el cimiento.

Separación de las juntas de control verticales

La ubicación de las juntas de control se basa en dónde y por qué se fisura el enladrillado. Las juntas crean paneles de ladrillo que son independientes entre sí. Para las juntas de control verticales, hay una serie de condiciones que se deben considerar. Primero, pueden ocurrir fisuras verticales en las esquinas. Cuando no hay juntas de control verticales cerca de una esquina, el enladrillado en los dos muros que se encuentran en la esquina va a tender a dilatarse o contraerse debido a cambios en la temperatura y la humedad del ladrillo. Puesto que los ladrillos se acoplan en la esquina, no hay lugar para aliviar las tensiones internas de los muros, de modo que se producen fisuras. Para evitar las fisuras, la longitud de los muros que se encuentran en una esquina se debe acortar mediante la colocación de juntas de control cerca de la esquina. La regla general normal es colocar una junta en la esquina o colocar dos juntas con una separación de no más de 6 a 8 m (20 a 25 pies) de distancia dando la vuelta a la esquina. Por ejemplo, la distancia en un muro esquinero desde la junta de control hasta la esquina puede ser de 2.5 m (8 pies), lo cual dicta que la longitud del otro muro contiguo sería de 3.5 a 5 m (12-17 pies). Muros de menor longitud son permisibles.

Una segunda área donde pueden ocurrir fisuras verticales es en muros resaltantes de poca longitud que están adjuntos a dos muros largos perpendiculares. Cuando los extremos de estos muros largos adjuntos al muro corto se dilatan, los extremos se mueven en direcciones contrarias. Estos movimientos contrarios generan altas fuerzas tangenciales en el muro corto que hacen que el muro se fisure. Para evitar estas fisuras, se puede colocar una junta de control en la esquina interior y una segunda junta de control a 6 m (20 pies) de distancia dando la vuelta a la esquina exterior. Otro método sería colocar juntas de control cada 6 a 8 m (20 a 25 pies) en los dos muros largos con el muro corto entre ellos.

En los muros macizos rectos, lo que determina la separación entre las juntas de control es el ancho de las juntas de control y el tipo de sellador; no obstante, los muros no deben ser de más de 12 m (40 pies). Si se desea una junta de 10 a 12 mm (3/8 - 1/2 pulg.) de ancho, entonces la separación entre juntas debe ser de aproximadamente 8 m (25 pies), que también corresponde a la separación entre columnas. Esto se basa en un sellador con una extensibilidad de +/- 50%. Si los muros son de 12 m (40 pies) de largo, el ancho de la junta de control podría necesitar ser de 22 mm (7/8 pulg.).

Si el muro macizo tiene ventanales corridos continuos encima, la separación entre las juntas de control es igual que la mencionada arriba. Sin embargo, si los ventanales no son continuos, hay varios métodos alternativos para colocar las juntas de control. Cuando las paredes tienen ventanas remetidas, que son ventanas construidas con dinteles sueltos, las juntas de control verticales se deben colocar entre las ventanas y no en las jambas de las ventanas. En puertas con dinteles, la junta de control no se debe colocar en la jamba (marco) de la puerta. Los anchos de los montantes contiguos a las juntas de control deben ser de un mínimo de 600 mm (24 pulg.). Si es importante tener montantes angostos, una alternativa es sustituir los dinteles con un ángulo de asiento encima de la parte superior de las ventanas. Entonces las juntas de control verticales se pueden colocar junto a la jamba de la ventana. El uso de ángulos de asiento permitirá que se coloquen juntas de control verticales en cualquier parte del panel, independientemente de que haya ventanales corridos continuos o montantes entre las ventanas.

