



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

“ESTUDIO ALTERNATIVO PARA REDUCIR  
AGRIETAMIENTOS EN CONCRETOS ELABORADOS  
CON MATERIALES DISPONIBLES EN LA ZONA DE  
GUADALAJARA”

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:  
ALBINO JIMÉNEZ GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:  
ING. LUIS CANDELAS RAMÍREZ



MÉXICO, D. F.

2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/023/06

Señor  
ALBINO JIMÉNEZ GARCÍA  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. LUIS CANDELAS RAMÍREZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"ESTUDIO ALTERNATIVO PARA REDUCIR AGRIETAMIENTOS EN CONCRETOS ELABORADOS CON MATERIALES DISPONIBLES EN LA ZONA DE GUADALAJARA"**

- INTRODUCCIÓN
- I. CAUSAS MÁS COMUNES DE AGRIETAMIENTOS EN LOSAS Y PAVIMENTOS DE CONCRETO
  - II. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS
  - III. ESTUDIO EXPERIMENTAL DE MEZCLAS DE CONCRETO
  - IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS
  - V. APLICACIÓN PRÁCTICA
  - VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 5 de abril del 2006.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/AJP/crc.

## **Dedicatorias**

**A mi esposa:**

**Verónica Martínez Oliver**

*Por su amor, comprensión y apoyo incondicional para alcanzar el objetivo.*

**A mis hijas:**

**Lilián Alejandra y Livia Viridiana**

*Esperando que este trabajo les sirva de aliciente para que alcancen sus propósitos en la vida.*

**A mis padres:**

**Francisco Jiménez y Porfiria García**

*Por darme la vida y mostrarme el camino.*

## **Agradecimientos**

**A los Ingenieros:**

**Carlos A. Gómez Toledo y  
Emilio Zamudio Cántora**

*Por el apoyo que me brindaron, las sugerencias y orientación, para la realización del presente trabajo.*

**Al Centro Tecnológico del Concreto de  
Holcim Apasco**

*Por el apoyo brindado con las instalaciones y del personal para la realización de las pruebas y mediciones.*

**Al Ingeniero:**

**Luis Candelas Ramírez**

*Por la paciencia que me tuvo para concluir el presente trabajo.*

---

# CONTENIDO

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
Antecedentes	2
Alcance	4
<b>I. Causas más comunes de agrietamientos en losas y pavimentos de concreto</b>	<b>7</b>
1.1 El concreto hidráulico	7
1.2 El agrietamiento del concreto	8
1.2.1 Mecanismo de formación de grietas	9
1.2.2 Factores que influyen en el agrietamiento	10
1.3 Causas más comunes del agrietamiento en el concreto	15
1.3.1 Agrietamiento del concreto antes del endurecimiento	16
1.3.2 Agrietamiento del concreto en estado endurecido	18
1.4 Evaluación y clasificación de las grietas	23
1.4.1 Evaluación de las grietas	23
1.4.2 Clasificación de las grietas	24
<b>II. Características de los materiales empleados</b>	<b>25</b>
2.1 Cemento	25
2.2 Agregado grueso	27
2.3 Agregado fino	27
2.4 Agua	29
2.5 Aditivos	29
<b>III. Estudio experimental de mezclas de concreto</b>	<b>30</b>
3.1 Consideraciones para el diseño de las mezclas	30
3.2 Planteamiento del trabajo experimental	33
3.3 Diseño y elaboración de las mezclas	35
3.4 Pruebas realizadas al concreto	37
3.4.1 Pruebas al concreto fresco	38
3.4.2 Pruebas al concreto endurecido	44
<b>IV. Análisis e interpretación de resultados</b>	<b>48</b>
4.1 Análisis de resultados del concreto fresco	48
4.2 Análisis de resultados del concreto endurecido	56
4.3 Análisis del costo de las mezclas	67
4.4 Análisis y selección de las mezclas con mejor desempeño técnico y económico.	68

---

---

<b>V. Aplicación práctica</b>	<b>70</b>
5.1 Experiencias recientes	70
5.1.1 Losas de cimentación y de entepiso en viviendas de interés social	71
5.1.2 Losas de piso en la construcción de una nave industrial	72
<b>VI. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>74</b>
<b>Anexos</b>	<b>77</b>
A Análisis físico de los agregados	77
B Diseño de mezclas de concreto	82
C Mapeo y determinación de la densidad del agrietamiento	93
D Reporte del cambio de longitud (contracción por secado)	106
E Módulo de Elasticidad	117
F Fichas técnicas de los aditivos empleados	128
<b>Glosario de términos</b>	<b>133</b>
<b>Abreviaturas</b>	<b>135</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>137</b>

---

---

# Introducción

Hoy por hoy, el concreto es el material más utilizado en la construcción de las modernas obras de ingeniería y arquitectura, y una gran cantidad del concreto premezclado que se produce, se destina para colar losas, parte de ellas suspendidas y un volumen importante en pavimentos y losas apoyadas sobre el suelo. Su formulación es relativamente sencilla, el concreto se obtiene al mezclar cemento, agregados, agua y en la generalidad de los casos, uno o más aditivos químicos para modificar determinadas propiedades del concreto, tanto en estado fresco como endurecido; sin embargo, podemos atrevernos a afirmar que un volumen importante que se coloca en estos tipos de elementos, subiste un problema que con frecuencia es causa de discusiones y preocupaciones tanto del productor del concreto como del constructor, el AGRIETAMIENTO.

El ingeniero Joe W. Kelly (1964) solía utilizar un viejo proverbio que muy bien se puede aplicar a los problemas de actualidad que se presentan en las construcciones con concreto, *"encuéntrese la causa y el remedio aparecerá por sí mismo"*.

Debido al desarrollo tecnológico en la rama de la construcción, es impostergable el estudio de alternativas de solución para el mejoramiento de las cualidades del concreto que son utilizados y en este sentido, reducir ó eliminar los niveles potenciales de agrietamientos, puede significar una importante contribución en el avance de la tecnología del concreto.

El concreto, comparado con otros materiales de construcción, es por naturaleza un material de gran variabilidad debido a la naturaleza de los ingredientes que intervienen en su composición. Las variaciones en las características de los ingredientes, provocan variaciones en la trabajabilidad y consistencia en estado fresco y variaciones en la resistencia mecánica y durabilidad en estado endurecido, que deben ser corregidos rápidamente por medio de ajustes en las proporciones de la mezcla y una supervisión cuidadosa durante la dosificación, mezclado, transporte y en la colocación final.

También es válido mencionar la influencia que las computadoras han tenido para mejorar de manera sorprendente en eficiencia, empezando con una mejor comprensión del comportamiento de los distintos materiales que intervienen en su elaboración.

Algunas de las aplicaciones más comunes de las computadoras en la tecnología del concreto son las pruebas, modelos de materiales, análisis y diseño de las mezclas, control de calidad, pruebas y evaluación del concreto endurecido, análisis y predicción de resultados de resistencia y estimación de costos. Y sin embargo, en un gran número de casos, EL CONCRETO SE AGRIETA.

---

¿Entonces es válido suponer que el problema del agrietamiento es consustancial al concreto mismo?, a decir verdad, en un gran número de artículos sobre el tema podemos leer que todo el concreto se agrieta y, citando nuevamente al Ing. Joe Kelly (1964) *“la mayoría de nosotros se resfría y la mayoría del concreto se agrieta”*.

El concreto, en estado endurecido, experimenta cambios de volumen, debido a diferentes factores, por ejemplo: causas físicas, químicas y térmicas.

Una de las causas que actualmente se está estudiando, debido al impacto destructivo que provoca en las estructuras de concreto, manifestado como agrietamientos y alabeos, es la contracción por secado, presente por la pérdida de agua de la masa de concreto y por la hidratación del cemento. Este fenómeno afecta fundamentalmente a elementos estructurales como pavimentos y losas de concreto.

Afortunadamente, las grietas pocas veces afectan la integridad estructural de una losa de concreto; Sin embargo, la presencia de ellas produce efectos visuales desagradables, permiten el ingreso de agua y sustancias nocivas y pueden ocasionar problemas de durabilidad del concreto.

## **Antecedentes**

En los últimos dos años, en la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara, se han presentado numerosos casos de agrietamientos fundamentalmente en pavimentos y en losas suspendidas y apoyadas sobre el terreno, lo que ha sido objeto de quejas y reclamaciones frecuentes por parte del constructor y del usuario final.

Del total de casos analizados, alrededor del 75 por ciento de los problemas de agrietamientos que se presentaron fueron debidos por contracción plástica y un 25 por ciento debidos a contracción por secado del concreto, solo en contados casos fueron debidos a una combinación de ambos fenómenos.

La carencia de agregados y particularmente de arenas de buena calidad (partículas limpias, densas, resistentes y durables y granulometría aceptable) en esta localidad, inducen a producir mezclas de concretos con alta demanda de pasta (agua+cemento) para satisfacer requisitos de resistencia y aunado a prácticas constructivas inadecuadas, son causas principales de un buen número de losas y pavimentos con problemas graves de agrietamiento.

En ciertas épocas del año y particularmente en el período de estiaje o cuando hay poca precipitación pluvial, se produce un clima muy seco con baja humedad relativa y temperatura ambiente alta, que favorece considerablemente a agravar el problema del agrietamiento. Y si a esto le agregamos otros factores humanos que tienen relación con ciertas prácticas constructivas y aspectos culturales, entonces el problema se vuelve todavía más complejo.

---

Un gran número de constructores y usuarios del concreto, tienden a realizar las siguientes prácticas:

- Tendencia de utilizar mezclas muy fluidas en lugar de mezclas con bajo revenimiento. En muchos casos, es práctica común incrementar el revenimiento adicionando agua con la finalidad de facilitar las operaciones de colocación, compactación y terminado del elemento, sin entender que están modificando enormemente las propiedades del concreto, entre ellos, provocando que el concreto se agriete.
- No le dan la debida importancia al curado del concreto, en el mejor de los casos consideran que el concreto debe curarse varias horas después de que haya fraguado de preferencia al día siguiente del colado y, en el peor de los casos no efectúan ninguna práctica para mantener cierta cantidad de humedad en el concreto o lo hacen de manera muy deficiente.
- No tienen conocimiento sobre prácticas aceptadas de cómo cerrar una grieta originada por contracción plástica una vez que ésta aparece, por el contrario, consideran que este tipo de grietas están asociadas a una deficiente calidad del concreto.
- No se tiene conocimiento sobre la existencia y uso de productos que pueden utilizarse para retardar la evaporación superficial del concreto y de esta manera iniciar un curado oportuno y adecuado al concreto fresco.
- Consideran que cuando el concreto se agrieta por un lugar diferente al determinado para efectuar el corte y formar el sistema de juntas de contracción, es debido también a la mala calidad del concreto.
- Muchos consideran que las mezclas muy fluidas con alto revenimiento, no requieren curado.
- En muchas obras no se cuentan con supervisores de colado y la obra está en manos de los maestros de obra o de albañiles, los cuales no trabajan conforme a procedimientos estandarizados, sino basados en sus experiencias y creencias personales.

Es evidente que no es posible cambiar de forma espontánea, las prácticas ni el nivel cultural de los constructores y mucho menos los factores climáticos que influyen en los problemas de agrietamientos, no obstante es posible buscar alternativas basados en el conocimiento de las propiedades de determinados materiales para minimizar y/o eliminar el problema del agrietamiento del concreto en un gran número de aplicaciones.

En fin, el agrietamiento constituye un problema serio que enfrentan los productores de concreto premezclado, los constructores, los especificadores y en general toda persona que utiliza o tiene relación con la utilización del concreto, debido a muchos factores de los cuales ya hemos señalado un gran número de ellos.

---

## Alcance

La finalidad básica del presente trabajo es estudiar, analizar y desarrollar proporcionamientos de mezclas con la incorporación de materiales alternativos para proveer al concreto, sobretudo a las primeras horas después del colado, los medios necesarios para reducir los esfuerzos de tensión al mismo tiempo que se pueda incrementar la resistencia al agrietamiento plástico, esto puede ser posible al obtener mezclas que tengan la capacidad de retener la humedad suficiente dentro de la masa del concreto colocado para propiciar un autocurado.

El estudio contempla concluir con una propuesta, técnica y económica, debidamente sustentada, que contribuya a eliminar o al menos reducir los niveles de agrietamientos debidos por contracción plástica y por secado en múltiples aplicaciones y, sobretudo, para elementos críticos que implican grandes superficies, tales como: pavimentos y losas de todo tipo, utilizando los materiales (cemento, agregados y aditivos) disponibles en la zona de Guadalajara.

Cabe mencionar como objetivos secundarios, la determinación y el análisis de la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la resistencia a la tensión por flexión, el módulo de elasticidad, la contracción por secado y la demanda de agua por metro cúbico. También incluye el análisis de las propiedades del concreto fresco, tales como: el aspecto, la trabajabilidad, la cohesión, el peso volumétrico, el contenido de aire, el tiempo de fraguado inicial y la cantidad de sangrado.

Estas posibilidades para reducir los problemas de agrietamiento que nos proponemos encontrar en el presente estudio, tienen su fundamento en un estudio realizado en Dallas Texas, USA, titulado "*Building Better Pavements Through Internal Hydration a Work in Progress*", en donde básicamente se refiere a la incorporación de una determinada cantidad de agregado de peso ligero con determinadas características de granulometría y capacidad de absorción para proveer a la masa interna del concreto, el agua necesaria para mitigar la necesidad de agua cuando la temperatura del concreto se incrementa por razones de la hidratación del cemento o cuando se presenta un rápido secado de la superficie del concreto. Según el informe del estudio, es mediante esta incorporación de agregados lo que va a permitir a la mezcla contar con cierta reserva de agua para satisfacer la demanda de humedad necesaria y propiciar un curado de tipo autógeno y de esta manera, reducir o eliminar el agrietamiento del concreto debido a la contracción plástica.

Es evidente pensar que en nuestro país, difícilmente podemos encontrar agregados, en forma natural o manufacturada, que cumplan estrictamente con las características y propiedades descritas en el estudio; sin embargo, existen materiales naturales como las arenas volcánicas con capacidades de absorción superiores al 5% que se pueden emplear de manera práctica para reducir el potencial de agrietamientos en losas y pavimentos de concreto. Es por ello que hemos adoptado el concepto básico del estudio referido y trabajar con los materiales disponibles en la zona para realizar mezclas experimentales y con base en los resultados que se obtengan, podremos contribuir al desarrollo de nuevas tecnologías para solucionar eficazmente el problema de los agrietamientos.

---

Los materiales seleccionados para realizar el estudio provienen de localidades cercanas a la zona de Guadalajara. Se utilizó un solo tipo y tamaño de grava proveniente de la mina de Cedros, Jal.; un solo tipo de cemento, CPC 40 de Holcim Apasco, proveniente de la planta de Tecomán, Col.; dos tipos de aditivos de la marca The Euclid Chemical Company, uno que se utiliza de línea como reductor de agua y uno desarrollado especialmente para contribuir a la solución del problema; las variables que intervinieron en el estudio fueron las arenas de tres diferentes tipos y fuentes de suministro: arena triturada de la mina de Cedros, Jal.; arena volcánica proveniente de la mina San Simón localizada en los límites de Jalisco con Michoacán y una arena también de tipo volcánica proveniente de la mina de Villa de Álvarez en el estado de Colima.

Para alcanzar los objetivos, se realizaron en total 10 mezclas de concreto en el laboratorio en 4 fases principalmente: la primera fase consistió en estudiar la mezcla original, el cual presentó los problemas de agrietamientos; la segunda fase consistió en estudiar y analizar el efecto que tiene cada una de las arenas por separado, la tercera fase fue efectuar tres mezclas combinando la arena triturada de Cedros con la arena volcánica de San Simón en diferentes porcentajes (65%/35%, 50/50% y 35%/65%, respectivamente), y la cuarta fase fue efectuar una combinación igual a la fase anterior, utilizando arena triturada de Cedros y arena volcánica de la mina de Villa de Álvarez, Colima.

