FISURAS POR RETRACCION EN EL HORMIGON

Jorge Eduardo Cedeño Cuellar
Paul Alberto Cuellar Lozano
Oswaldo Izurieta Carvajal
Facultad en Ciencias de la Tierra "Ingeniería Civil"
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
jecedeno@espol.edu.ec
pcuellar@espol.edu.ec
oizuriet@espol.edu.ec
Director de Seminario: Ing. Gastón Proaño, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Titulo Obtenido: Ingeniero Geólogo, gproano@espol.edu.ec

Resumen

Una de las más importantes limitaciones que tiene el hormigón es su retracción, un fenómeno físico que limita la eficacia del empleo de este material en algunas aplicaciones donde la retracción tiene efectos inadmisibles. La retracción es un problema originado por la pérdida de humedad del hormigón, está influenciada por distintas variables y sus tipos están relacionados con el estado en que se encuentra el hormigón.

La retracción se manifiesta con la aparición de fisuras y grietas, que son roturas que aparecen en la superficie del hormigón que aparte del daño estético que ocasionan afectan a la resistencia del hormigón y la fisuracion afecta adicionalmente la propiedad del hormigón definida como durabilidad.

Siendo las fisuras por retracción un problema muy común en el campo de la construcción nace el interés por realizar una investigación que permita conocer como se origina, como se presenta y como se lo soluciona y controla.

Palabras Claves: retracción, fisuras, hormigón, cemento, durabilidad.

Abstract

One important limitation is that the concrete has to retract, a physical phenomenon that limits the effectiveness of the use of this material in some applications where shrinkage effects unacceptable. Shrinkage is a problem caused by moisture loss of concrete is influenced by different variables and their rates are related to the stage reached in the concrete.

Shrinkage is manifested by the appearance of fissures and cracks, cracks that are appearing on the surface of the concrete beyond the aesthetic damage caused by affecting the strength of the concrete and cracking affects property additionally defined as durability of concrete.

Being the shrinkage cracking a very common problem in the field of construction comes the interest in conducting a research to find out how it originated, as presented and as it solves and controls.

Key words: shrinkage, cracks, concrete, cement, durability.

1. CAPITULO I

INTRODUCCION

El hormigón, también llamado concreto, es el resultado de la mezcla de cemento, áridos, agua y en ocasiones aditivos; cuando el cemento entra en contacto con el agua se dan una serie de reacciones químicas que derivarán en el fraguado y endurecimiento de la mezcla, y al final del proceso se obtendrá un material con consistencia pétrea.

Este material es muy utilizado en la industria de la construcción debido a que no sufre deterioro serio al estar expuesto al medio ambiente, su mezcla es muy trabajable por lo que se le puede dar diversas formas, utilizando una pequeña mezcladora se lo puede obtener en obra muy fácilmente y su costo es bajo.

Cuando se da el proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón ocurre un cambio de volumen en el hormigón que se lo conoce como retracción, este fenómeno se debe principalmente a la perdida de humedad durante el fraguado del hormigón y durante el endurecimiento, siendo un proceso que a pesar de ocurrir solo en la pasta del cemento también está influenciado por la calidad y forma de los áridos.

Estimar los valores de retracción de una forma realista constituye un aspecto importante de evaluación en el comportamiento de estructuras de hormigón armado ya que una predicción equivocada de valores de retracción podría producir deformaciones exageradas y/o fisuracion.

Para estudiar este fenómeno se han desarrollado algunos modelos para calcular la retracción del hormigón, los cuales son empíricos y solo reflejan algunos de los procesos físicos que ocurren con el material; la mayoría de los modelos se los encuentran en los códigos y difieren entre sí en su complejidad y precisión de cálculo.

A pesar de que la tecnología del hormigón se ha desarrollado mucho, aun hoy en día es difícil encontrar una mezcla que esté libre de retracción, siendo por ende muy difícil el control de la fisuracion por retracción

Esta investigación se abocara por lo tanto a la descripción general del fenómeno de retracción, a identificar las fisuras generadas en el hormigón debido a la retracción, y al conocimiento de algunos métodos que intentan compensar la retracción en el hormigón.

2. CAPITULO II

LA RETRACCION.

