

PATOLOGÍAS DE ORIGEN TÉRMICO EN ESTRUCTURAS

Ing. Eduardo Pedoja

Profesor de Hormigón Armado y Proyecto
Facultad de Ingeniería, Universidad de Montevideo

Una de las causas más frecuentes de la aparición de patologías en edificios es la incorrecta consideración de los efectos de origen térmico, que se manifiestan normalmente en fisuras, pérdidas de estanqueidad, humedades etc.

Para facilitar el análisis se pueden separar en dos tipos: Los debidos a gradiente térmico y los debidos a dilatación térmica.

Los debidos a gradiente térmico son aquellos que provienen de una variación de temperatura en el espesor de un mismo elemento estructural. Salvo en el caso de estructuras expuestas en las que no se haya considerado, no suelen ser causa de patologías y no se estudiarán en este artículo.

Los debidos a dilatación térmica son los provocados por un incremento de temperatura uniforme de un elemento estructural con respecto a otros a los que se halla unido, por ejemplo la dilatación (o contracción) de un forjado de azotea con respecto a las fundaciones. A estos últimos está asociado un importante porcentaje de las patologías que ocurren en las edificaciones, que se manifiestan usualmente, en los cerramientos verticales y en la frontera entre éstos y la estructura.



A nivel de proyecto, una de las formas de controlar las patologías por dilatación térmica en edificios es introducir juntas de dilatación en planos verticales que cortan o separan un edificio en dos o más partes estructuralmente independientes. Esto normalmente resuelve el tema planteado pero introduce otro tipo de problemas que a menudo son difíciles de resolver. Por ejemplo la resolución del pavimento en los labios de la junta, la impermeabilidad de las mismas en la azotea, la estanqueidad entre los pisos inferiores y desde otro punto de vista, la pérdida de rigidez horizontal, o mejor dicho el no aprovechamiento de todos los elementos que le dan rigidez horizontal del edificio.

De acuerdo a una práctica que tiene muchos años, las juntas de dilatación deben separarse como máximo entre 25 y 30 m sin hacer demasiadas consideraciones en cuanto a las características geométricas y térmicas de la edificación. Sin embargo las dificultades mencionadas hacen que valga la pena analizar la validez de esta práctica.

Un simple análisis cualitativo del problema lleva a pensar que se deberían considerar ciertos parámetros que habitualmente se ignoran. Por ejemplo, parecería que no es lo mismo un edificio con aislamiento térmico que uno con estructura de hormigón visto, o un edificio de una planta que uno de 10 plantas, o un edificio simétrico que uno que tenga el centro térmico (*) en un borde.

En principio, la separación de las juntas de dilatación, está condicionada por dos motivos, uno son los esfuerzos sobre la estructura, y el otro es capacidad de los cerramientos verticales para absorber deformaciones horizontales, en particular, la capacidad de los muros de mampostería para deformarse horizontalmente sin que aparezcan fisuras en el propio muro y en la frontera con la estructura.

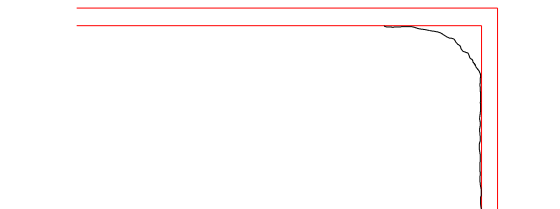
El primer aspecto es perfectamente manejable desde el punto de vista estructural, en otras palabras, conociendo los materiales y las diferencias de temperatura, se puede diseñar la estructura para que resista todos los esfuerzos de origen térmico que se le quiera imponer.

El segundo aspecto muestra bastantes incertidumbres. Los materiales con que se construyen los muros de mampostería no están normalizados y sus características mecánicas y reológicas presentan una dispersión muy grande.

No obstante como se verá más adelante se pueden hacer algunas consideraciones basadas en la experiencia, que permiten avanzar en el análisis.

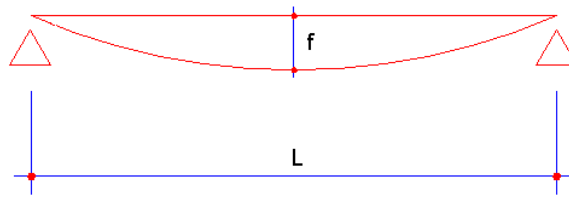
Lo primero que se observa es que las patologías que aparecen cuando se ha exagerado la separación entre juntas, son fisuras en los muros y en la frontera con la estructura en las zonas más alejadas del centro térmico. En general son fisuras vivas, que varían según las estaciones del año y las horas del día.

FISURAS TÍPICAS POR DILATACION DE LA LOSA SUPERIOR



De acuerdo con esta observación parecería que lo que se debe limitar no es precisamente la separación entre juntas sino los corrimientos horizontales o mejor aún, la deformación angular del muro. Sin embargo no existen (o al menos no conocemos) limitaciones normativas específicas a esta deformación a excepción de alguna recomendación referida a las cargas horizontales por sismo o viento.

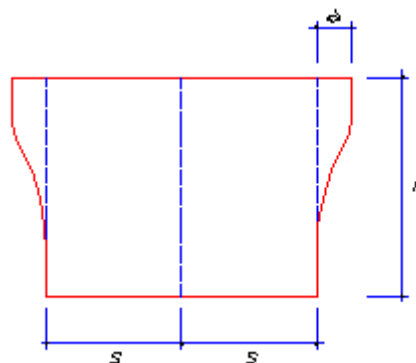
En cambio suelen estar incorporadas a las normas o a sus anexos, limitaciones a la relación flecha-luz, para vigas o losas. En términos muy generales, para la flecha activa, este valor está en el orden de $1/500$, lo cual lleva implícito una limitación a la deformación angular $\gamma = \nu < 1/125$, en donde $\nu = 4f/l$.