Es necesario destacar que las mezclas fueron diseñadas y probadas considerando un buen número de factores que influyen de manera directa en el agrietamiento del concreto, tales factores pueden citarse: Mezclas fluidas con revenimientos de 14 a 16 cm, tamaño máximo del agregado de 20 mm (3/4"), alto contenido de finos para obtener mezclas bombeables, alto contenido unitario de agua, concreto expuesto a condiciones ambientales adversas (alta temperatura, baja humedad relativa, corrientes de aire constante durante las primeras 48 horas de la elaboración de la mezcla) para simular un secado rápido de la superficie de los modelos de losas estudiadas. El contenido de cemento fue constante de 270 kilogramos por metro cúbico para todas las mezclas.

El presente trabajo está estructurado en seis capítulos; en el primero se hace una descripción básica sobre las causas más comunes de agrietamientos en losas y pavimentos de concreto, enfatizando la importancia que debe darse a este tipo de problema en los elementos estructurales de concreto porque constituye un problema relacionado con aspectos visuales o estéticos y de durabilidad del concreto.

En el capítulo dos se describe brevemente las características de los materiales empleados en este programa de investigación, y en particular, las características de los agregados finos seleccionados como alternativa para reducir y/o eliminar el agrietamiento por contracción plástica.

El capítulo tres se refiere a todo el procedimiento que fue necesario realizar para llevar a cabo el trabajo experimental, desde la composición de las mezclas, los métodos y procedimientos de prueba empleados, concluyendo con un resumen de los resultados que se han obtenido en cada prueba o ensaye.

---

El capítulo cuatro constituye la parte medular de este trabajo, donde se dan a conocer los resultados obtenidos tanto del concreto en estado fresco como endurecido, además de realizar el análisis e interpretación, con el mayor detalle posible, sobre la información generada, poniendo especial atención en el agrietamiento del concreto producido en cada uno de los modelos de losas utilizadas en el programa experimental.

En el capítulo cinco se presentan dos casos reales derivados de la aplicación real de esta investigación para la solución del problema del agrietamiento. La primera experiencia se tuvo en la construcción de casas de interés social, en donde se requirió evitar toda posibilidad de agrietamiento por contracción plástica durante el pulido y lograr una apariencia agradable y, la segunda aplicación se realizó en la construcción de losas de piso de una nave industrial construida a cielo abierto con condiciones climáticas adversas para el concreto.

Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del estudio, además de algunas recomendaciones, debidamente sustentadas, que pueden servir de guía en la búsqueda de soluciones a problemas de agrietamiento, principalmente debidos a la contracción plástica del concreto.

---

# Capítulo I. Causas más comunes de agrietamientos en losas y pavimentos de concreto

## 1.1 El concreto hidráulico

De manera genérica, el concreto hidráulico se obtiene mediante la mezcla de dos componentes esenciales: agregados y pasta. La pasta compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava) para formar una masa semejante a una roca, y en la mayoría de los casos se incorpora un componente adicional conocido genéricamente como aditivo que puede ser líquido o sólido.

La pasta constituye alrededor del 25% al 40% del volumen total del concreto, mientras que los agregados integran aproximadamente el 60% al 75% en el mismo volumen. En la fig. 1.1 se muestra la proporción típica de un concreto convencional.

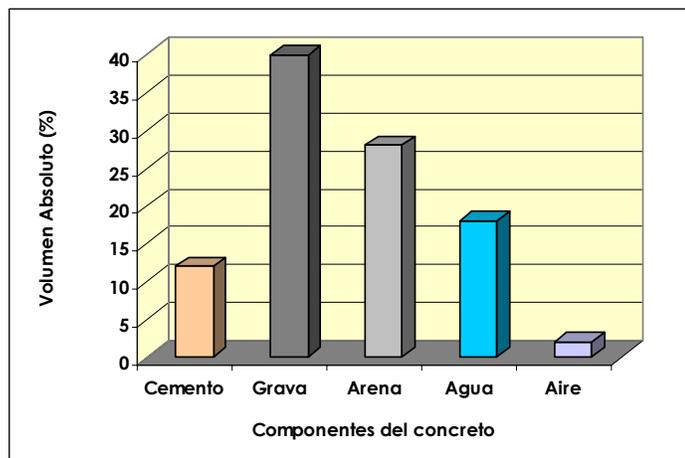


Fig. 1.1 Composición típica de una mezcla de concreto, expresado como % del volumen absoluto por metro cúbico.

El concreto hidráulico es un material que se presenta en dos estados fundamentales: durante la primera fase es un material plástico que puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado con relativa facilidad y, en una segunda fase, se transforma en un material sólido que toma la forma del molde en que se coloca y, posteriormente, continúa desarrollando resistencia hasta alcanzar, con el tiempo, su condición de material mecánicamente resistente.

Una vez que el concreto es puesto en servicio, su comportamiento mecánico y la durabilidad dependen de tres factores muy importantes:

- 
- De las características, composición y propiedades de la pasta o matriz cementante, en estado endurecido.
  - De la calidad de los agregados.
  - De la compatibilidad de la pasta o matriz cementante con los agregados y su capacidad de interactuar en conjunto.

Con relación al primer aspecto, es fundamental realizar una selección apropiada del tipo de cemento, una relación agua-cemento y el uso eventual de un aditivo, para asegurar la calidad de la pasta o matriz cementante.

La calidad de los agregados debe estar de acuerdo a las funciones que desempeñará la estructura y al tipo de servicio a que estará sometida. Los agregados deben componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición y no deben contener materiales que puedan causar deterioro al concreto.

La afinidad entre la pasta o matriz cementante y los agregados para interactuar en conjunto, dependen de las características físicas y químicas del cementante, de la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, así como de su forma, tamaño máximo y textura superficial.

## **1.2 El agrietamiento del concreto**

Podemos definir al agrietamiento como la separación parcial o completa del concreto en dos o más partes debido a la rotura o fractura.

El concreto, como otros materiales empleados en la construcción, está sujeto a cambios de volumen, manifestados como contracciones ó expansiones, que son fuertemente influenciados por las condiciones ambientales, las características de los agregados, propiedades de la mezcla y de las prácticas constructivas.

Aunado a lo anterior y, dependiendo de las condiciones de carga y de apoyo de los elementos, particularmente durante las primeras horas posteriores al colado, determinan el potencial de agrietamiento del concreto.

De acuerdo a procedimientos actuales, el agrietamiento puede evitarse o al menos disminuirse si se toman en consideración las medidas necesarias en las etapas de diseño, producción de concreto y prácticas constructivas.

El agrietamiento del concreto es un tema muy amplio y en cierta forma complejo, por lo que en este capítulo, solamente mencionaremos los tipos de agrietamientos, no estructurales, que se manifiestan con más frecuencia en el concreto.

### 1.2.1 Mecanismo de formación de grietas

De acuerdo con el inciso anterior, es posible deducir con toda seguridad que, el problema del agrietamiento del concreto se debe fundamentalmente a la presencia de esfuerzos de tensión superiores a la resistencia a la tensión del concreto en el momento en que se produce.

Estos esfuerzos de tensión se atribuyen a dos causas fundamentales: Por un lado debido a los cambios volumétricos del concreto, causados por fuentes internas o externas que inducen a deformaciones; y por otro lado, a las condiciones de restricción del concreto que permitan o no su movimiento.

En la fig. 1.2a se representa una barra de concreto de una longitud  $L$ ; si esta barra tiene plena libertad para cambiar de volumen, el cambio se produce sin generar esfuerzos, entonces simplemente sufrirá una contracción disminuyendo su longitud ( $L - \Delta L$ ) de acuerdo con la figura fig. 1.2b, por lo tanto sin agrietamiento. Si la misma barra de la fig. 1.2a, se le restringe en los extremos antes de producirse el cambio volumétrico, al ocurrir la contracción se produce un esfuerzo de tensión, tal como se muestra en la fig. 1.2c; si este esfuerzo es mayor que la resistencia a la tensión del concreto, entonces se produce el agrietamiento, de acuerdo a la fig. 1.2d.

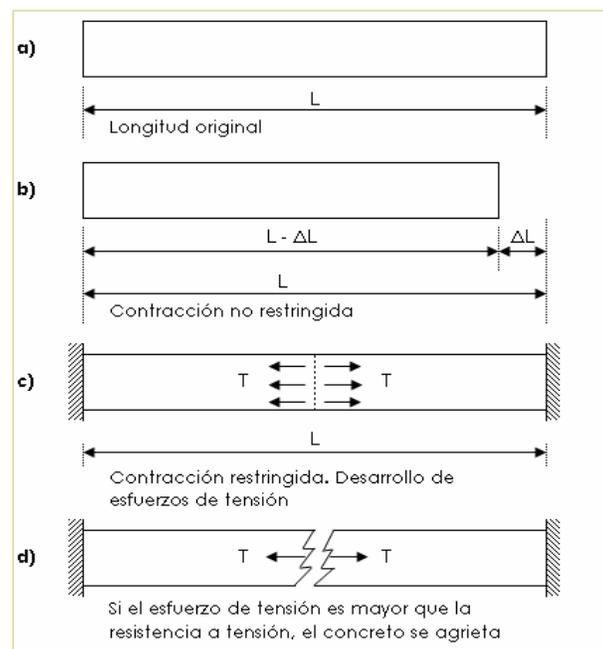


Fig. 1.2 Modelo que describe el proceso del agrietamiento

Durante el secado del concreto, además de producirse los cambios volumétricos, se desarrolla la resistencia mecánica y al mismo tiempo el flujo plástico, el cual tiende a disminuir el esfuerzo de tensión inducido por restringir la contracción por secado y cuando el esfuerzo neto de tensión, a cualquier edad, iguala a la resistencia a la tensión del concreto, se produce el agrietamiento. En la fig. 1.3 se puede observar gráficamente esta descripción.

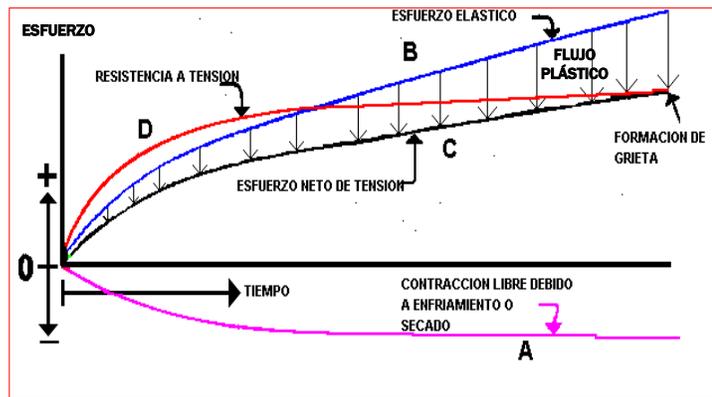


Fig. 1.3 Efecto del flujo plástico sobre el esfuerzo de tensión.

En la práctica, las estructuras de concreto casi siempre están sujetas a algún grado de restricción para expandirse o contraerse libremente, de manera que al combinarse la contracción con la restricción, el concreto desarrolla esfuerzos de tensión y, cuando el esfuerzo de tensión excede la resistencia a la tensión del concreto, inevitablemente ocurre el agrietamiento.

Los cambios volumétricos del concreto se manifiestan en tres dimensiones, no obstante, por conveniencia, la magnitud de dichos cambios generalmente se expresa en unidades lineales. Los cambios de longitud normalmente se expresan como un coeficiente de la longitud en partes por millón, o sencillamente como millonésimas y se aplica a cualquier unidad de longitud (por ejemplo, m/m, pie/pie.). Entonces, una millonésima equivale a 0.000001 m/m y 500 millonésimas son 0.000500 m/m; o también puede expresarse como un porcentaje, por ejemplo, 0.05% es lo mismo que 0.000500 m/m, y esto equivale a una variación de la longitud de 5 mm por cada 10 m.

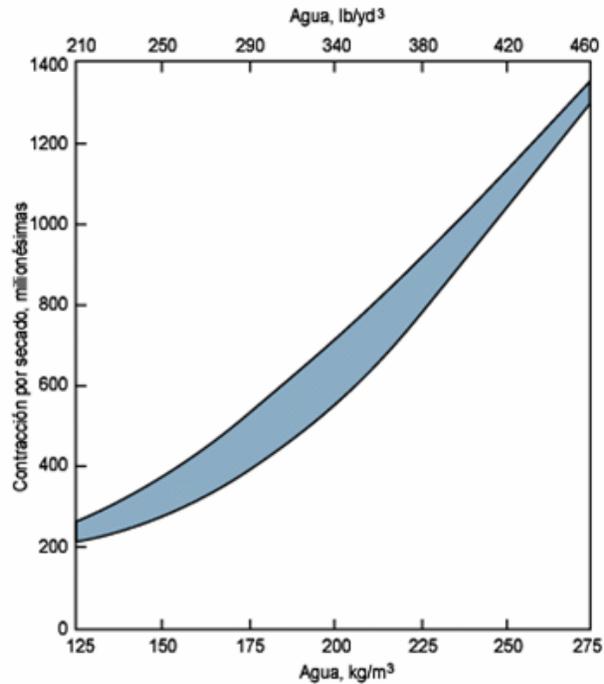
## 1.2.2 Factores que influyen en el agrietamiento

El agrietamiento del concreto está influenciado por dos variables fundamentales: La que corresponde a la composición del concreto y, a las condiciones externas.

### 1.2.2.1 Variables atribuibles al concreto

#### a) Agua

Es un hecho que a medida que se incrementa el contenido de agua en la mezcla, se reduce la resistencia y la contracción se incrementa proporcionalmente, tal como se muestra en la fig. 1.4, dando como resultado una elevada tendencia al agrietamiento. El agua es el elemento más inestable de los componentes de la mezcla, por lo cual resulta evidente la importancia de ejercer un estricto control de este ingrediente durante el proceso de diseño y elaboración de la mezcla.



**Fig. 1.4** Relación entre el contenido total de agua y la contracción por secado. La contracción por secado aumenta con el incremento del contenido de agua <sup>(3)</sup>.

#### b) Cemento

En términos generales, mientras mayor es el contenido de cemento en la mezcla, la posibilidad de agrietamiento también se incrementa.

El uso de cementos finamente molidos o de alta resistencia inicial, por lo general presentan contracciones altas y tiene un efecto importante en la contracción por secado del concreto; sin embargo, existe baja posibilidad de que el concreto en estado plástico se agriete, debido al rápido desarrollo de resistencia.

Una alta temperatura del concreto aumenta la rapidez de hidratación del cemento. Como consecuencia, el concreto se endurece más rápidamente y requiere de más agua para alcanzar o mantener el revenimiento deseado.

La selección de un tipo particular de cemento puede tener un efecto decisivo en el comportamiento del concreto en un tipo de clima particular.

De acuerdo con estudios realizados sobre un gran número de cementos Pórtland, una contracción menor de las pastas de cemento está ligada a:

- 1) Relaciones bajas de aluminato tricálcico/trióxido de azufre ( $C_3A/SO_3$ ).
- 2) Menor contenido de óxido de sodio ( $Na_2O$ ) y óxido de potasio ( $K_2O$ ).
- 3) Alto contenido de aluminoferrito tetracálcico ( $C_4AF$ )

El uso de cementos compuestos, es decir, aquellos que se producen por la molienda del clínker en conjunto con dos o más tipos de materiales finos, tales

---

como: la ceniza volante, la escoria de alto horno, puzolanas, etc., tienen la tendencia a demandar mayor cantidad de agua y como consecuencia, los concretos son más propicios al agrietamiento.