2.1 Definición.

La retracción es la deformación del hormigón en estado fresco o endurecido, la cual no depende de la carga externa aplicada y se manifiesta mediante la disminución del volumen del hormigón durante el proceso de fraguado en sus primeras horas, o cuando se encuentra ya endurecido días o meses después y se produce por un hecho muy sencillo que es la simple pérdida de agua.[1]
Dependiendo de la cantidad de finos, la cantidad de cemento, el tipo de cemento, relación agua-cemento, espesor del elemento estructural, de si es hormigón armado o no y de la temperatura ambiental, la retracción puede ser muy poca o ser muchísima y por ende las fisuras variaran en su cantidad y magnitud.
Para una evaluación detallada en el valor de la retracción hay que tomar en cuenta las diversas variables que influyen en este fenómeno, en especial: el grado de humedad del medio ambiente, el espesor y dimensión de la pieza, composición del hormigón, cantidad de armaduras y tiempo transcurrido desde la ejecución, que marca el inicio del fenómeno.

2.2 Tipos de Retracción.

Varios especialistas han realizado ensayos del comportamiento del hormigón y se determinaron tres tipos de retracción: retracción capilar, retracción química y retracción de secado.

2.2.1 Retracción Plástica. También llamada retracción capilar, está relacionada con la retracción del hormigón en su estado fresco y actúa durante las primeras horas después del vertido del hormigón; es provocada por una evaporación demasiado rápida del agua en la superficie del hormigón durante las primeras 12 horas de colocado y también por la succión de agua por parte del encofrado.
En la pasta cementicia la retracción plástica es mayor que en el hormigón, siendo inclusive hasta tres veces menor la retracción en este último, como se podrá observar en la figura 1 donde existen curvas típicas de retracción para pasta, mortero y hormigón; todo esto debido a la presencia de áridos en el hormigón.

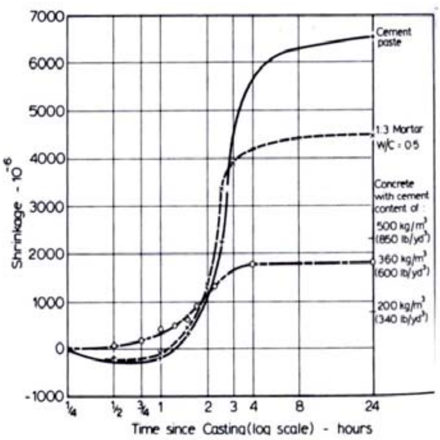

Figura 1. La retracción plástica en pastas, morteros y hormigones (Neville, 1995)

2.2.2 Retracción Química (Autógena). Al tener un hormigón con baja relación agua-cemento puede ocurrir que no habrá suficiente agua para el proceso de hidratación, bajo estas condiciones la mezcla consumirá el agua libre que se encuentra en los poros capilares para poder seguir con la hidratación dándose un consumo interno de agua conocido como autosecado que viene a ser la causa de la retracción autógena del hormigón.

Al tener temperaturas elevadas, un alto contenido de cemento, cementos más finos o cementos con alto contenido de C3A y C4AF nuestros valores de retracción autógena tenderán a incrementarse así como el proceso de hidratación se acelerara.

La utilización de adiciones como la ceniza volante, tiende a disminuir la retracción autógena.

2.2.3 Retracción de Secado. También llamada retracción hidráulica, se da en el hormigón endurecido y tiene que ver con la pérdida de humedad de este, ante la existencia de un gradiente de humedad entre nuestro hormigón y el ambiente al que está expuesto; este movimiento de agua hacia el exterior es lo que causa la retracción, siendo la forma más común y visible de las retracciones[2].

La retracción de la pasta puede ser reversible e irreversible, siendo los procesos que intervienen en este fenómeno, aún estudiados y por ende no completamente entendidos, así que no ahondaremos en su explicación para evitarnos confusión.

2.3. Factores que influyen sobre la retracción.

Los factores que afectan la magnitud y velocidad de desarrollo de la retracción son numerosos, siendo separados en tres grupos: factores relacionados con la dosificación de la mezcla, factores relacionados con el ambiente y factores relacionados con el método de ejecución.