La distancia entre las juntas de control verticales en muros de parapeto no debe exceder 6 a 8 m (20-25 pies). Esto puede generar un problema si las juntas de control tienen una separación de 12 m (40 pies) en la sección inferior del edificio. Un método es hacer que todas las juntas de control estén a una distancia de 6 a 8 m (20-25 pies) hasta la parte superior del parapeto. Si no, un ángulo de asiento provisto en la línea del techo permitirá que se coloquen juntas de control verticales a cualquier distancia de separación en el parapeto, quizá a la mitad de la distancia de separación usada en la sección inferior del edificio. Los requisitos respecto a la separación de las juntas de control verticales en las esquinas y los retallos (muros resaltantes) cortos también aplican a los muros de parapeto.

Separación de las juntas de control horizontales

La ubicación de las juntas de control horizontales no es tan compleja como la de las juntas de control verticales. El código de construcción limita las construcciones de revestimiento de ladrillo y travesaños a una altura de 9.1 metros (30 pies) sobre el cimiento. Más arriba de esta altura, el revestimiento de ladrillo debe estar sostenido sobre un ángulo de asiento en cada planta. A medida que el muro aumenta de altura sin juntas de control, se necesitan considerar las características especiales, tales como el detalle del coronamiento/albardilla, la separación entre ventanas, el enladrillado en las plantas superiores y el tipo de anclajes ajustables para el ladrillo.

Para crear la junta de control, se proporciona un ángulo de asiento horizontal con suficiente espacio entre el lado inferior del ángulo y la parte superior del

enladrillado debajo del ángulo para dar cabida a todos los movimientos del edificio y del enladrillado. La junta se mantiene hermética al agua por medio de una varilla de respaldo y un sellador comercial.

Normalmente, se colocan juntas de control horizontales en cada planta encima de las ventanas. Sin embargo, también se podrían colocar en cada línea del piso con dinteles sueltos sobre las ventanas. La junta de control se podría colocar cada dos plantas, pero el tamaño del ángulo de asiento y el ancho de la junta tendrían que ser mayores. Una junta de 10 a 12 mm (3/8 - 1/2 pulg.) de ancho es satisfactoria para juntas de control colocadas cada 3 m (10 pies) en una estructura de acero. Una estructura de concreto necesita una junta más ancha. Si la junta horizontal termina en un muro, el ángulo de asiento también debe terminar en el muro sin continuar a través de la junta de control vertical. De modo similar, ninguna pieza horizontal de la armadura debe atravesar la junta de control vertical. Cuando la junta de control es continua alrededor del perímetro del edificio, el ángulo no interfiere con las juntas de control verticales.

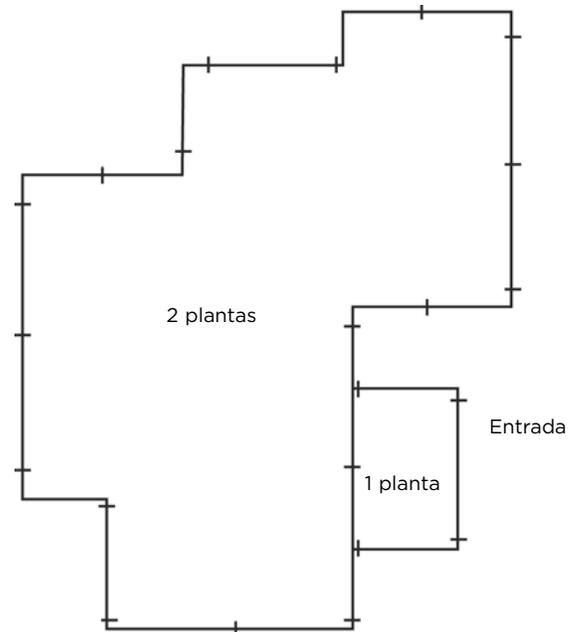
Ocurre una condición especial cuando hay enladrillado que rodea una abertura grande en la fachada del edificio. Tiene que haber un ángulo de asiento sobre la abertura para sostener el ladrillo. Un método de colocación de juntas de control es instalar un ángulo de asiento que solo tenga la longitud de la abertura y luego instalar juntas de control verticales que se alineen con los extremos de la abertura en el panel sobre la abertura. Otro método es extender el ángulo de asiento sobre la abertura ya sea hasta la siguiente junta de control vertical o a todo el rededor del perímetro del edificio. Entonces se pueden colocar juntas de control verticales en cualquier parte del panel sobre la abertura.