### c) Agregados

Ya hemos mencionado que los agregados constituyen alrededor del 60 al 75% del volumen del concreto de peso normal que se utiliza en la mayoría de las estructuras, por lo tanto, las propiedades de los agregados influyen de manera importante sobre la calidad del concreto.

El tamaño, la forma, la granulometría, la limpieza y la textura del agregado, son las principales características que afectan a la cantidad de agua que se requiere para producir mezclas de concreto para un determinado revenimiento.

Mientras más pequeño sea el tamaño máximo del agregado, mayor será la contracción del concreto para una misma resistencia, debido a que demanda mayor cantidad de pasta (agua+cemento) para cubrirlos. Las partículas grandes de agregados, además de que demandan menor cantidad de pasta, restringen localmente la contracción en mayor grado que las partículas pequeñas. En algunos estudios realizados podemos encontrar que al disminuir el tamaño del agregado grueso de 38 mm (1 1/2") a 19 mm (3/4"), el incremento relativo de la contracción por secado del concreto puede ser de hasta 1.23 veces.

Los agregados marginales muy deformables y alta capacidad de absorción, también influyen significativamente en la deformabilidad del concreto y puede ocasionar agrietamiento.

De acuerdo con el comité *ACI-224R-01-Control of Cracking in Concrete Structures*, el cuarzo, la piedra caliza, la dolomita, el granito, el feldespato y algunos basaltos pueden clasificarse como tipos de agregados que producen bajos niveles de contracción, debido a que tienen un bajo índice de absorción.

### d) Aditivos

En la actualidad, es práctica común utilizar uno ó más aditivos durante la elaboración de las mezclas y normalmente forma parte del diseño de la mezcla. Entre las ventajas está en la reducción del contenido de agua para reducir la contracción; incrementar la trabajabilidad sin utilizar agua adicional; disponer de periodos más prolongados para el transporte, colocación, compactación y acabado de los elementos; incluir aire de manera intencional; y, obtener resistencias comparables o mayores que las del concreto sin aditivos. Su eficiencia depende en que sea químicamente compatible con el tipo de cemento que se desee utilizar.

Los aditivos reductores de contracción es una opción para reducir la contracción del concreto y con ello reducir el potencial de agrietamiento, sobre todo en

---

zonas donde es difícil encontrar agregados de buena calidad para la elaboración del concreto.

No obstante, existen aditivos que deben evitarse, por ejemplo el uso de acelerantes no se recomiendan debido a que, en general, contribuyen a incrementar la contracción.

El uso de fibras sintéticas ayuda al control de los problemas de agrietamiento plástico que se generan antes del endurecimiento del concreto.

#### *e) sangrado*

El flujo del agua hacia la superficie del concreto fresco, forma zonas de pasta muy fluida debajo de las partículas de grava grandes y del acero de refuerzo, principalmente en losas de mucho peralte, ocasionando zonas débiles, lo cual es causa de grietas internas. El uso de adiciones como ceniza volante, humo de sílice, caliza molida, aire incluido, etc., ayudan a reducir el sangrado en la mezclas, sobretodo cuando se utilizan agregados con deficiencias granulométricas.

#### *f) Curado*

Sin duda, otra faceta importante dentro del proceso constructivo, es el curado del concreto. El secado rápido del concreto fresco en las superficies de las losas, puede causar que la velocidad de evaporación exceda a la del sangrado, con lo cual la superficie del concreto sufre una contracción por secado que se ve restringida por la capa inferior, ocasionando grietas por contracción plástica.

#### *g) Temperatura de la mezcla*

Una mayor temperatura del concreto en estado fresco aumentará la tasa de evaporación y contribuye a agravar el problema del agrietamiento.

### **1.2.2.2 Variables externas**

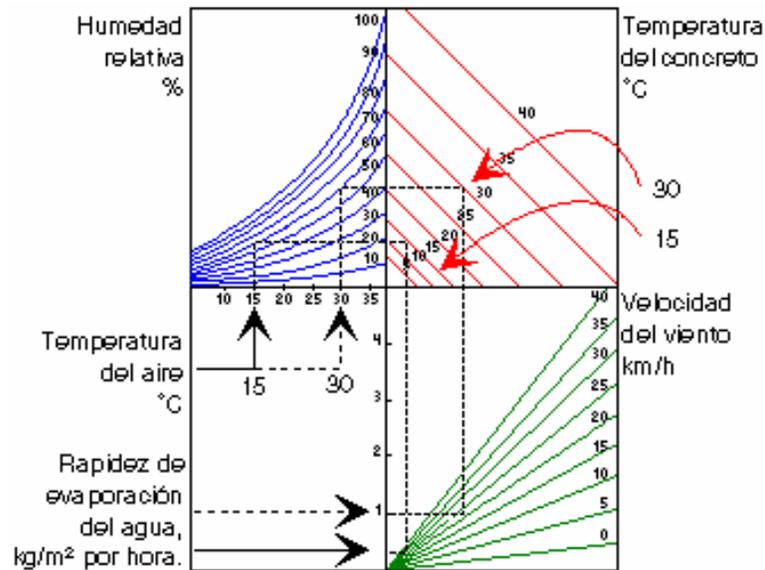
#### *1.2.2.2.1 Condiciones ambientales*

La tendencia al agrietamiento del concreto se vuelve más crítica si el concreto está sujeto a las siguientes condiciones ambientales:

- a) Disminución de la humedad relativa
- b) Incremento de la velocidad del viento
- c) Aumento de la temperatura ambiente
- d) Bajas temperaturas del aire

El secado de la superficie se inicia siempre que la rapidez de evaporación es mayor que la rapidez a la cual el agua se eleva a la superficie del concreto recién colocado por medio del sangrado. Las altas temperaturas del concreto, la alta velocidad del viento y la baja humedad relativa ya sea en forma independiente o en combinación, inducen una evaporación rápida del agua superficial, dando como resultado un alto potencial de agrietamiento.

El uso de la fig. 1.5 es útil para estimar la rapidez de evaporación del agua basadas en factores ambientales de temperatura, humedad y velocidad del viento que contribuyen al agrietamiento por contracción plástica. Se considera que la velocidad de evaporación crítica del agua ocurre sobre la superficie del concreto cuando se alcanza una tasa de  $1.0 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ .



**Fig. 1.5 Efecto de la temperatura del concreto, la humedad relativa y la velocidad del viento sobre la rapidez de evaporación de la humedad superficial del concreto <sup>(5)</sup>.**

#### 1.2.2.2.2 Prácticas constructivas

Durante el proceso de colocación del concreto se pueden y deben adoptarse prácticas adecuadas para evitar o al menos reducir el agrietamiento, sobre todo las que pueden generarse antes de que el concreto alcance un grado de resistencia para resistir las contracciones debidas a los cambios volumétricos a que nos hemos referido.

Entre las prácticas comúnmente aceptadas, se encuentran las siguientes:

- a) Efectuar un curado oportuno y adecuado durante los primeros 7 días.
- b) Proteger la superficie con membranas impermeables para evitar pérdida de humedad.

- c) Usar un rociador nebulizador para establecer un microclima favorable.
- d) Utilizar compuestos de curado.
- e) Implementar barreras contra viento y protección de los rayos solares.
- f) Humedecer las sub-bases o moldajes absorbentes antes de la colocación del concreto.

### 1.3 Causas más comunes del agrietamiento en el concreto

El agrietamiento del concreto puede presentarse de diferentes maneras en dos etapas diferentes del colado del concreto: las que se producen en estado plástico o antes del endurecimiento y las que se generan en el concreto endurecido.

En la fig. 1.6 se presenta de manera esquemática los diferentes tipos de grietas que se pueden encontrar en las estructuras construidas con concreto, el cual vamos a utilizar como guía para analizar algunos tipos de agrietamientos y sus causas, que se pueden presentar con más frecuencia.

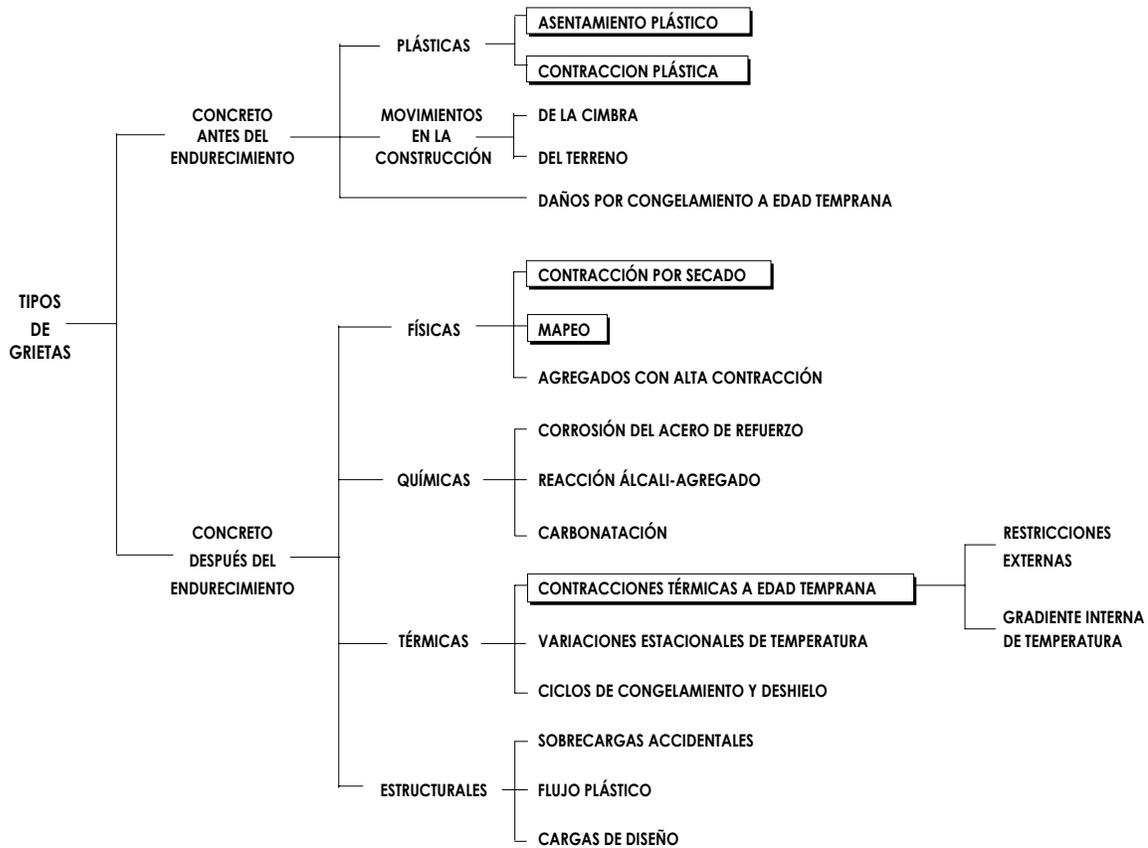


Fig. 1.6 Tipos de grietas (2)

### 1.3.1 Agrietamiento del concreto antes del endurecimiento

Este tipo de grietas se forman durante el colado, la compactación y el terminado del elemento y generalmente se manifiestan antes de las 8 horas posteriores a la colocación del concreto o antes de que alcance un cierto grado de resistencia. De esta manera podemos identificar tres tipos de grietas en el concreto antes del endurecimiento:

#### 1.3.1.1 Agrietamiento debido al movimiento de la cimbra durante la etapa de endurecimiento del concreto

Las causas de mayores tensiones en el concreto se deben a situaciones o accidentes que ocurren durante la colocación del concreto. Si la cimbra o la base no tienen la suficiente resistencia para soportar las deformaciones producidas por las presiones del concreto, puede deformarse (doblarse o abultarse) en cualquier momento durante el colado y la compactación. La fig. 1.7 describe el efecto de estos movimientos.

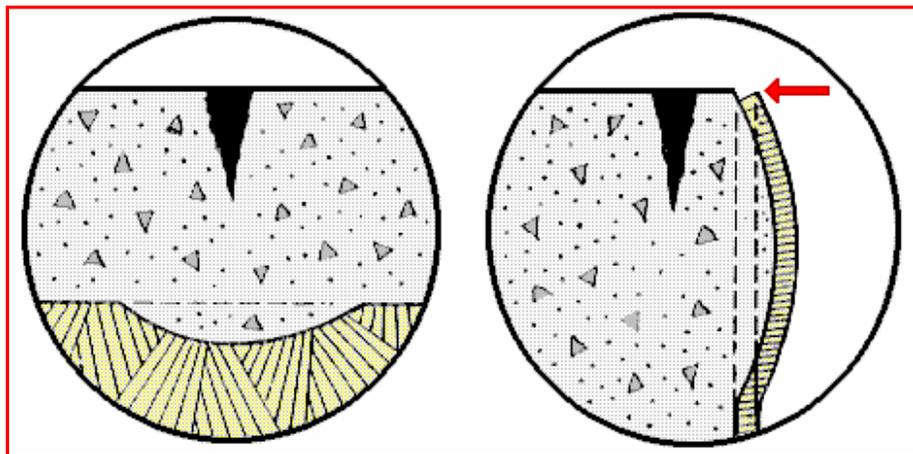


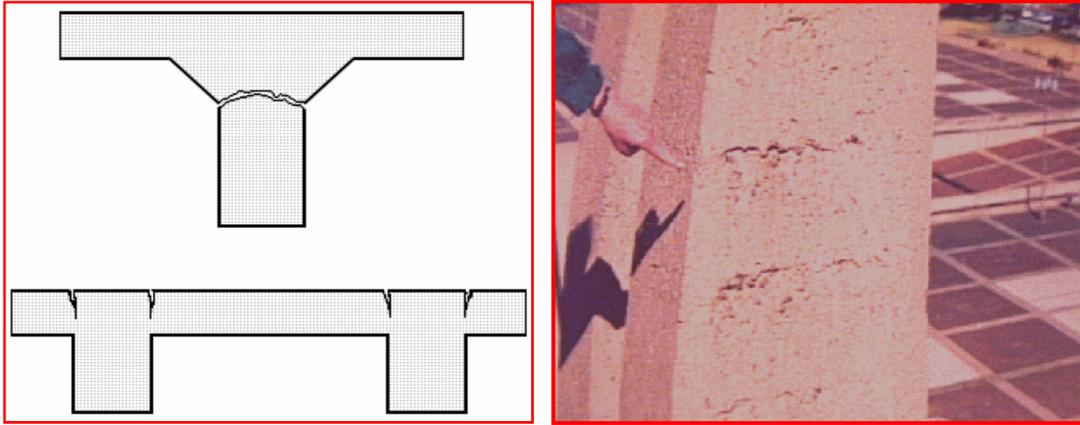
Fig. 1.7 Representación esquemática del agrietamiento debido a la deformación de la base y/o movimiento de la cimbra.

#### 1.3.1.2 Agrietamiento por asentamiento plástico

Este tipo de agrietamiento ocurre debido a la sedimentación de las partículas sólidas causado por un exceso de sangrado del concreto fresco, aunado a la existencia de algún tipo de obstrucción o restricción al movimiento.

En algunos casos, el agrietamiento puede manifestarse después de los 10 minutos de haberse colocado el concreto y puede continuar durante todo el tiempo en que el concreto se encuentre en estado plástico con capacidad de sedimentarse.

El agrietamiento por asentamiento plástico es más común en secciones profundas debajo de la armadura, especialmente en vigas de gran peralte y losas de espesor considerable, tal como se muestra en la fig. 1.8.



**Fig. 1.8 Representación esquemática y fotográfica del agrietamiento por asentamiento plástico del concreto.**

Las grietas debidas por el asentamiento plástico, usualmente son muy finas, por lo que no tienen impacto negativo sobre el elemento estructural.