2.3.1. Factores relacionados con la dosificación de la mezcla. Entre los factores relacionados con la dosificación de la mezcla que tienen influencia en la retracción vale mencionar: el contenido de árido, tamaño y distribución de los áridos, contenido de agua y cemento, aditivos y adiciones; siendo el factor más importante el contenido del árido ya que aunque la retracción es un fenómeno que se da en la pasta, el árido tiene la propiedad de reducir estas deformaciones ya que a mayor volumen de árido menor volumen de pasta. La influencia conjunta del contenido de agua, contenido de cemento y relación a/c sobre la retracción aparece en la figura 2.

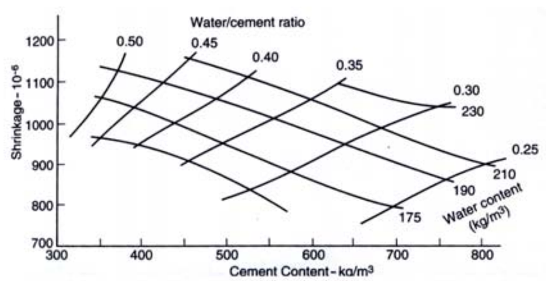

Figura 2. Relación entre el contenido de agua, contenido de cemento y relación a/c con la retracción de hormigón curado en humedad durante 28 días y secado a 450 días (Neville, 1995).

2.3.2. Factores relacionados con el ambiente. El factor ambiental que más influye en la retracción es la perdida de humedad, algo que ya se analizo anteriormente ya que se conoce que esta es la causa principal de la retracción por secado, además condiciones atmosféricas con elevada temperatura, humedad relativa bajas o vientos importantes pueden favorecer fisuras superficiales de afogarado que se ven favorecidas por un excesivo contenido en agua del hormigón y acabados de pasta de cemento en superficie.

2.3.3. Factores relacionados con el método de ejecución. Entre estos factores se tiene: el periodo de curado, tipo de curado, tamaño y forma del elemento. De acuerdo a Neville (1995)[3], los resultados de varias investigaciones sobre este aspecto se contradicen pero en general se manifiesta que el periodo de curado no es un factor importante en la retracción.

El tamaño del elemento influye en el último valor de retracción a obtener, ya que en elementos pequeños la velocidad de desarrollo de la retracción es mayor que en elementos grandes y el efecto de la forma del elemento estructural también influye sobre la retracción, pero según Neville (1995), su influencia es secundaria.

3. CAPITULO III

FISURAS EN EL HORMIGON.

3.1 Definición.

Las fisuras son roturas en la masa del hormigón que aparecen generalmente en su superficie con un desarrollo lineal, producidas por la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia. Cuando la fisura atraviesa de lado a lado el espesor de un elemento se convierte en grieta.
Las fisuras pueden ser la vía por la cual pueden entrar al hormigón, principalmente, los agentes agresivos de tipo químico. No hay que pensar, que las estructuras fisuradas de hormigón son siempre peligrosas, lo que importa conocer es el tipo de elemento estructural en que han aparecido y la naturaleza de las fisuras. Éstas son especialmente peligrosas cuando sobrepasan determinados espesores y cuando están en determinados ambientes.

3.2 Tipos de Fisuras.

El fisuramiento en el hormigón se puede dar por muchos factores como ya se menciono anteriormente, a continuación detallaremos los distintos tipos de fisuras que existen (ver figura 3) pero este trabajo de investigación se referirá con mayor énfasis a las producidas por la retracción.

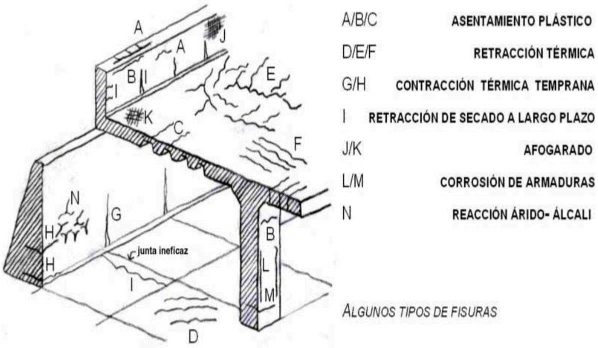

Figura 3. Tipos de Fisuras en el Hormigón.