Pero hay que tener en cuenta que en las construcciones de hormigón, la mayor parte de la flecha activa se debe a la deformación lenta, que se produce en el transcurso de los primeros 2 a 4 años de vida de la estructura.

Las deformaciones de origen térmico además de ser cíclicas, se producen en períodos de tiempo mucho más cortos, lo cual resulta en una condición mucho más severa para los muros. No resulta prudente entonces aplicarles este límite de deformaciones

Se intentará entonces hacer un cálculo basado en los valores consagrados por la práctica. Para ello, se analizará un edificio de una planta, simétrico, de 30 m de largo, 2.40 m de altura con un aislamiento térmico normal en la azotea consistente en 2 o 3 cm de poliuretano expandido y muros dobles exteriores. El centro térmico coincide obviamente con el eje de simetría.



La estructura sufre un incremento térmico $\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$ que se entiende como el extremo superior para este tipo de edificación en un clima templado. De acuerdo a lo que se ha experimentado durante muchos años, esta sería la situación límite para no tener problemas.

La deformación horizontal máxima, vale :

$$\delta = s \alpha \Delta t = 1500 / 100000 \times 20 = 0.3 \text{ cm}$$

En donde $s = 15 \text{ m}$ es la máxima distancia al centro térmico y $\alpha = 10^{-5}$ es el coeficiente de dilatación térmica del hormigón.

La deformación angular vale :

$$\gamma = \delta / h = 0.3 / 240 = 1/800$$

Esto es un límite mucho más severo que el $1/125$ que surge de las normas referentes a elementos estructurales horizontales.

Se aceptará entonces el valor $1/800$ como límite de las deformaciones angulares. En la misma ecuación despejando el valor de s , se llega a una fórmula que permite calcular la distancia máxima del centro térmico al borde de una estructura :

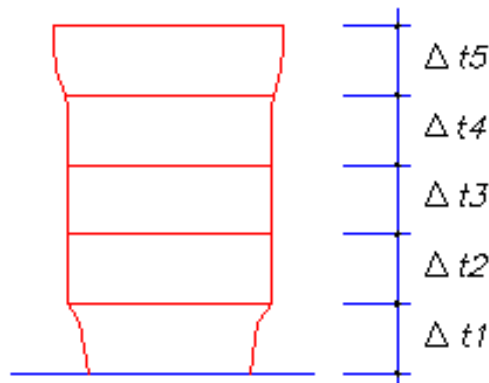
$$s = h / (800 \alpha \Delta t)$$

Se observa que la separación entre juntas está condicionada por el salto térmico, la altura de la estructura y la posición del centro térmico.

Si mediante una correcta aislación térmica se reduce el Δt a la mitad, la separación entre juntas se duplica, o si estamos considerando pisos de doble altura, la separación entre juntas también se duplica, o si el centro térmico está en un extremo la separación se reduce a la mitad.

Vale la pena profundizar un poco más sobre lo que ocurre en un edificio de varios niveles. Es interesante observar que en la primer planta, el salto térmico está dado por la diferencia entre la temperatura media de construcción y la máxima (o mínima) temperatura que puede alcanzar la estructura, ya que las fundaciones no se desplazan por temperatura.

Mientras que en los otros pisos el salto térmico, está dado por la máxima diferencia de temperatura que se puede dar entre dos forjados consecutivos.



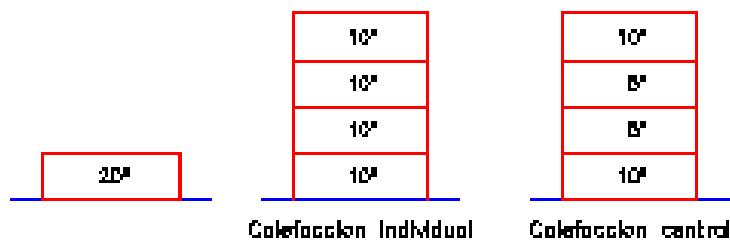
Evidentemente el salto térmico entre dos forjados intermedios es muy bajo. No puede decirse lo mismo del primero ni del último, sobre todo cuando no se ha previsto una correcta aislación térmica en la azotea.

Estadísticamente las patologías por dilatación térmica aparecen con muchísima más frecuencia en la última planta que en la primera. En esto pueden intervenir varios factores, entre ellos, que las variaciones térmicas en el primer nivel son más lentas por ser más importante el componente estacional que el diario, la altura de la primer planta suele ser mayor que la de los otros pisos y a menudo la densidad de paredes es frecuentemente menor por estar destinada a usos comerciales o de estacionamiento.

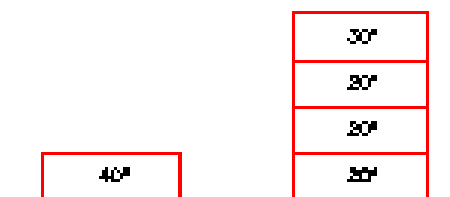
Por último que se muestran algunos valores a título simplemente orientativo, basados en la observación no sistemática de la temperatura en diferentes viviendas y bajo diversas circunstancias climáticas y de uso.

VALORES ORIENTATIVOS

Estructuras protegidas



Estructuras no protegidas



(*) El centro térmico es el único punto de un forjado que no se desplaza cuando hay una variación uniforme de temperatura. Geométricamente se identifica con el centro de una homotecia. Su ubicación depende de las rigideces y de la posición de los elementos estructurales verticales (pilares, pantallas, muros etc).