### *1.3.1.3 Agrietamiento por contracción plástica*

El agrietamiento por contracción plástica ocurre debido a una prolongación de la evaporación del agua, que seca la superficie causando contracción, mientras el concreto aún se encuentra en estado semi-plástico. Si la contracción generada, excede la capacidad de deformación de la superficie del concreto, entonces ocurre el agrietamiento.

Este tipo de agrietamiento ocurre a muy temprana edad, generalmente entre los 30 minutos y las 6 horas después de haber colocado el concreto y el periodo más crítico se ubica entre las 2 y 4 horas. El ancho de este tipo de grietas, generalmente son de 1 a 2 mm y alcanza una profundidad de 12 hasta 25 mm a medida que el concreto va endureciendo.

El agrietamiento por contracción plástica se presenta con más frecuencia en grandes superficies horizontales, como losas y pavimentos, con un patrón aleatorio y también pueden presentarse en forma paralelas entre sí, separadas a una distancia entre 0.3 a 1.0 m. En algunos casos se pueden encontrar formando un patrón diagonal y en algunas ocasiones su tendencia es seguir la dirección del acero de refuerzo.

Las grietas por contracción plástica se vuelven más críticas cuando los colados se llevan a cabo en condiciones de altas temperaturas, baja humedad relativa y vientos rasantes de moderados a fuertes. Una prolongación del tiempo de fraguado del concreto debido al uso de cementos de fraguado lento, sobre-dosificación de aditivos con efectos retardantes, el uso de ceniza volante, etc., pueden contribuir a agravar el problema.

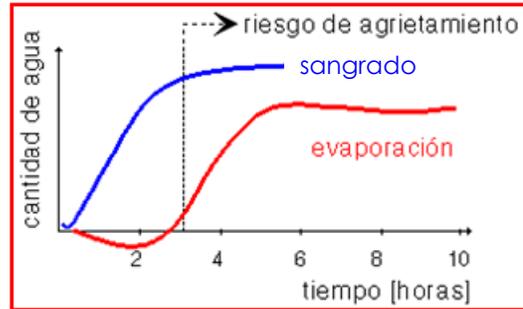
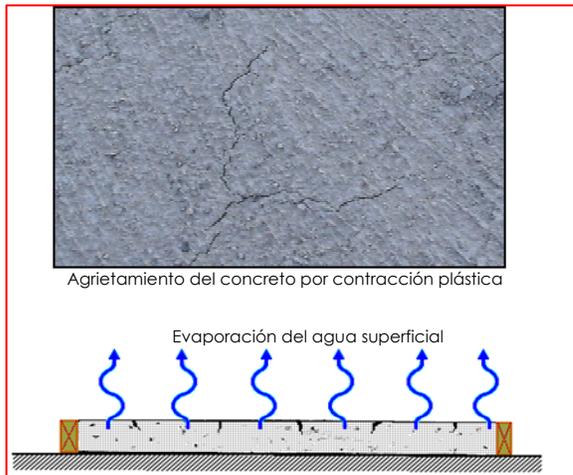


Fig.1.9 Agrietamiento del concreto por contracción plástica y gráfica que muestra el período latente de agrietamiento.

### 1.3.2 Agrietamiento del concreto en estado endurecido

Una vez que el concreto haya endurecido, durante su vida útil se pueden presentar diferentes formas de agrietamiento y por diversas causas, y para un mejor entendimiento, es necesario realizar el análisis en dos condiciones:

#### 1. Agrietamiento en ausencia de cargas

Las grietas que se producen en el concreto en ausencia de cargas son debidas principalmente a cambios volumétricos y se origina por fuentes internas o externas, en ambos casos se deben a efectos:

- **Físicos**

- Contracción por secado
- Concentraciones de esfuerzos
- Cambios diarios o estacionales de temperatura
- Refuerzo
- Forma estructural
- Flujo plástico
- Ciclos de congelamiento y deshielo

- **Químicos**

- Composición química del cemento
- Carbonatación del cemento
- Corrosión del acero de refuerzo
- Reactividad álcali-agregado
- Contracción química o autógena debido a la hidratación del cemento.
- Ataque de los sulfatos

---

- **Térmicos**

- Calor de hidratación
- Contracción térmica

## **2. Agrietamiento bajo la acción de cargas**

El agrietamiento del concreto bajo la acción de cargas puede ocurrir en cualquier momento durante la vida útil de la estructura y son debidas a:

- **Diseño estructural**

- Cargas de diseño mal consideradas
- Movimientos diferenciales de la construcción
- Mala disposición de las juntas

- **Accidentales**

- Sobrecargas
- Vibraciones
- Sismos
- Incendios

A continuación se describen las causas más comunes de agrietamiento del concreto endurecido, en ausencia de cargas:

### *1.3.2.1 Agrietamiento por contracción por secado*

El agrietamiento por contracción de secado se origina por una reducción volumétrica prolongada en el tiempo y es resultado de la pérdida lenta de agua libre desde el interior del concreto. El agua que se encuentra dentro del concreto en un estado libre (no unida química ni físicamente), se evapora y se consume debido a la hidratación del cemento. Esta reducción de agua que progresa paulatinamente con la edad del concreto, induce a una contracción gradual a medida que desarrolla resistencia y, si el elemento está restringido, puede conducir al agrietamiento debido al desarrollo de esfuerzos de tensión.

El agrietamiento por contracción de secado ocurre principalmente en grandes superficies expuestas a la intemperie, como pavimentos y losas, y normalmente se presenta después de 2 semanas hasta 3 meses o más, después de la colocación del concreto. En la fig. 1.10 se puede observar de manera esquemática y gráfica la formación típica del agrietamiento por contracción por secado.

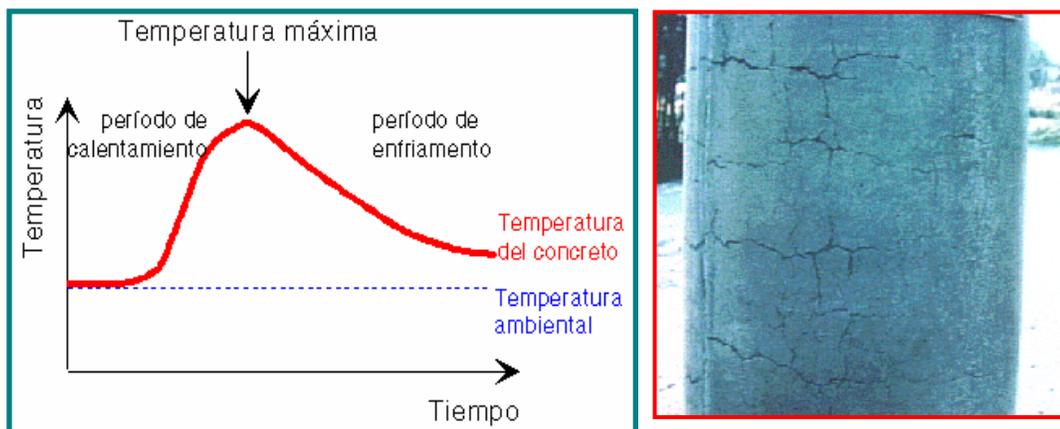


**Fig. 1.10 Representación esquemática y fotográfica del agrietamiento debido a la contracción por secado del concreto**

Dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura ambiente, el agrietamiento por contracción de secado puede ser afectado por las estaciones el año. Por ejemplo, las grietas pueden ser más anchas a finales de invierno después de un largo período de humedades bajas y disminuyen de tamaño en las épocas de verano cuando la humedad del medio ambiente se incrementa.

### 1.3.2.2 Agrietamiento térmico a temprana edad

El agrietamiento térmico a temprana edad ocurre en secciones de concreto suficientemente grandes, donde el desarrollo de calor, debido a la hidratación del cemento, excede a la capacidad de disipación del mismo, incrementando la temperatura dentro de la masa del concreto. Durante el proceso de enfriamiento natural del concreto para alcanzar la temperatura del medio ambiente, se producen cambios volumétricos. Si estos cambios volumétricos son restringidos interna o externamente, se desarrollarán esfuerzos de tensión que pueden conducir al agrietamiento del concreto. En la fig. 1.11 se puede observar este tipo de agrietamiento.



**Fig. 1.11 Gráfica representativa del incremento de la temperatura del concreto debido al calor de hidratación del cemento y fotografía que muestra el agrietamiento térmico a temprana edad.**

---

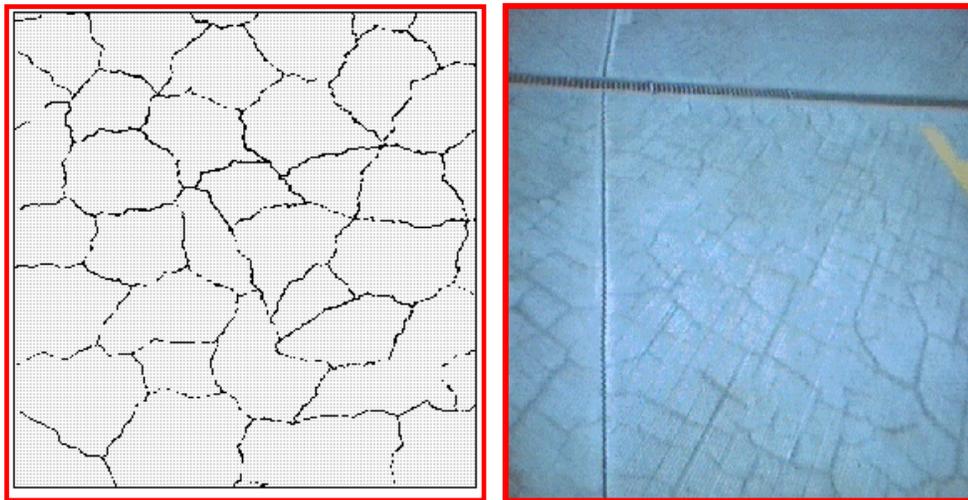
El agrietamiento térmico a edad temprana ocurre normalmente de 1 a 2 días y en ocasiones hasta 3 semanas después de la colocación del concreto y, tal como ya se indicó, se manifiesta en secciones grandes de concreto, tales como: muros de retención restringidos, estribos de puentes, elemento masivos, muros en voladizo, recubrimientos de túneles, estanques de agua y también puede ocurrir en secciones de pavimentos.

### 1.3.2.3 Agrietamiento superficial irregular o mapeo

El agrietamiento superficial irregular es debido a cambios térmicos o por una debilidad en las capas superficiales del concreto. La forma típica de las fisuras muy finas y hexagonales pueden ser causadas por una combinación de tensiones en las capas superficiales del concreto, que contienen un exceso de finos y de agua en el momento de la colocación y del acabado.

Este tipo de agrietamiento ocurre en su mayoría en superficies de losas aplanadas y en menor medida en superficies verticales coladas con cimbras impermeables y de textura lisa como las cimbras de acero, tal como se observa en la fig. 1.12. Generalmente aparecen entre 1 a 7 días después de la colocación del concreto. Estas grietas aparecen antes que las de por contracción por secado.

El agrietamiento superficial irregular es usualmente muy pequeña y raramente alcanzan una profundidad de más de 3 mm, por lo que no tiene efectos perjudiciales en el concreto.



**Fig. 1.12 Representación esquemática y fotográfica del agrietamiento superficial irregular o mapeo. La fisuración irregular es usualmente pequeña y no tiene efectos perjudiciales en el concreto.**

### 1.3.2.4 Agrietamiento debido a la reacción álcali-agregado

Quizás este tipo de agrietamiento no es muy común; no obstante, es conveniente mencionarlo por la importancia de sus manifestaciones, cuando ocurre, en las construcciones actuales.

---

Antiguamente se consideraban a los agregados como materiales inertes dentro de la masa de concreto, pero hoy en día, se reconoce que un determinado tipo de agregado puede ser reactivo dentro de una matriz cementante, debido a reacciones químicas y que afectan al comportamiento del concreto.

El agrietamiento debido a la reacción álcali-agregado es una reacción química entre el hidróxido alcalino de la solución de poros del concreto endurecido y ciertos minerales y rocas reactivas que causan expansión anormal y con ello el agrietamiento y la destrucción del concreto. El potencial de riesgo es más susceptible en aquellas partes de la estructura expuestas en ambientes húmedos.

El típico fenómeno de la reacción álcali-agregado se manifiesta a largo plazo y puede ser observado en estructuras con vida útil después de 3 años o más de haberse colocado el concreto. En las fotografías 1.1 se pueden observar el grado de deterioro que, este fenómeno, puede causar en algunas estructuras de concreto.



**Fotos 1.1 Agrietamiento del concreto debido a la reacción álcali-agregado.**

Es importante mencionar que la reacción álcali-agregado ocurre sólo si se presentan las siguientes tres condiciones:

1. Que los agregados utilizados sean reactivos.
2. Que el concreto tenga suficiente cantidad de álcalis (usualmente  $> 3 \text{ kg/m}^3$ ).
3. Que el concreto se encuentre permanentemente en ambiente húmedo.

Si una de estas condiciones está ausente, la reacción álcali-agregado no puede ocurrir.

En la tabla 1.1 se presenta una clasificación de las grietas en el concreto y que puede emplearse como una guía para realizar un diagnóstico inicial sobre un problema de agrietamiento.

**Tabla 1.1 Clasificación de grietas en el concreto (2)**

TIPO DE AGRIETAMIENTO	SUBDIVISIÓN	LOCALIZACIÓN MÁS COMÚN	CAUSAS PRINCIPALES	CAUSAS SECUNDARIAS /FACTORES	SOLUCIONES	TIEMPOS DE APARICIÓN
ASENTAMIENTO PLÁSTICO	SOBRE EL ACERO DE REFUERZO	SECCIONES DE GRAN PERALTE	EXCESO DE SANGRADO	CONDICIONES DE SECADO A EDADES TEMPRANAS	REDUCIR EL SANGRADO (INCLUIR AIRE O REVIBRADO)	DE 10 MINUTOS A 3 HORAS
	EFFECTO DE ARCO	PARTE ALTA DE LAS COLUMNAS				
	CAMBIO DE PROFUNDIDAD	LOSA NERVADA CON CASETONES				
CONTRACCIÓN PLÁSTICA	DIAGONALES	LOSAS Y PAVIMENTOS	SECADO PREMATURO	VELOCIDAD DE SANGRADO LENTO	MEJORAR EL CURADO OPORTUNAMENTE	DE 30 MINUTOS A 6 HORAS
	ALEATORIO	LOSAS DE CONCRETO REFORZADAS	SECADO PREMATURO Y POCO RECUBRIMIENTO			
	SOBRE EL ACERO DE REFUERZO	LOSAS DE CONCRETO REFORZADAS				
CONTRACCIÓN TÉRMICA A EDAD TEMPRANA	RESTRICCIONES EXTERNAS	MUROS GRUESOS	EXCESIVA GENERACIÓN DE CALOR	ENFRIAMIENTO RÁPIDO	DISMINUIR LA GENERACIÓN DE CALOR Y/O AISLAR	DE 1 A 2 DÍAS O 3 SEMANAS
	RESTRICCIONES INTERNAS	LOSAS Y PAVIMENTOS GRUESOS	EXCESIVOS CAMBIOS DE TEMPERATURA			
CONTRACCIÓN POR SECADO A LARGO PLAZO		LOSAS Y MUROS DELGADOS	DISEÑO INEFICIENTE DE JUNTAS	CURADO INEFICIENTE	REDUCIR EL CONTENIDO DE AGUA Y MEJORAR EL CURADO	VARIAS SEMANAS O MESES
MAPEO	CONTRA LA CIMBRA	SUPERFICIES MUY LISAS	CIMBRAS IMPERMEABLES	MEZCLAS RICAS	MEJORAR LOS PROCEDIMIENTOS DE CURADO Y ACABADO	DE 1 A 7 DÍAS O MUCHO MÁS TIEMPO
	CONCRETO FLOTEADO	LOSAS	ACABADO EXCESIVO	CURADO POBRE		
CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO	NATURAL	COLUMNAS Y VIGAS	FALTA DE RECUBRIMIENTO	DEFICIENTE CALIDAD DEL CONCRETO	ELIMINAR LAS CAUSAS MENCIONADAS	MÁS DE 2 AÑOS
	CLORURO DE CALCIO	ELEMENTOS PREFABRICADOS	CLORURO DE CALCIO EN EXCESO			
REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO		LUGARES HÚMEDOS	AGREGADOS REACTIVOS: CEMENTO CON ALTO CONTENIDO DE ÁLCALIS		ELIMINAR LAS CAUSAS MENCIONADAS	MÁS DE 5 AÑOS

## 1.4 Evaluación y clasificación de las grietas

### 1.4.1 Evaluación de las grietas

Es aceptable pensar que todo concreto tiene tendencia a agrietarse y en teoría no es posible producir un concreto completamente libre de grietas. Por consiguiente, las grietas pueden considerarse como fallas en el concreto, si:

- a) Son estéticamente inaceptables
- b) Generan una estructura no hermética
- c) Afectan la durabilidad de la estructura
- d) Son estructuralmente significativas o críticas

Hay que tener en cuenta que al realizar una evaluación de las grietas en determinada estructura, puede resultar un tanto subjetiva y difícil de cuantificar el número o tamaño de las mismas o las consecuencias que pudiera tener. Lo importante es el tipo de estructura y la naturaleza del agrietamiento. Por ejemplo, grietas menores a 0.3 mm de ancho pueden ser aceptables para un gran número de elementos estructurales, mientras que esas mismas grietas pueden no ser aceptables para estructuras de contención o almacenamiento de agua.