3.2.1 Fisuras de Entumecimiento Hidráulico. Aquellas que aparecen a consecuencia del aumento de volumen del hormigón, como consecuencia de un contacto permanente con el agua. Desde el punto de vista de la fisuración, son menos peligrosas que las de retracción
3.2.2 Fisuras Térmicas. Las fisuras suelen aparecer en la superficie en forma de un mapa de fisuras de escasa profundidad (algunos milímetros o centímetros). A veces son tan finas que sólo se observan si se humedece con agua la superficie del hormigón.
3.2.3 Fisuras de Origen Químico. Las reacciones químicas producidas entre algunos tipos de áridos silíceos y los álcalis existentes en el hormigón, el ataque de ácidos, sulfatos etc., pueden dar lugar a reacciones expansivas que se manifiestan inicialmente mediante una fisuración superficial del hormigón.
3.2.4 Fisuras por Adherencia. Se produce en zonas en que la armadura que trabaja a tracción se encuentra insuficientemente anclada. Se caracteriza por fisuras perpendiculares a la armadura, acompañada en ocasiones por fisuras paralelas a aquellas.
3.2.5 Fisuras debido a acciones mecánicas. Aquellas que aparecen en los elementos estructurales cuando se ha producido el agotamiento del hormigón. Sin embargo, la fisuración no es por sí misma un indicio alarmante, dado que lo habitual es que las piezas de hormigón se fisuren en estado de servicio. Las fisuras en el hormigón según las distintas acciones mecánicas a las que estará expuesto serán: por compresión por flexión, por tracción, por cortante, por cortante, por punzonamiento.
3.2.6 Fisuras por Retracción. Se presentan de la siguiente forma:

3.2.6.1 Fisuras por Retracción Plástica. Son características del hormigón fresco y son producidas por la rápida evaporación superficial del hormigón, Estas fisuras aparecen en la superficie en forma de "viboritas", ubicadas al azar y orientados en cualquier dirección.

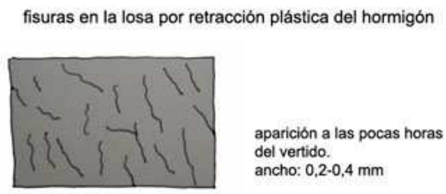

Figura 42. Fisura por retracción plástica

Las fisuras de retracción plástica suelen ser superficiales, varían desde unos pocos centímetros de largo hasta 1,50 ó 2,00 m y suelen tener una profundidad de 2 a 3 cm con anchos de 0.2 a 0.4 mm., y van decreciendo conforme van profundizando en la pieza.
Este tipo de fisuras son muy frecuentes en las losas de hormigón y pueden mostrarse, por lo general, de las siguientes maneras:

- Pueden seguir líneas paralelas diagonales, aproximadamente a 45º con las esquinas, con distancias entre ellas comprendida entre los 20 centímetros y los 2 metros;

- Presentarse a modo de crestas onduladas, o siguiendo un patrón indeterminado formando generalmente una especie de malla.
- También es común que sigan el recorrido de las armaduras o de alguna cualidad física de la pieza, como por ejemplo un cambio de sección o una interrupción en el hormigonado.

Existen las llamadas fisuras de afogarado (o fisuras en mapa), conocidas en nuestro país como fisuras de bailejado, las cuales son un tipo de retracción plástica superficial intensa. Son siempre superficiales y generalmente de menos de 1 cm. de profundidad y de 0,05 a 0,5 mm de anchura aproximadamente.

Fotografía 1. **Fisura de afogarado (fisuras en mapa)**

3.2.6.1 Fisuras de retracción hidráulica o de secado.- Las fisuras de retracción de secado, a diferencia de las de retracción plástica, suelen tener una anchura constante y un trazado limpio sin entrecruzarse ni ramificaciones. Si la distribución de las fisuras es buena, estas fisuras de retracción son muy estrechas, del orden de 0,05 a 0,1 mm de anchura y es frecuente que no tengan más de 0,02 mm. Tampoco son profundas y suelen penetrar en el hormigón de 4 a 10 mm. Pueden aparecer a partir de las dos o tres semanas desde el vertido del hormigón, pero el riesgo de su aparición persiste en condiciones normales hasta un año, retardándose a veces hasta los dos y tres años, en función de las condiciones de sequedad atmosférica.