Otra condición especial se presenta con el diseño del coronamiento/albardilla encima de un muro de parapeto. Si no hubiera ninguna junta de control horizontal, el movimiento vertical en la parte superior del enladrillado podría ser suficiente para empujar el coronamiento. Por lo tanto, tiene que haber un espacio entre la parte superior del enladrillado y el lado inferior de la hilada de coronamiento, o se debe colocar una junta de control horizontal cerca de la línea del techo para minimizar el movimiento vertical del enladrillado.

En resumen, el método para ubicar las juntas de control verticales se puede delinear como sigue. Normalmente, los planos de elevación de los muros bastarán para determinar la colocación de las juntas. No obstante, a veces también es necesario tener planos de planta para las edificaciones complicadas.

1. Empiece por una esquina exterior, y coloque las juntas de control de modo que la distancia entre cada junta dando la vuelta a la esquina no sea inferior a 8 m (25 pies).
2. Proceda a lo largo de uno de los dos muros, colocando juntas de control en la sección recta a una distancia de 8 a 9 m (25-30 pies) o en las líneas de las columnas o en el centro entre los montantes de las ventanas o a lo largo del borde de la jamba de la ventana si hay una junta de control horizontal sobre la ventana.
3. Cuando hay un retallo o resalto en el muro, coloque una junta de control en una esquina interior o dos juntas de control a una distancia de 6 a 8 m (20-25 pies).
4. Continúe a todo el rededor del edificio hasta que haya juntas de control colocadas en todas las paredes, teniendo en cuenta circunstancias especiales como muros de alturas diferentes, parapetos, aberturas anchas en la fachada, muros retranqueados (retirados hacia atrás), materiales de exterior diferentes y las ubicaciones de las columnas.

El croquis de elevación en la primera página ilustra una opción posible de ubicaciones de juntas de control en un muro. Hay muchas opciones diferentes. La vista en planta de abajo ilustra un conjunto posible de ubicaciones de juntas de control a todo el rededor de un edificio (la raya - indica una junta de control).



Determinación de los anchos de las juntas de control

La determinación de los anchos de las juntas de control se basa en muchos factores, entre ellos el color del ladrillo, la variación de temperatura en el ladrillo a lo largo de un año, la longitud del muro, la temperatura del ladrillo cuando se instala el sellador y la extensibilidad del sellador.

Ya que no es posible determinar la temperatura cuando se instala el sellador, se toma la variación anual de temperatura como el peor de los casos. Si la extensibilidad del sellador es de +/- 50%, entonces el ancho conforme a obra de la junta de control necesita ser 2 veces el movimiento calculado en la junta de control. Si la extensibilidad del sellador es de +/- 25%, el ancho conforme a obra de la junta de control necesita ser 4 veces el movimiento calculado en la junta de control.

La ecuación siguiente es la recomendación del BIA para calcular el movimiento a lo largo de un borde libre.

$$w = (.0005 + .000004 (rT))L$$

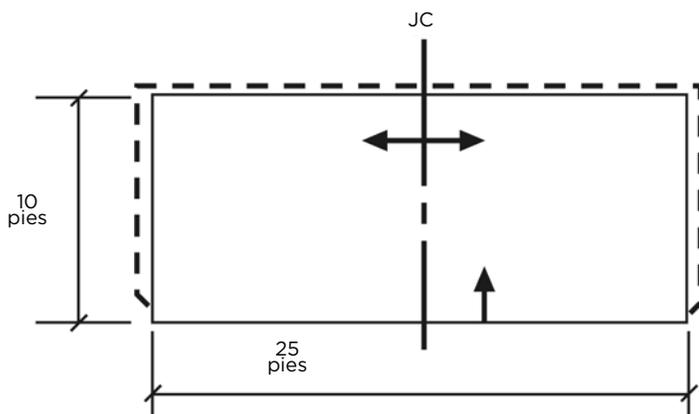
w = movimiento a lo largo de un borde libre