## 1.4.2 Clasificación de las grietas

De manera sencilla, las grietas pueden clasificarse en dos grupos: por su profundidad y por su dirección.

### 1.4.2.1 Clasificación de las grietas de acuerdo a su profundidad:

- Superficiales
- Poco profundas
- Profundas
- En todo el peralte



(a)



(b)

Fotos 1.2 La foto (a) muestra grietas superficiales y la (b) representa una grieta en todo el peralte del elemento.

### 1.4.2.2 Clasificación de las grietas de acuerdo con su dirección:

#### a) Grietas continuas o individuales en una dirección

Este tipo de grietas a menudo son profundas y abarca todo el peralte, se presentan a lo ancho de la losa y son perpendiculares al eje longitudinal.

#### b) Grietas en forma de mapa

En general este tipo de grietas son superficiales y de poca profundidad.

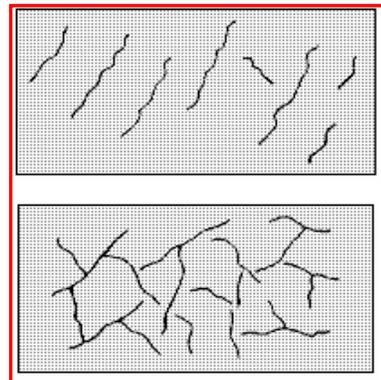
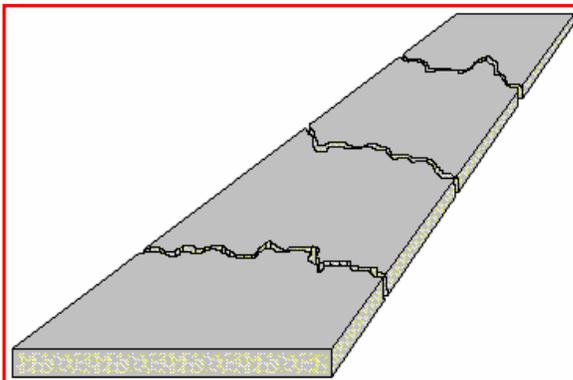


Fig. 1.13 El esquema de la figura (a) representa grietas individuales y continuas y la figura (b) representan el tipo de grieta en forma de mapa.

---

## Capítulo II. Características de los materiales empleados

En este capítulo se describen las características principales de los materiales empleados en el presente estudio para la investigación del problema del agrietamiento del concreto en la zona de Guadalajara.

### 2.1 Cemento

De manera general, el cemento hidráulico es un material finamente molido, compuesto principalmente de silicatos hidráulicos de calcio. Cuando se mezcla con el agua reacciona químicamente, a esta reacción se le conoce como hidratación, y tiene la propiedad de fraguar y endurecer, aún bajo el agua.

Las reacciones generan diversos productos de hidratación con el tiempo, que van desarrollando una estructura densa, resistente e impermeable.

Intrínsecamente, la estabilidad volumétrica de la pasta depende del tipo y cantidad de cemento y adiciones utilizadas, así como del contenido de agua.

De acuerdo a la norma mexicana *NMX-C-414 Cementos Hidráulicos-Especificaciones y Métodos de Prueba*, clasifica los cementos de acuerdo a la tabla 2.1.

**Tabla 2.1- Clasificación de los cementos, según norma NMX-C-414-ONNCCE-2004**

Tipo	Denominación
CPO	Cemento Pórtland Ordinario
CPP	Cemento Pórtland Puzolánico
CPEG	Cemento Pórtland con Escoria Granulada de Alto Horno
CPC	Cemento Pórtland Compuesto
CPS	Cemento Pórtland con Humo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno

Los tipos de cementos definidos en la tabla 2.1 pueden presentar adicionalmente una o más características especiales, de acuerdo a la tabla 2.2.

**Tabla 2.2- Cementos con características especiales**

Nomenclatura	Características especiales de los cementos
RS	Resistente a los Sulfatos
BRA	Baja Reatividad Alkali Agregado
BCH	Bajo Calor de Hidratación
B	Blanco

Los cementos también se clasifican de acuerdo a la resistencia que desarrollan, así, los cementos de resistencia normal es la resistencia mecánica a los 28 días y se indica por las clases resistentes 20, 30 ó 40.

Por otro lado, si el cemento se especifica que debe cumplir con una resistencia inicial a 3 días, se le agrega la letra R después de la clase.

**Tabla 2.3- Especificaciones mecánicas**

Clase resistente	Resistencia a compresión (N/mm <sup>2</sup> )		
	3 días	28 días	
	Mínimo	mínimo	Máximo
20	-	20	40
30	-	30	50
30 R	20	30	50
40	-	40	-
40 R	30	40	-

La norma también establece valores límites de la composición de los diferentes tipos de cementos de acuerdo a la tabla 2.4:

**Tabla 2.4 Componentes de lo cementos, según norma NMX-C-414-ONNCCE-2004.**

Tipo	Denominación	Componentes (% en masa)					
		principales					Minoritarios <sup>(1)</sup>
		Clínker Pórtland + yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos <sup>(2)</sup>	Humo de sílice	Caliza	
CPO	Cemento Pórtland Ordinario	95-100	---	---	---	---	0-5
CPP	Cemento Pórtland Puzolánico	50-94	---	6-50	---	---	0-5
CPEG	Cemento Pórtland con Escoria Granulada de Alto Horno	40-94	6-60	---	---	---	0-5
CPC	Cemento Pórtland Compuesto <sup>(3)</sup>	50-94	6-35	6-35	1-10	6-35	0-5
CPS	Cemento Pórtland con Humo de Sílice	90-99	---	---	1-10	---	0-5
CEG	Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno	20-39	61-80	---	---	---	0-5

(1) Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales representados en la tabla.

(2) Los materiales puzolánicos incluyen puzolanas naturales, artificiales y/o cenizas volantes.

(3) El Cemento Pórtland Compuesto debe llevar como mínimo dos componentes principales, excepto cuando se adiciona caliza, ya que ésta puede ser en forma individual o en conjunto con clínker + yeso.

---

Para la elaboración de las mezclas del presente estudio se utilizó el tipo de cemento CPC 40 (cemento pórtland compuesto, clase resistente 40) que se produce en la planta de Tecomán, Colima, de Holcim Apasco, debido a que es el cemento que está disponible en la zona de Guadalajara para la producción de todo el concreto premezclado que demanda el mercado.

## **2.2 Agregado Grueso**

La norma mexicana NMX-C-111-2004-ONNCCE-Agregados para Concreto Hidráulico-Especificaciones y Métodos de Prueba, clasifica al agregado grueso o grava, como: "Material obtenido de manera natural o de la trituración de rocas, escoria de alto horno, escoria volcánica, concreto reciclado o una combinación de estos u otros; que es retenido en la criba 4.75 mm (malla No. 4) y que pasa por la criba 90 mm (malla No. 3 ½").

Para la elaboración de las mezclas de concreto se utilizó agregado grueso del tipo basalto andesítico. Esta grava es triturada, con partículas de forma angulosa y superficies ásperas que dificultan la trabajabilidad, pero a cambio se obtiene una buena adherencia con la pasta de cemento y trabazón mecánica entre partículas, lo que contribuye a una mejoría en la resistencia a flexión y es la mejor opción cuando se diseñan mezclas de concreto destinados a la construcción de pavimentos. Tiene poca absorción, buena resistencia al desgaste por abrasión y la granulometría se encuentra dentro de límites granulométricos especificados en la norma NMX-C-111-ONNCCE-2004.

Es conveniente destacar en que los volúmenes relativos de agregados y pasta (cemento+agua), son los principales factores que afectan a la estabilidad dimensional del concreto. También es ampliamente conocido que el aumento del tamaño máximo de los agregados, produce dos efectos favorables, uno derivado de la reducción de la demanda de agua en el concreto y de una mayor restricción a las deformaciones. En el ACI 360 *Design of Slabs on Grade*, podemos encontrar que al disminuir el tamaño de la grava de 37 mm (1 ½") a 19 mm (¾"), la contracción por secado del concreto se incrementa 1.25 veces.

Con base en lo anterior, se decidió utilizar grava de 20 mm (¾") por las razones siguientes: es el más comercial en la zona, demanda una mayor cantidad de pasta respecto a una grava de mayor tamaño y por consiguiente se incrementa la demanda de agua. En la tecnología actual del concreto se sabe que la cantidad de pasta (cemento+agua) es lo que determina el nivel de contracción del concreto, por lo que al seleccionar este tamaño de grava, estamos presuponiendo que contribuye muy bien al objetivo que buscamos. También es lo más recomendable para elaborar concretos que deban ser colocados por el método de bombeo.

## **2.3 Agregado fino**

La misma norma mexicana referida en el inciso 2.2, clasifica al agregado fino o arena como: "Material obtenido de manera natural o de la trituración de rocas,

escoria volcánica, concreto reciclado o una combinación de estos u otros; que pasa por la criba 4.75 mm (malla No. 4) y se retiene en la criba 0.075 mm (malla No. 200).

De acuerdo con el objetivo fundamental de buscar proporcionamientos de mezclas tendientes a reducir o eliminar el problema del agrietamiento debidas por contracción plástica en el concreto, para lo cual, se seleccionaron tres diferentes tipos de arenas, de acuerdo a la siguiente relación:

- a) Arena triturada de origen basáltica andesita proveniente del banco de Cedros, Jalisco. Por las características del proceso de producción, el empleo de esta arena en el concreto produce mezclas muy ásperas, además de una alta demanda de agua de mezclado, por lo que para ser utilizada de manera aceptable, es necesario combinarla con otra de mejores características para elaborar mezclas con adecuado nivel de trabajabilidad y propiedades mecánicas aceptables, para la mayoría de las aplicaciones.
- b) Arena de tipo volcánica proveniente de la mina de San Simón, ubicada en los límites de Jalisco con Michoacán. Este material tiene como característica distintiva poseer una estructura vesicular que designa la existencia de pequeños huecos o vesículas repartidas en toda la partícula e influye notablemente en su capacidad de absorber agua, con tratamientos pocos sofisticados, antes de utilizarla en la elaboración del concreto. Esta es la arena que se ha propuesto utilizarla en combinación con la arena triturada de Cedros para reducir lo niveles de agrietamientos en los concreto.
- c) Arena de tipo volcánica de la mina Villa de Álvarez, Colima. Es una alternativa que se utiliza en combinación con la arena triturada descrita en el inciso anterior para mejorar la trabajabilidad de las mezclas, reducir el contenido de finos y reducir los niveles de agrietamiento.

En la tabla 2.1 se tiene un resumen de las características físicas fundamentales de los agregados empleados en la elaboración de las mezclas.

**Tabla 2.1 Propiedades físicas de los agregados utilizados en la elaboración del concreto.**

Característica	Agregado fino			Grava 20 mm (3/4")
	Cedros, Jal.	San Simón, Mich.	V. Álvarez, Col.	Cedros, Jal.
Densidad	2.54	2.16	2.57	2.54
Absorción	3.47	4.84	2.55	2.36
Peso Volumétrico Seco y Suelto	1302	1178	1581	1359
Peso Volumétrico Seco y Compactado	1551	1270	1684	1482
Módulo de Finura	2.91	2.56	3.15	---
Partículas < malla # 200 (vía húmeda)	12.76	6.98	3.72	0.00

---

## **2.4 Agua**

Toda el agua que se utilizó para la elaboración de las mezclas y para el curado de los especímenes elaborados, fue de la red municipal, la cual tiene apariencia limpia y no presentaba color u olor inusual.

## **2.5 Aditivos**

Básicamente se emplearon dos tipos de aditivos, de acuerdo a las descripciones siguientes:

- a) Reductor de agua y plastificante de medio rango, Eucon MR-370, tipo D de acuerdo con la norma ASTM-C-494. Este aditivo se utilizaba de línea para la elaboración de todo el concreto premezclado, en la zona de Guadalajara, durante el 2005 y parte del 2006. Para el presente estudio, únicamente se utilizó para reproducir la mezcla que presentó los mayores problemas de agrietamientos.
- b) Reductor de agua y plastificante de medio rango, Eucon MR-400, tipo A y G de acuerdo con la norma ASTM-C-494. Este aditivo es una variante respecto al anterior y fue formulado específicamente para lograr una mayor compatibilidad química con el tipo de cemento y los agregados utilizados y que contribuyera a la reducción del agrietamiento del concreto.

Ambos aditivos son de la marca Euclid Chemical Company y las dosis utilizadas se encuentran indicadas en las hojas de diseño de mezclas de concreto.

---

## Capítulo III. Estudio experimental de mezclas de concreto

En este capítulo se presentan los criterios considerados para la selección de las características de las mezclas para realizar la investigación, el diseño y la elaboración de las mezclas, las pruebas que deberán realizarse en el laboratorio, tanto al concreto en estado fresco como endurecido y particular relevancia tiene el procedimiento establecido para determinar la densidad o el nivel de agrietamiento, de cada mezcla ensayada, en el modelo de losa diseñado para este propósito.

### 3.1 Consideraciones para el diseño de las mezclas

#### 3.1.1 Principios básicos para el diseño de mezclas de concreto

El principio fundamental para el diseño mezclas de concreto consiste en determinar las características requeridas del concreto y que se puedan especificar, y pueden incluir: propiedades del concreto fresco, propiedades mecánicas del concreto endurecido y la inclusión/exclusión o límites de ingredientes específicos. En el diseño también debe ser considerado el medio ambiente a que estará expuesta la estructura en condiciones de servicio; es decir, exposición al agua de mar, a tránsito vehicular, peatonal y de montacargas ó climas extremosos de calor o frío.

Por otro lado, el proporcionamiento o dosificación de la mezcla se refiere al proceso para determinar las cantidades de cada uno de los ingredientes del concreto para lograr las características especificadas, y de paso se busca establecer la combinación más práctica y económica empleando los materiales locales disponibles.