En este tipo de fisuración juegan un papel importante la rigidez del elemento estructural y sobre todo, la del conjunto estructural que le afecta. Se puede dar el caso de que en vez de producirse la fisuración en el elemento que se acorta, se produzca en los elementos que están unidos a él. Este efecto es frecuente en vigas de sección grande y muy armadas unidas a pilares esbeltos y poco rígidos; en este caso las fisuras aparecen en la cabeza y pie de los pilares en vez de en la viga (ver figura 5).

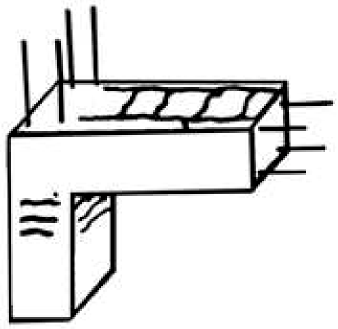

Figura 5. Fisuras por retracción hidráulica en una viga**.**

En el caso contrario, en vigas con luz más o menos grande, pueden aparecer fisuras perpendiculares a su eje, de espesor constante, que seccionan las vigas si éstas se encuentran coaccionadas por pilares de gran rigidez (ver figura 6).

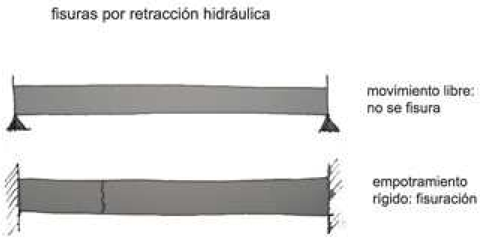

Figura 6. Fisuras por retracción hidráulica en elementos restringidos

4. CAPITULO IV

CONTROL DE LAS FISURAS POR RETRACCION.

El método más comúnmente usado para disminuir la retracción es reducir la relación agua-cemento que como hemos visto determina en gran medida el valor de esta.

Las buenas prácticas de diseño y construcción pueden minimizar la cantidad de fisuración así como el usar armaduras y juntas de construcción adecuadas pueden eliminar o controlar las grandes fisuras visibles. En la mayoría de las estructuras la fisuración debida a la retracción por secado nunca se puede eliminar.

4.1 Reducción de la tendencia a la fisuracion.

La mayoría de las medidas que se pueden adoptar para reducir la retracción del hormigón también reducirán la tendencia a la fisuración; la retracción por secado se puede reducir:

- Usando menos agua en la mezcla ; y
- El mayor tamaño máximo de agregado posible, pero que preferiblemente no sea mayor a ¾ " para que haya mayor adherencia

4.2 Armaduras.

La correcta ubicación y el empleo de adecuadas cantidades de armaduras disminuirán el número y ancho de las fisuras. Si se distribuyen las deformaciones por retracción a lo largo de la armadura, las fisuras se distribuirán de una manera tal que se producirán un mayor número de fisuras de poca abertura que unas pocas fisuras muy abiertas.
Para controlar las fisuras y mantenerlas en un nivel en general aceptable es necesario que la cuantía requerida sea mayor que alrededor de 0,60%.

4.3 Juntas.

Utilizar juntas es un método efectivo para evitar la formación de fisuras, ya que si se tiene una longitud o superficie considerable de hormigón, como por ejemplo un muro, losa o pavimento, y no se proveen juntas adecuadas, el hormigón se fisurará y formará sus propias juntas.
Para determinar dónde colocar las juntas se deberá estudiar cada elemento en forma individual.

4.4 Hormigón Compensador de Retracción.

Se puede utilizar hormigones especiales que compensen la retracción, los cuales se los obtendrá luego de ser preparados con alguno de los siguientes elementos:

- Cementos expansivos o sin retracción para minimizar o eliminar la fisuración por retracción.
- Aditivos expansores como Oxido de Calcio (cal) (CaO) o sulfoaluminato de calcio (4CaO-3Al2O3-SO3) que ayuden a la formación de la ettringita (sulfoaluminato cálcico hidratado).
- Fibras especiales que combatan retracción.