.0005 = coeficiente de dilatación por humedad

.000004 = coeficiente de dilatación térmica

(rT) = cambio máximo de temperatura anual

L = distancia desde el punto donde no hay ningún movimiento del muro hasta el punto en el muro donde ocurre el máximo movimiento. Horizontalmente, L es la mitad de la longitud del muro. Sin embargo, normalmente dos muros se encuentran en una junta, por consiguiente, el movimiento calculado que ocurre en la junta debe ser el doble del número calculado para un panel. Verticalmente, L es la altura del panel.

Ejemplos de cálculos


A. Supongamos:

temperatura máxima = 120°F
del ladrillo

temperatura mínima = 40°F
del ladrillo

extensibilidad del = +/-50
sellador

Movimiento a lo largo del borde superior del panel

$$w = (.0005 + .000004 (80)) 10' \times 12 = .10''$$

factor del sellador = 2
ancho de la JC = 2 x (.10) = .20" < 3/8"

Movimiento a lo largo del borde vertical del panel

$$w = (.0005 + .000004 (80)) 12.5' \times 12 = .123''$$

Ya que 2 paneles se encuentran en la misma JC

$$W \text{ real} = 2 \times .123'' = .246''$$

Factor del sellador = 2

$$\text{Ancho de la JC} = 2 \times .246'' = .49''$$

Si la extensibilidad del sellador es de 25%, entonces el factor del sellador es 4. El ancho de la JC a lo largo de la parte superior del panel es de .10" x 4 = .40" y el ancho de la JC a lo largo de la junta de control vertical es de .246" x 4 = .98".

B. Si el ladrillo ha salido del horno hace más de 3 meses, el coeficiente de dilatación por humedad sería de aproximadamente .0002 en lugar de .0005. Esto cambia el tamaño de los anchos requeridos de las JC.

Movimiento a lo largo del borde superior del panel

$$w = (.0002 + .000004 (80)) 10' \times 12 = .06''$$

$$\text{Ancho de la JC} = 2 \times .06'' = .12''$$

Movimiento a lo largo del borde vertical del panel

$$w = (.0002 + .000004 (80)) 12.5' \times 12 = .08''$$

$$\text{Ancho de la JC} = 2 \times .08'' = .16''$$

Esperar a que el ladrillo se dilate por la humedad reducirá el tamaño de la JC.

Para calcular el movimiento de la mampostería de ladrillo de arcilla en edificios en Canadá, se deben usar los coeficientes siguientes, tomados de la Tabla 1, *Masonry Dimensional Properties* (Propiedades dimensionales de mampostería), de CSA S304.1-94 *Masonry Design for Buildings (Limit State Design)* \[Diseño de mampostería para edificios (Diseño de estado límite)]

Movimiento térmico
horizontal (mm/m/100°C) 0.5 - 0.6

Movimiento térmico
vertical (mm/m/100°C) 0.7 - 0.9

Movimiento por humedad
reversible (mm/m) 0.2

Movimiento por humedad
contracción permanente (mm/m) 0.2 - 0.7

Movimiento de carga
Módulo elástico inicial (GPa) 4 - 26

Movimiento de carga
Deformación a largo plazo/deformación inicial 2 - 4

Material de lectura adicional:

1. BIA, Notas técnicas 18 y 18A
2. Grimm, C.T., *Masonry Cracks: A Review of the Literature, Masonry: Materials, Design, Construction and Maintenance*, ASTM STP 992, 1988, pp. 257-280