Una mezcla de concreto bien definida y adecuadamente calculada, debe satisfacer las siguientes cualidades:

- En el concreto fresco: trabajabilidad aceptable
- En el concreto endurecido: durabilidad, resistencia y apariencia uniforme (estético)
- Economía

Entender los principios básicos del diseño de mezclas es tan importante como la realización de los cálculos mismos. Es importante dedicar el tiempo suficiente en la selección adecuada de los materiales y las características de la mezcla ya que

---

de ello depende la obtención de las propiedades citadas arriba al producir un determinado tipo de concreto.

Con base en las propiedades de los materiales seleccionados, descritos a detalle en el capítulo anterior, es necesario definir, con la mayor claridad posible, las cualidades de las mezclas a estudiar con la finalidad de integrar un proporcionamiento calculado a detalle, para cada caso, para alcanzar los objetivos planteados.

### *3.1.2 Selección del tipo y tamaño máximo nominal del agregado*

Se determinó utilizar un solo tipo de agregado grueso y corresponde al basáltico andesítico de tamaño máximo nominal de 20 mm (3/4") del banco de Cedros, Jal. Son tres las razones fundamentales por la cual se decidió utilizar un solo tipo de grava:

- Es la que más abunda y de mayor uso para las construcciones, en general, en la zona de Guadalajara.
- El tamaño es un desventaja para elaborar concreto para pavimentos y losas apoyadas sobre el suelo, debido a que demanda mayor cantidad de pasta (agua+cemento) comparativamente si se utilizara grava de mayor tamaño, para una determinada resistencia.
- Porque se reduce el número de variables que intervienen en el estudio.

### *3.1.3 Selección del revenimiento*

Para el proporcionamiento de una mezcla de concreto, el revenimiento se determina de acuerdo con las especificaciones de determinado proyecto o de acuerdo con el tipo de construcción. El revenimiento se utiliza para medir la consistencia del concreto, entendiendo la consistencia como la capacidad del concreto para fluir.

El revenimiento nominal seleccionado fue de 15 cm, aceptando una tolerancia de  $\pm 1$  cm. En la tecnología del concreto, no es muy recomendable utilizar mezclas muy húmedas, no obstante, es necesario cuando se trata del diseño de mezclas con propiedades para ser bombeadas.

Como la intención final consistió en seleccionar factores que contribuyan al agrietamiento del concreto, el revenimiento alto es un buen comienzo, debido a que generalmente, este tipo de mezclas, demanda mayor cantidad de agua, comparado con una mezcla de menor revenimiento.

### *3.1.4 Selección del tipo y cantidad de cemento*

Se decidió utilizar un solo tipo de cemento, CPC 40 de la planta de Tecomán de Holcim Apasco, y una cantidad fija de 270 kg por metro cúbico. Esto también

---

tiene que ver con la reducción de variables para un mejor entendimiento del fenómeno del agrietamiento y otras propiedades del concreto.

### *3.1.5 Selección de la relación agua-cemento*

La resistencia a compresión del concreto está gobernada por la relación agua/cemento o agua/materiales cementantes. La resistencia se incrementa a medida que se pueda disminuir la relación agua-cemento. Esta característica también afecta a la resistencia a la flexión, a la tensión y la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo.

Dado que se ha establecido un valor fijo del contenido de cemento por metro cúbico y un valor del revenimiento, el agua se determina en función de la demanda en cada mezcla, según las características de los agregados finos y combinaciones consideradas, por lo cual la relación agua-cemento en cada caso puede ser diferente.

### *3.1.6 Selección del tipo de agregado fino (arena)*

Fueron seleccionados tres arenas diferentes para la realización de este estudio:

- Arena basáltica triturada de color gris proveniente del banco Cedros, Jal. Hay suficiente disponibilidad de esta arena, pero su uso es limitado debido a la alta cantidad de finos (material fino que pasa la malla no. 200), que fluctúa entre 12 y 16 por ciento y a su deficiente granulometría, además de poseer forma irregular que afecta fuertemente a la obtención de mezclas con adecuada trabajabilidad.
- Arena volcánica de color negra proveniente de la mina San Simón, Mich. Esta arena es ligera, con capacidad de absorción cercana al 5 por ciento, con contenido de finos de alrededor de 7 por ciento y granulometría aceptable.
- Arena volcánica de color negra proveniente de la mina de Villa de Álvarez, Col. Esta arena tiene buena densidad, superior a  $2.50 \text{ g/cm}^3$ , bajo contenido de finos (menor a 5 por ciento) y granulometría aceptable.

### *3.1.7 Selección del tipo de aditivo*

Se utilizaron dos tipos de aditivos, de acuerdo con la descripción hecha en el inciso 2.5 del capítulo II de este trabajo.

Generalmente y por cierta conveniencia práctica, los aditivos líquidos se dosifican en función del contenido de cemento durante la elaboración de las mezclas, por lo que de acuerdo con pruebas preliminares, se utilizó 7 mililitros de Eucon MR-370, por cada kilogramo de cemento para la reproducción de la

---

mezcla problema y 5 mililitros de Eucon MR-400, por cada kilogramo de cemento para el resto de las mezclas.

### *3.1.8 Forma de colocación del concreto*

Existen varias maneras de transportar el concreto para su colocación en el sitio final; a tiro directo, es decir que la mezcla se pueda depositar directamente del equipo de transporte a su sitio final; por medio de bombeo, por bandas transportadoras, por medio de canalones, concreto lanzado o proyectado, etc.

De todas las formas existentes, la colocación por el método de bombeo es la forma de colocación más práctica debido a su contribución a una mayor rapidez en la ejecución de los colados, acceso a puntos difíciles de la obra y disminución de los tiempos de entrega y estancia en obra de los equipos de transporte. En muchas ocasiones, este método de colocación es el único medio posible de colocar el concreto en la obra, cuando por condiciones del terreno resulta inaccesible a los equipos más usados o cuando el ritmo de trabajo hace que no sean prácticos métodos más lentos.

El concreto bombeable es aquel que se transporta mediante presión a través de tubos rígidos o mangueras flexibles y que se descarga directamente dentro del área o elemento deseado. La composición de la mezcla debe diseñarse considerando requisitos adicionales, como: cantidad de mortero (cemento, arena y agua) que es requerido para constituir el fluido necesario para transportar, en suspensión, los agregados gruesos de tal manera que la fricción en la pared interior de la tubería, no impida para que la mezcla fluya con facilidad.

Como puede verse, las ventajas de utilizar concreto bombeable, plantea también otros problemas técnicos debido a que no es posible utilizar cualquier tipo de mezcla, por lo que consideramos que si encontramos una solución práctica para reducir el potencial del agrietamiento en mezclas que presentan determinadas desventajas desde el punto de vista de la composición de la mezclas y sus efectos subsecuentes, estaremos en posibilidades de extrapolar fácilmente a condiciones más favorables de diseño de mezclas, por ejemplo, utilizar grava de mayor tamaño, de forma más cúbica, menor contenido de finos, revenimientos bajos, menor contenido de agua, utilizar aditivos de mejor desempeño, etc., lo que sin duda, ayudará a evitar o disminuir los agrietamientos en el concreto.

## **3.2 Planteamiento del trabajo experimental**

### *3.2.1 Condiciones del laboratorio*

Cuando se realizan trabajos de investigación en el laboratorio, es necesario prever que las condiciones en que se habrán de estudiar cada una de las mezclas se hagan bajo las mismas condiciones para evitar cualquier desviación que pudiera interferir en el análisis y la interpretación de los resultados que se

obtengan. En la tabla 3.1 se indican las condiciones de cada una de las áreas del laboratorio en donde se realizaron cada una de las pruebas.

**Tabla 3.1 Condiciones ambientales donde se realizaron las mezclas y pruebas al concreto fresco y endurecido.**

Área	Prueba	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)
Cuarto de elaboración de mezclas	Elaboración de mezclas	23 ± 2	> 50
Cuarto de condiciones variables	Estudio del agrietamiento y tasa de sangrado	35 ± 2	< 35
Cuarto de curado	Curado estándar de especímenes	23 ± 2	> 95
Cuarto de secado	Secado de especímenes para determinar la variación de la longitud (contracción por secado)	23 ± 2	50 ± 4

### 3.2.1.1 Cuarto de condiciones variables

En el laboratorio del Centro Tecnológico del Concreto de Holcim Apasco se cuenta con un cuarto de condiciones variables donde es posible reproducir cualquiera de las condiciones climáticas existentes en la república mexicana y estudiar el comportamiento de determinados concretos sujetos a condiciones climáticas particulares. De esta manera, en este cuarto se reprodujeron condiciones ambientales extremas capaces de crear contracción plástica, tales como: temperatura ambiente promedio de 35 °C, humedad relativa menor a 35 por ciento y flujo de aire constante. Estas consideraciones, representa muy bien condiciones reales que se presentan en ciertas épocas del año en la zona de Guadalajara y en muchas otras zonas geográficas del país y es para crear condiciones con altos índices de evaporación e inducir niveles altos de agrietamientos sobre los modelos de losas diseñadas para el trabajo experimental.

### 3.2.1.2 Cuarto para la elaboración de las mezclas

Todas las mezclas se elaboraron en un cuarto acondicionado a una temperatura de 23 ± 2 °C y humedad relativa mínima del 50 por ciento. También en este cuarto se realizaron las pruebas y evaluaciones al concreto fresco.

### 3.2.2 Preparación de los materiales

En el cuarto de condiciones variables fueron almacenados los agregados, el cemento, el agua y los aditivos, antes de la elaboración de las mezclas. La intención fundamental fue simular las condiciones de los materiales a las condiciones climáticas reales de operación de producción de concreto en la zona de Guadalajara.



**Foto 3.1** Los ingredientes de la mezcla fueron almacenados en el cuarto de condiciones variables para simular condiciones reales y dosificarlos en las mismas condiciones al realizar la mezcla.

### 3.2.3 Modelo de losa propuesto para estudiar el agrietamiento

El modelo propuesto para estudiar la densidad o el nivel potencial del agrietamiento de cada mezcla propuesta, consistió en un molde rectangular de 120x60x5 cm, tal como se muestra en la foto 3.2. En las partes laterales internas del molde se colocaron anclajes de refuerzo para asegurar una contracción restringida en el concreto desde los bordes y de esta manera prever la obtención del peor caso de agrietamiento durante las primeras 48 horas de edad del concreto.



**Foto 3.2** Modelo propuesto para estudiar la densidad o el potencial del agrietamiento durante las primeras 48 horas.

### 3.3 Diseño y elaboración de las mezclas

Las mezclas fueron diseñadas inicialmente con la ayuda de un software especializado denominado *Concrete Mix Design (CMD Expert)*. Esta herramienta busca diseñar con la mejor combinación de la granulometría de los agregados

de manera integral y con ello lograr una optimización del diseño con la menor cantidad posible de pasta (agua+cemento).

También nos hemos apoyado en el método descrito en el ACI-211.1 "Proporcionamiento de mezclas de concreto normal, pesado y masivo", para realizar algunos ajustes finales a las mezclas de tal manera que se logre obtener mezclas con características adecuadas de trabajabilidad y cohesión.

El desarrollo total del experimento se realizó en el laboratorio del Centro Tecnológico del Concreto del Grupo Holcim Apasco, en donde se pudo garantizar el control de las condiciones ambientales de las mezclas, ensaye de los especímenes y determinación de los niveles de agrietamiento de las diferentes mezclas.

En la tabla 3.2 se encuentran los proporcionamientos utilizados para la realización de la mezclas. Estos proporcionamientos fueron calculados a partir de la condición saturada y superficialmente secos de los agregados y se efectuaron correcciones debidos a la humedad de los mismos antes de dosificar y elaborar cada una de las mezclas, tal como se indican en las hojas de diseño de mezclas de concreto del anexo B.

**Tabla 3.2. Composición de las mezclas de concreto para el desarrollo del experimento**

Materiales	Unidad	CTC-152	CTC-153	CTC-154	CTC-155	CTC-156	CTC-157	CTC-158	CTC-159	CTC-160	CTC-161
		TESTIGO	Arena seleccionadas			Comb. (Cedros/San Simón)			Comb. (Cedros/V. de Álvarez)		
		(Cedros/V. Álvarez)	100% Cedros	100% San Simón	100% V. Álvarez	65% 35%	50% 50%	35% 65%	65% 35%	50% 50%	35% 65%
Cemento CPC 40 Tecomán	kg	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Grava Basalto 20 mm (Cedros, Jal.)	kg	885	901	947	855	932	939	942	907	900	887
Arena Triturada (Cedros, Jal.)	kg	293	935	0	0	569	427	291	622	483	339
Arena Volcánica (San Simón, Mich.)	kg	0	0	818	0	306	428	540	0	0	0
Arena Volcánica (V. de Álvarez, Col.)	kg	683	0	0	1029	0	0	0	334	483	631
Agua de la red	l	192	207	193	186	198	195	192	196	192	190
Fluidizante MR-370 (Euclid)	l	1.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluidizante MR-400 (Euclid)	l	0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35

### 3.3.1 Procedimiento de elaboración y mezclado del concreto

Todas las mezclas y las pruebas se realizaron bajo el mismo procedimiento establecido, con los mismos equipos disponibles y calibrados y con el mismo personal, además de las condiciones ambientales ya descritas, para asegurar la obtención de resultados confiables.

#### 3.3.1.1. Procedimiento de mezclado

El mezclado del concreto se realizó de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-159-ONNCCE-2004 "Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio". En resumen, el procedimiento de mezclado fue el siguiente:

- 
- a) Se introdujo el agregado grueso y el agregado fino en la olla mezcladora, junto con parte del agua de mezclado (agua de absorción), mezclando durante 30 segundos, con la finalidad de que los agregados estén cercanos a la condición de saturados y superficialmente secos (sss).
  - b) Se detiene la olla mezcladora para adicionar todo el cemento, mezclando durante 30 segundos más.
  - c) Con la olla mezclando, se adicionó en un lapso de 30 segundos el resto del agua de mezclado y se continúa mezclando hasta completar 3 minutos contados a partir de la adición del agua cuando los agregados ya alcanzaron la condición de saturados y superficialmente secos.
  - d) Después del periodo de mezclado, hay un tiempo de reposo de 3 minutos, en el cual la boca de la olla se cubre con una jerga húmeda para evitar la evaporación de parte del agua de mezclado. En esta etapa se determina la temperatura de la mezcla.
  - e) Al terminar el tiempo de reposo, se inicia un remezclado que dura 2 minutos. En esta etapa se ajusta el agua de diseño para obtener un revenimiento inicial de  $8 \pm 1$  cm tal como fue diseñado el experimento.
  - f) Al término del remezclado se determina el revenimiento de acuerdo con la tolerancia especificada.
  - g) Se aplica el aditivo reductor de agua para alcanzar un revenimiento de  $15 \pm 1$  cm.



**Foto 3.3 Mezcladora de concreto para la elaboración de mezclas en el laboratorio y determinación de la temperatura.**

### **3.4 Pruebas realizadas al concreto**

Debido a la naturaleza del concreto, es decir, que en una primera etapa se encuentra en estado plástico y moldeable y en una segunda etapa lo

---

encontramos en estado endurecido, las pruebas se realizaron en dos fases, siguiendo ese orden.

Al concreto fresco se le realizaron las siguientes pruebas: revenimiento, masa volumétrica (masa unitaria), contenido de aire, temperatura de la mezcla, tiempo de fraguado inicial y la cantidad de sangrado. También se realizó una evaluación cualitativa de las características físicas, como: aspecto, cohesión, trabajabilidad y acabado.

Al concreto endurecido se realizaron las pruebas de densidad de agrietamiento, resistencia a compresión, módulo de elasticidad, resistencia a la flexión o módulo de ruptura y contracción por secado.