En la Figura 7 se compara un caso típico de cambio de longitud de un hormigón compensador de la retracción con la de un hormigón de cemento portland, se observara que durante los primeros días de curado húmedo el hormigón normal puede experimentar una leve expansión, que rápidamente se revierte en una fuerte contracción apenas se lo expone al medio ambiente mientras que el HRC en cambio, desarrolla una importante expansión durante la fase de curado húmedo que permite compensar la posterior retracción que se produce en el período de desecamiento; además es visible que después de la expansión inicial que se produce en los primeros 7 días de curado en ambiente húmedo, la retracción por secado del HRC tiene características similares a la de un hormigón normal por lo que a partir de los 7 días las dos curvas son aproximadamente paralelas estando la del HRC desplazada un valor igual a la expansión alcanzada durante los primeros 7 días.[4]

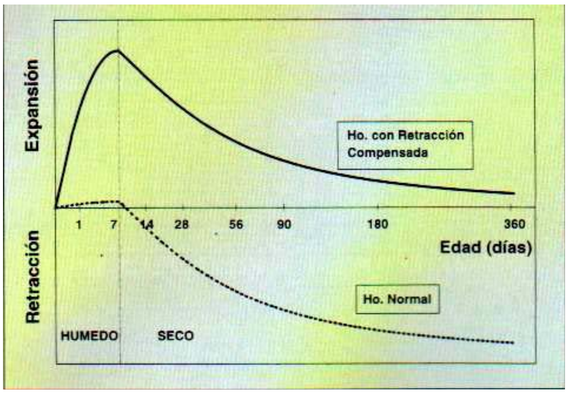

Figura 7. Comportamiento HRC vs. Hormigón Normal

(HR=50%).

Para lograr esa expansión controlada existen hoy dos posibilidades: usar cementos expansivos o usar aditivos expansores. En ambos casos lo que se hace es incorporar en el hormigón una cantidad controlada de compuestos expansivos, principalmente Sulfoaluminato de Calcio (4CaO.3Al2O3.SO3) y/u Oxido de Calcio (CaO).
Los tipos de fibras más comúnmente utilizados en concreto son los sintéticos, que comprenden materiales de polipropileno, nylon, poliéster y polietileno.
La presencia de fibra soporta a la mezcla homogénea y funciona como millones de puentes que distribuyen uniformemente los esfuerzos internos de retracción que tratan de separar la mezcla. Estas mismas fibras interceptan la propagación de las microgrietas y paralizan su crecimiento. Las fibras interrumpen la acción capilar de la humedad y por ende permiten un curado más lento.

4.4.1 Importancia del Curado. Para aprovechar plenamente el potencial expansivo del hormigón compensador de la retracción, y para minimizar o impedir la fisuración por retracción de las superficies de hormigón, es importante iniciar un curado con agua efectivo e ininterrumpido (cubierta húmeda o inundación) inmediatamente después del acabado final. En losas sobre subrasantes bien saturadas se han usado exitosamente tanto el curado con membranas humedecidas por rociado como las cubiertas impermeables. Si un hormigón compensador de la retracción no se cura adecuadamente, se puede producir una expansión insuficiente lo que hará que el hormigón se fisure por retracción por secado.[5]

4.5 Métodos Constructivos Adecuados.

4.5.1 Contenido de Agua. La retracción por secado del hormigón es proporcional al contenido de agua de la mezcla, así que usar un hormigón con el menor asentamiento posible ayuda al control de la fisuración. La elección de la dosificación que requiera la menor cantidad de agua para la resistencia y durabilidad deseadas es un factor de fundamental importancia. Esto significa evitar las mezclas con exceso de arena, usar el máximo tamaño de agregado posible y usar agregados con la forma y la gradación granulométrica más favorables.

4.5.2 Secado Superficial. A menos que la superficie esté sumergida o bajo tierra habrá secado superficial, así que uno de los principales objetivos del control de la fisuración es mantener el hormigón húmedo tanto como sea posible para que tenga tiempo de desarrollar más resistencia y resistir las fuerzas de fisuración. Sin embargo, hay algunos casos en los cuales un prolongado curado húmedo no resulta beneficioso. La importancia del curado húmedo variará dependiendo de las condiciones climáticas y la estación del año.