### **3.4.1 Pruebas al concreto fresco**

#### *3.4.1.1 Revenimiento*

La prueba de revenimiento o asentamiento del cono de Abrams, es el método más ampliamente aceptado y utilizado para medir la consistencia del concreto. En México, la norma aplicable para esta prueba es la *NMX-C-156-1997-ONNCCE "Determinación del revenimiento en el concreto fresco"*.



**Foto 3. 4 Determinación del revenimiento del concreto fresco**

#### *3.4.1.2 Masa Volumétrica (Masa Unitaria)*

La masa volumétrica o masa unitaria es la cantidad de material que contiene un metro cúbico de concreto fresco ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) y se utiliza para determinar la cantidad volumétrica (rendimiento volumétrico) del concreto producido en cada revoltura. Esta prueba también aporta una indicación del contenido de aire a partir de la masa volumétrica de los ingredientes de la mezcla. La norma aplicable para esta prueba es la *NMX-C-162-2000-ONNCCE "Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico"*.



**Foto 3.5** Determinación del masa volumétrica o masa unitaria del concreto fresco.

#### 3.4.1.3 Contenido de Aire

La obtención del contenido de aire del concreto fresco se realizó mediante el método de presión, de acuerdo con la norma *NMX-C- 157-1987 "Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión"*. Este método, tiene su fundamento en la ley de Boyle, y establece el procedimiento para determinar el contenido de aire en el concreto fresco, por medio de la observación en el cambio de volumen al efectuarse un cambio de presión en la masa del concreto.



**Foto 3. 6** Determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión

---

#### 3.4.1.4 Temperatura del concreto fresco

La determinación de la temperatura del concreto fresco consiste en introducir un termómetro de vástago o de vidrio con coraza en el interior de la masa de una muestra de concreto y debe permanecer por lo menos 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. La parte sensitiva del termómetro debe estar rodeado por un mínimo de 75 mm de concreto. La norma aplicable para la determinación de la temperatura es la ASTM-C-1064 "Método de ensaye estándar para la medición de temperatura del concreto recién mezclado con cemento portland".

La obtención de la temperatura del concreto fresco, se realizó directamente en la revolvedora introduciendo un termómetro de vástago, tal como se observa en la foto 3.3.

#### 3.4.1.5 Tiempo de fraguado

Cuando el cemento entra en contacto con el agua se forma una pasta que permanece en estado plástica durante un cierto período de tiempo. En esta etapa aún es posible alterar el material y remezclarlo sin dañarlo, pero a medida que avanzan el proceso de reacción química entre el cemento y el agua, la masa pierde plasticidad. Este período de endurecimiento se le conoce como «período de fraguado» comprendido entre el fraguado inicial y final.



**Foto 3.7 Determinación del tiempo de fraguado inicial**

Lo más importante en las aplicaciones prácticas es conocer el tiempo en que se produce el fraguado inicial ya que es en este período donde se presenta el mayor potencial de agrietamiento debido a la limitada resistencia del concreto. La norma de referencia para la realización de estas pruebas es la *NMX-C-177-*

---

1997-ONNCCE “Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto, mediante la resistencia a la penetración”.

Esta norma establece como tiempo de fraguado inicial (límite de manejabilidad) el tiempo que transcurre, a partir del momento en que entra en contacto el cemento con el agua, hasta que el mortero, que se obtiene por medio de cribado en la malla # 4, alcance una resistencia a la penetración de 35 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 3.4.1.6 Cohesión

La cohesión de una mezcla se identifica con el esfuerzo de cadencia y representa en cierto modo la resistencia que la mezcla opone para deformarse e iniciar el flujo. La cohesión se juzga visualmente y con tacto en la mezcla de concreto y, se considera que una mezcla tiene buena cohesión cuando hay buena adherencia entre la pasta y los agregados y todos los componentes están debidamente integrados.

#### 3.4.1.7 Aspecto

El aspecto es una característica que se determina por simple observación a la mezcla y es muy importante al estar diseñando mezclas de concreto, porque nos permite discernir si una mezcla tiene exceso de grava (gravuda), mucha pasta (pastosa), exceso de contenido de arena (arenosa) o si es una mezcla balanceada de acuerdo a su aplicación.

#### 3.4.1.8 Trabajabilidad

Es una medida de la facilidad o dificultad que resulta en el manejo, colocación, consolidación y terminado sin que la mezcla pierda su homogeneidad. Las mezclas de concreto deben tener trabajabilidad suficiente pero sin que se produzca segregación de los componentes ni presente exceso de agua de sangrado.

De acuerdo con el comité ACI 309, hay tres principales características funcionales del concreto en estado fresco que determinan su trabajabilidad

- a) Estabilidad. Esta característica se refiere a la resistencia que las mezclas oponen para segregarse y exudar agua (sangrado); en otras palabras, representa su disposición para conservarse homogéneas.
- b) Compactabilidad. Corresponde a la facilidad con la que las mezclas de concreto permiten la remoción del aire atrapado durante el moldeo, a fin de lograr un alto grado de compacidad en el concreto endurecido.
- c) Movilidad. Representa la aptitud de las mezclas para deformarse y fluir.

---

La trabajabilidad se juzgó como fácil o difícil de acuerdo a la manejabilidad de la mezcla al ser homogeneizada con la pala para la realización de las pruebas.

#### 3.4.1.9 Acabado

Es el tratamiento que se da a las superficies libres, y se define como la nivelación, alisamiento, compactación (apisonamiento) y otros tratamientos que se aplican a la superficie del concreto recién colado, para producir la apariencia y el servicio requerido.

El acabado de la mezcla se valoró directamente en la carretilla y juzgó como fácil o difícil. Se dice que tuvo acabado fácil cuando se lograba un acabado liso con pocas pasadas de la pala o cucharón y en caso contrario se consideró que la mezcla tiene dificultad para darle un buen acabado.

#### 3.4.1.10 Sangrado

El sangrado es la migración, por capilaridad, del agua de la mezcla hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales sólidos dentro de la masa y que en ocasiones puede ser o no perjudicial, dependiendo de su cuantía, de las características geométricas del elemento y principalmente de las condiciones ambientales.



**Foto: 3.8** Espécimen elaborado para determinar la cantidad de sangrado

La cantidad de sangrado se determinó usando una muestra de concreto, cribado en la malla #4 (4.75 mm), contenido en un recipiente, tal como se muestra en la foto 3.8. No siempre es práctico hacer mediciones para determinar la cuantía de sangrado en las mezclas de concreto, por lo que en general se hace de manera visual y calcula cualitativamente como escaso, medio ó alto.

### 3.4.1.11 Elaboración y almacenamiento de las losas elaboradas

En la actualidad no existe un procedimiento normalizado para la realización de pruebas y análisis de la densidad o potencial del agrietamiento que se genera en un determinado tipo de concreto, expuesto a variadas condiciones de exposición, por lo cual el procedimiento de elaboración de la losa fue compactar el concreto, dentro del molde propuesto, utilizando una varilla estándar para elaboración de especímenes en el laboratorio y alisando la superficie con una cuchara de albañil. La losa fue elaborada en el interior del cuarto de condiciones variables donde permaneció durante las siguientes 48 horas.



Foto 3.9 Cuarto de condiciones variables donde se almacenaron las losas para inducir el agrietamiento del concreto.

Tabla 3.3 Resultados de las pruebas realizadas al concreto en estado fresco.

No. de mezcla	Revenimiento		Masa volumétrica (kg/m <sup>3</sup> )	Rendimiento de la mezcla (l/m <sup>3</sup> )	Contenido de aire (%)	Temperatura del concreto (°C)	Tasa de sangrado (ml/m <sup>2</sup> )	Tiempo de frag. inicial (min)	Aspecto	Cohesión	Trabajabilidad	Acabado	Sangrado (ml/m <sup>2</sup> )
	inicial*	final**											
	(cm)	(cm)											
CTC-152	8.0	14.0	2298	1012	2.1	29.4	3.0	342	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	3.0
CTC-153	8.0	15.0	2283	1014	1.5	28.6	6.0	421	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	6.0
CTC-154	8.0	15.0	2221	1004	2.2	28.3	0.0	392	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	0.0
CTC-155	8.0	15.0	2301	1017	2.5	29.2	0.0	419	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	0.0
CTC-156	8.0	14.0	2257	1009	1.8	28.5	0.0	365	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	0.0
CTC-157	8.0	14.0	2237	1011	1.9	29.4	0.0	358	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	0.0
CTC-158	8.0	14.0	2208	1013	2.3	28.8	0.0	362	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	0.0
CTC-159	8.0	14.0	2324	1003	1.4	29.0	7.0	460	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	7.0
CTC-160	8.0	16.0	2318	1005	1.2	28.7	11.0	378	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	11.0
CTC-161	8.0	16.0	2303	1007	2.4	28.4	9.0	324	Balanceada	Buena	Fácil	Fácil	9.0

\* Revenimiento inicial sólo con agua

\*\* Revenimiento al adicionar aditivo fluidizante

---

### 3.4.2 Pruebas al concreto endurecido

#### 3.4.2.1 Determinación de la densidad del agrietamiento

La densidad total del agrietamiento fue medida a las 48 horas después que la losa permaneció en el cuarto de condiciones variables.

La medición consistió en cuantificar la longitud total de las grietas formadas en la losa de estudio y dividirla entre el área de la misma losa, por lo cual se expresa en  $\text{cm}/\text{m}^2$ .

A manera de ilustración, en la foto 3.10 se muestran dos losas con diferentes niveles de agrietamientos medidos en el mismo tiempo y expuestas a las mismas condiciones ambientales creadas.

En el anexo C, se encuentran las fotografías de todas las losas analizadas con los respectivos cálculos de la densidad del agrietamiento.



**Foto 3.10 Las diferentes losas fueron almacenadas en el mismo tiempo y en las mismas condiciones ambientales para su estudio.**

#### 3.4.2.2 Resistencia a la compresión

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con su resistencia a compresión, la cual representa la condición de carga en que el concreto exhibe mayor capacidad de carga para soportar esfuerzos, de modo que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de utilizar dicha propiedad. La norma aplicable para realizar esta prueba es la NMX-

C-083-1997-ONNCCE "Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto".



Foto 3.11 Elaboración y ensaye de especímenes para la determinación de la resistencia a compresión.

#### 3.4.2.3 Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad, denotado por el símbolo  $E$ , es la relación que existe entre el esfuerzo aplicado y la deformación unitaria dentro del intervalo elástico de una curva esfuerzo deformación unitaria, generalmente expresado en kilogramos sobre centímetro cuadrado. La prueba se realizó de acuerdo con los criterios de la norma NMX-C-128-1997-ONNCCE "Determinación del módulo de elasticidad estático y relación de Poisson".



Foto 3.12 Dispositivo y procedimiento para determinar el módulo de elasticidad del concreto

#### 3.4.2.4 Resistencia a la flexión

La resistencia a la tensión por flexión, también llamada módulo de ruptura ( $M_R$ ), es una propiedad que requiere consideración específica en el diseño de pavimentos de concreto hidráulico y losas sobre el terreno, cuyo diseño se efectúa con base en la resistencia del concreto a tensión por flexión. La norma

aplicable para la realización de esta prueba es la *NMX-C-191-2004-ONNCCE "Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro"*.



**Foto 3.13** Elaboración y ensaye de vigas para determinar la resistencia a flexión o módulo de ruptura.

#### 3.4.2.5 Contracción por secado

La variación de la longitud comúnmente definida por el aumento o disminución de la longitud de un espécimen que ha sido sometido a cambios de humedad o temperatura, sin estar sometido a fuerzas exteriores, generalmente se expresa como millonésimas o porcentaje a la edad de 56 días y se determina de acuerdo con la norma *NMX-C-173-1990 "Determinación de la variación en longitud de especímenes de mortero de cemento y de concreto endurecidos"*.



**Foto 3.14** Elaboración de especímenes para determinar la contracción por secado del concreto a los 56 días de edad.

De manera resumida, la prueba consiste en elaborar especímenes utilizando moldes prismáticos de 100x100x285 mm, a partir de una muestra de concreto fresco. En la parte central de las superficies extremas de los moldes, se coloca un índice de calibración de  $22.5 \pm 1$  mm de longitud y la distancia libre entre ambos debe ser de 250 mm, el cual debe verificarse empleando una barra calibradora. Los especímenes elaborados deben introducirse inmediatamente en el cuarto de curado estándar.

A las 24 horas, los especímenes se desmoldan y se sumergen en agua saturada con cal durante 30 minutos. Al concluir la inmersión se realiza la primera medición y se vuelve a sumergir dentro del agua saturada hasta completar los 28 días a partir de la elaboración.

Al completar los 28 días de curado estándar, se realiza la segunda medición de la longitud y posteriormente se almacenan en el cuarto de secado. Las lecturas subsecuentes se realizan a los 32, 35 y 56 días de edad de los especímenes, contados a partir de la fecha en que fueron elaborados.

### 3.4 Resultados de las pruebas realizadas al concreto en estado endurecido.

No. de mezcla	Agrietamiento del concreto (cm/m <sup>2</sup> )		Resistencia a compresión a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la flexión a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Contracción por secado a 56 días (%)
	Densidad Total	Densidad de grietas $\geq 0.3$ mm				
CTC-152	1332	532	328	245,025	41	0.046
CTC-153	1734	254	282	242,666	37	0.062
CTC-154	535	0	313	212,348	42	0.054
CTC-155	378	0	344	245,272	43	0.046
CTC-156	1247	465	288	234,024	38	0.058
CTC-157	1064	306	278	217,769	35	0.053
CTC-158	624	0	299	231,018	35	0.051
CTC-159	1637	681	373	268,495	41	0.053
CTC-160	1028	60	342	263,682	42	0.042
CTC-161	982	18	345	255,525	42	0.040

## Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados

En este capítulo haremos el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos de los ensayos realizados en esta investigación. En primer lugar analizaremos los resultados del concreto fresco en lo referente a: agua y revenimiento, masa volumétrica (masa unitaria), temperatura, contenido de aire, cantidad de sangrado y tiempo de fraguado inicial. Y en segundo lugar nos enfocaremos a los resultados del concreto endurecido, respecto a: resistencia a compresión, resistencia a la tensión por flexión (módulo de ruptura), módulo de elasticidad, densidad de agrietamiento y contracción por secado.

Toda la información que fue posible generar se encuentran en las tablas y gráficas correspondientes, los cuales nos permitirán evaluar, con la mayor objetividad posible, todos los resultados de cada una de las pruebas realizadas al concreto.

Finalmente se presenta un cuadro comparativo del costo por metro cúbico aproximado de cada una de las mezclas estudiadas. En la etapa de toma de decisiones, el desempeño técnico del producto casi siempre está ligado al costo y, en este sentido, la habilidad para seleccionar un determinado producto, consiste en encontrar el equilibrio entre ambos factores.

### 4.1 Análisis de resultados del concreto fresco

En la tabla 4.1 se muestran los resultados de las pruebas que se realizaron al concreto en estado fresco y, a partir de la misma se realizará el análisis correspondiente.

Tabla 4.1. Propiedades del concreto en estado fresco obtenidas de las mezclas de prueba.