4.6 Control de Fisuras por Retracción Plástica.

Algunas veces las fisuras por retracción plástica aparecen durante la construcción, esto es lo suficientemente temprano como para ser eliminadas usando una llana o fratás, puede ocurrir que durante el fratasado se note que al pasar el fratás, el hormigón no puede trabajarse debido a que el material de superficie está más rígido que el de masa ya que perdió agua. Esto se soluciona generando un leve rocío superficial (no riego) que reincorpore el contenido de agua de la superficie del hormigón, se recomienda realizar estas operaciones tan rápido como sea posible ya que si estas fisuras no se detectan y corrigen a tiempo luego no resulta sencillo eliminarlas.
Apenas aparezcan las fisuras, si el estado del hormigón aún lo permite, se debería intentar cerrar las fisuras mediante apisonado o golpeando con una llana. Si las fisuras se cierran firmemente es poco probable que vuelvan a aparecer. Sin embargo, si "a penas" se pasa un fratás sobre la superficie del hormigón, las fisuras pueden aparecer nuevamente. En cualquier caso el curado se debe iniciar tan pronto como sea posible.

Para prevenir la pérdida de humedad superficial que es lo que ocasiona las fisuras por retracción plástica se podrían tomar algunas medidas como: uso de boquillas de niebla (no de pulverizado) para mantener una delgada capa de humedad sobre la superficie, enrollar y desenrollar rollos de lámina plástica antes y después de aplicar la llana, preferentemente exponiendo sólo el área sobre la cual se está trabajando en el momento. Una precaución útil pero menos efectiva serian los films de polietileno que inhiben la evaporación y el uso de rompevientos para reducir la velocidad del mismo sobre la superficie expuesta.
Otras prácticas útiles para contrarrestar la excesiva pérdida de humedad superficial consisten en colocar sobre una superficie bien humedecida (mojar el encofrado), enfriar los agregados humedeciéndolos y colocándolos a la sombra, usar agua fría o hielo triturado como agua de amasado para bajar la temperatura del hormigón fresco y también se pueden utilizar fibras sintéticas para reducir la fisuracion; es conveniente como parte del proceso constructivo no echar agua sobre el hormigón o en la mezcla para hacerlo más trabajable, y evitar exceso de finos en el hormigón.

5. AGRADECIMIENTOS.

A los profesores del seminario de graduación: Ing. Carmen Terreros, Ing. Gastón Proaño e Ing. Juan Carlos Pindo.

6. CONCLUSIONES.

1. Ningún método de control de fisuramiento por retracción garantiza que las fisuras sean evitadas, se puede reducir su propagación o su tamaño pero no eliminarlas.
2. La relación agua-cemento es el principal factor que se debe cuidar en el diseño de las mezclas, procurando que sea baja pero no con mucho contenido de cemento ya que este tiene influencia para elevar la retracción.
3. A mayor resistencia del hormigón mayor va a ser la retracción que se produzca, ya que para obtener resistencias altas se necesitara mayor cantidad de cemento y cuanto más resistente sea este habrá más deshidratación del hormigón.
4. El hormigón en masa retrae más que el hormigón armado, porque por obvias razones en un hormigón armado el hierro soportara los esfuerzos de tensión.
5. La retracción será mayor cuanto menor sea el espesor de la pieza hormigonada, debido a que menor espesor más rápido es la deshidratación de la masa de hormigón.
6. A mayor temperatura ambiental también será mayor la retracción, debido a que temperaturas altas hacen que el hormigón se deshidrate más rápido.
7. Cuanto mayor sea la superficie del elemento habrá más retracción, ya que a mayor superficie del elemento las tensiones

8. internas serán mayores y por ende mayor retracción.
9. Se debe tener mucho cuidado en el curado del hormigón, no terminarlo súbitamente y procurar seguirlo haciendo algún tiempo después de que termine el curado húmedo.
10. A mayor grado de restricción que posea una estructura de hormigón mayor será su retracción y por ende la fisuracion.
11. El éxito de los HRC radica en que se pueda dar una expansión en la mezcla durante los primeros 7 días de curado que compense la retracción por secado que tendrá lugar después en el hormigón.

7. REFERENCIAS.

1. **Agramati Landsberger Galit,** *Estudio sobre la aplicabilidad de los modelos de cálculo de la fluencia y retracción al hormigón autocompactable*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
2. **Mindess, S., Young, F.J., (1981).** *Concrete*. Prentice-Hall.
3. **Neville, A.M. (1995).** *Properties of Concrete*, 4th ed., Longman Group, Londres, Inglaterra.
4. **Comité ACI 224**. Control de la Fisuracion en Estructuras de Hormigón.
5. **Neville, A.M.**, *Tecnología del Concreto*, México – 1999