No. de mezcla	Revenimiento		Agua de mezclado (l/m <sup>3</sup> )	Peso Volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )	Temperatura del concreto (°C)	Contenido de aire (%)	Tasa de Sangrado (ml/m <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado inicial (min)
	inicial* (cm)	final** (cm)						
CTC-152	8.0	14.0	192	2298	29.4	2.1	3.0	342
CTC-153	8.0	15.0	207	2283	28.6	1.5	6.0	421
CTC-154	8.0	15.0	193	2221	28.3	2.2	0.0	392
CTC-155	8.0	15.0	186	2301	29.2	2.5	0.0	419
CTC-156	8.0	14.0	198	2257	28.5	1.8	0.0	365
CTC-157	8.0	14.0	195	2237	29.4	1.9	0.0	358
CTC-158	8.0	14.0	192	2208	28.8	2.3	0.0	362
CTC-159	8.0	14.0	196	2324	29.0	1.4	7.0	460
CTC-160	8.0	16.0	192	2318	28.7	1.2	11.0	378
CTC-161	8.0	16.0	190	2303	28.4	2.4	9.0	324

\* Revenimiento inicial sólo con agua

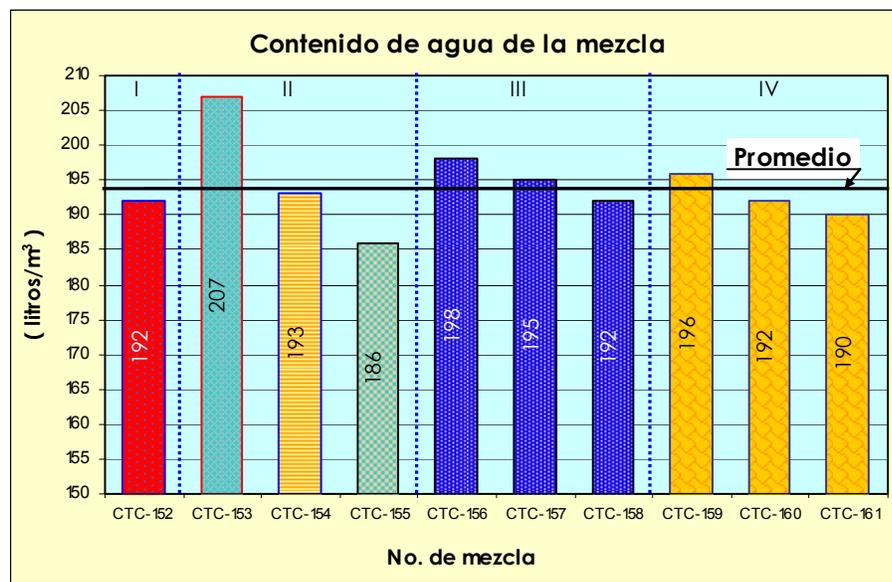
\*\* Revenimiento al adicionar aditivo fluidizante

#### 4.1.1 Agua y Revenimiento

La cantidad de agua utilizada en la elaboración de cada una de las mezclas fue calculada para obtener un revenimiento inicial uniforme de  $8 \pm 1$  cm. Debido a la variación en la composición granulométrica por las combinaciones de los diferentes tipos de arena y los diferentes porcentajes establecidos, para cada mezcla, la cantidad de agua fue distinta en cada caso. En la gráfica 4.1 se da a conocer la variación de la cantidad de agua que fue necesario utilizar en cada una de las mezclas para obtener el revenimiento inicial especificado.

La limitación en el revenimiento inicial, tiene su fundamento en la norma NMX-C-155, donde establece que el contenido máximo de agua debe limitarse de manera que el revenimiento nominal del concreto no exceda de 10 cm. Si se requiere incrementar el revenimiento, debe lograrse mediante el uso de aditivos.

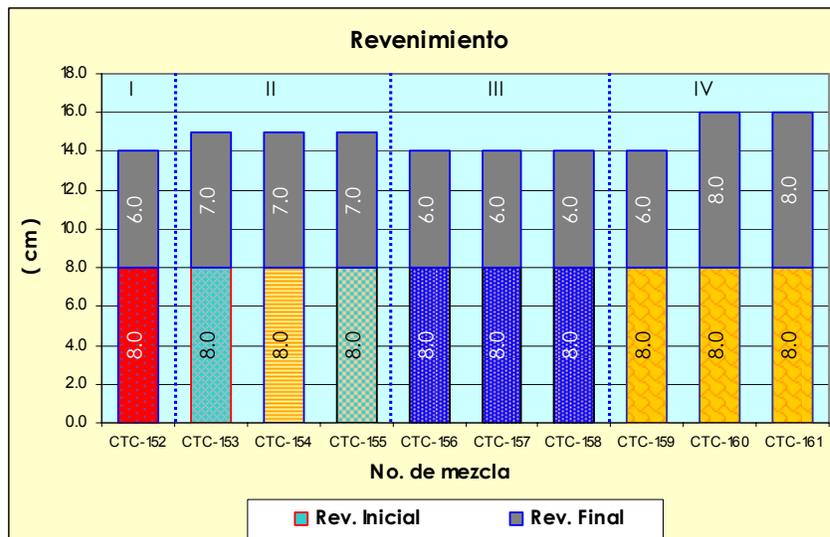
**Gráfica 4.1** Contenido unitario de agua en las mezclas determinado a partir de la condición saturado y superficialmente secos de los agregados.



De acuerdo a la información mostrada en la gráfica 4.1, en general, la demanda de agua en cada una de las mezclas estuvieron muy cerca del promedio, excepto la CTC-153 que tuvo el más alto contenido de agua con 207 litros/metro cúbico y la CTC-155 que reportó la menor cantidad con 186 litros/metro cúbico, respecto al promedio.

Para incrementar el revenimiento de  $8$  a  $15 \pm 1$  cm, tal como normalmente sucede en la práctica, particularmente para mezclas que se colocan por medio del método de bombeo, se utilizaron dos aditivos plastificantes: Eucon MR-370 exclusivamente para reproducir la mezcla de referencia o testigo, CTC-152, que tuvo los mayores problemas de agrietamientos y Eucon MR-400 para todas las mezclas restantes. En la gráfica 4.2 se muestran los revenimientos iniciales y finales de cada una de las mezclas.

**Gráfica 4.2 Revenimientos obtenidos en cada mezcla**



De acuerdo con los revenimientos finales, después de la aplicación del plastificante, todas las mezclas tienen las cualidades suficientes para poder colocarse por medio de bombeo.

Para lograr la obtención de revenimientos iniciales uniformes de 8 cm en cada una de las mezclas, fue necesario establecer un estricto control en el manejo de los agregados, así como, corregir el agua debido a la humedad de los agregados antes de realizar cada mezcla.

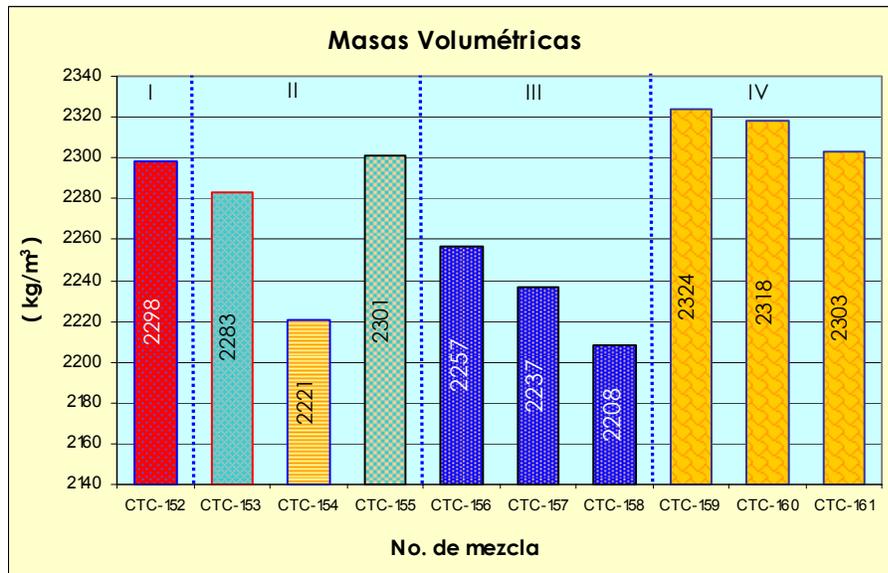
#### 4.1.2 Masa volumétrica

En la gráfica 4.3 se muestran los valores de la masa volumétrica, peso unitario ó masa unitaria del concreto, obtenido en cada una de las mezclas. Este parámetro se utiliza básicamente para cubrir dos aspectos principales:

- Control del volumen del concreto durante la dosificación y,
- Control de las especificaciones estructurales del proyecto.

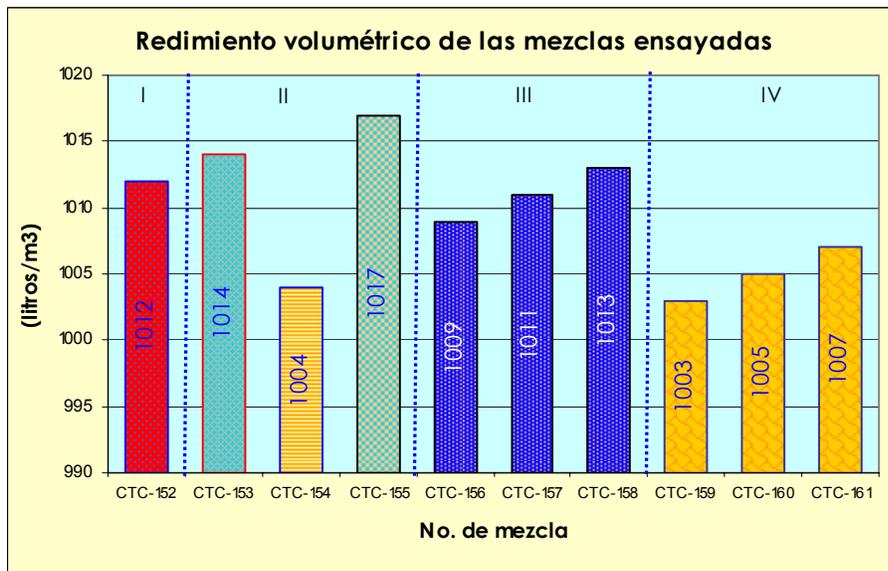
La determinación de la masa volumétrica para el control del rendimiento del concreto durante la dosificación, es recomendable para conocer el grado de cumplimiento con las tolerancias que establece la norma NMX-C-155, respecto al volumen elaborado y entregado. Cabe aclarar que suministrar concreto con rendimientos por debajo de la tolerancia, generalmente se traduce en reclamaciones y quejas por parte del usuario final y por el contrario si el volumen es superior a la tolerancia, implica utilizar recursos materiales adicionales, lo cual se traduce en costos adicionales para el productor de concreto.

**Gráfica 4.3 Masas volumétricas del concreto fresco**



En la gráfica 4.4 se observan los resultados del rendimiento volumétrico de las mezclas, calculadas a partir de los materiales dosificados y divididos entre su masa unitaria. La norma mexicana *NMX-C-155, Concreto hidráulico Industrializado-Especificaciones*, establece que el volumen suministrado puede aceptarse con una tolerancia de -1 % a +2 % en relación al volumen remisionado. Considerando que la base para el cálculo del volumen del concreto es el metro cúbico, entonces de acuerdo con la norma referida, el rendimiento volumétrico puede fluctuar en los 990 a 1020 litros por metro cúbico. Para el caso de las mezclas elaboradas, el rendimiento volumétrico tuvo una variación de 1003 a 1017 litros por metro cúbico, por lo que se cumplen los requisitos de la norma.

**Gráfica 4.4 Rendimiento volumétrico de las mezclas ensayadas**



---

Por otro lado, cuando la masa volumétrica se utiliza para el control de las especificaciones de un determinado proyecto, es común su utilización para garantizar condiciones máximas ó mínimas de la masa volumétrica del concreto, por ejemplo: concretos de peso ligero, normal o de densidad elevada.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto en el Distrito Federal, establece que para el concreto estructural de clase 1, la masa volumétrica del concreto debe ser superior a  $2200 \text{ kg/m}^3$ .

Las masas volumétricas obtenidas de las mezclas y mostradas en la gráfica 4.3, se consideran de peso normal y cumplen satisfactoriamente con la especificación de la norma referida en el párrafo anterior, ya que los valores obtenidos fluctuaron entre los  $2208$  y  $2324 \text{ kg/m}^3$ , dependiendo de los tipos y combinaciones de arenas empleadas. En las mezclas del grupo III se observa que a medida que se incrementó la arena volcánica de San Simón, que es la arena más ligera utilizada, la masa volumétrica del concreto tuvo una reducción considerable, al igual que la mezcla CTC-154 en donde se utilizó únicamente la arena volcánica de San Simón.

#### 4.1.3 *Temperatura del concreto*

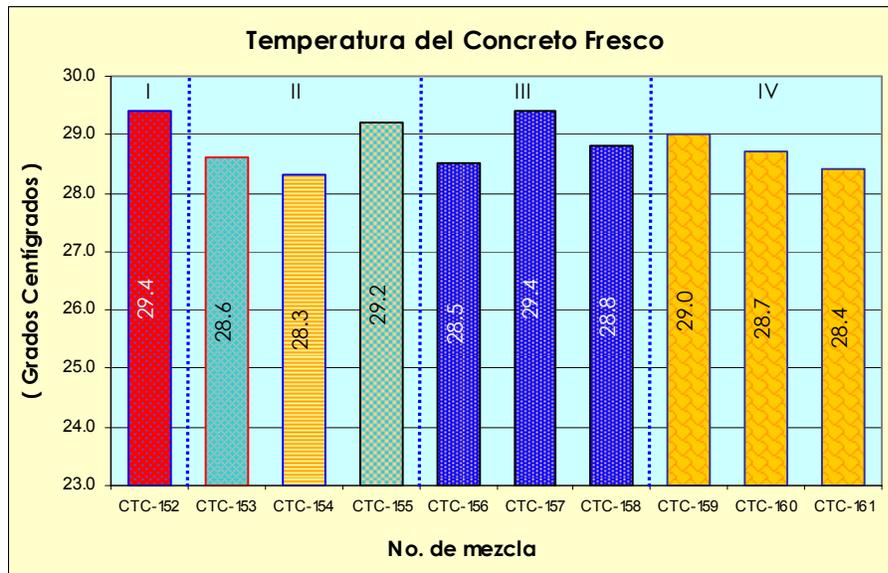
La temperatura del concreto tiene una influencia considerable sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido y muchas especificaciones establecen límites para satisfacer determinados requisitos. El agrietamiento por contracción plástica del concreto con frecuencia está relacionado con la colocación del concreto en clima caluroso en zonas áridas. El secado de la superficie se inicia siempre que la rapidez de evaporación es mayor que la rapidez a la cual el agua se eleva a la superficie del concreto recién colocado por medio del sangrado.

La NMX-C-155 establece que para climas cálidos, *la temperatura del concreto hidráulico en el momento de su producción y colocación debe ser la mas baja posible alcanzable en forma práctica, de común acuerdo con el comprador; sin embargo, señala que no es conveniente exceder la temperatura por arriba de los  $38^\circ \text{C}$ .*

Con base en lo anterior y para simular las condiciones reales de producción, transporte y colocación del concreto en ciertas épocas del año en la zona de Guadalajara, los agregados se acondicionaron en el cuarto de condiciones variables de acuerdo a lo descrito en el inciso 3.2.1.1. del capítulo III, antes de realizar la dosificación y la elaboración de las mezclas.

Las temperaturas del concreto fresco estuvieron entre los  $28.3$  y  $29.4^\circ \text{C}$ , tal como se observa en la gráfica 4.5, obteniéndose una diferencia entre el mayor y el menor valor de tan solo  $1.1^\circ \text{C}$ , por lo que es aceptable considerar que todas las mezclas fueron sometidas a condiciones similares de temperatura, lo cual, nos permite establecer una adecuada comparación entre los resultados de la densidad del agrietamiento y otras propiedades del concreto.

**Gráfica 4.5 Temperatura del concreto fresco**



#### 4.1.4 Contenido de aire

Con relación al contenido de aire en el concreto, podemos reconocer dos aspectos esenciales:

a) Aire atrapado:

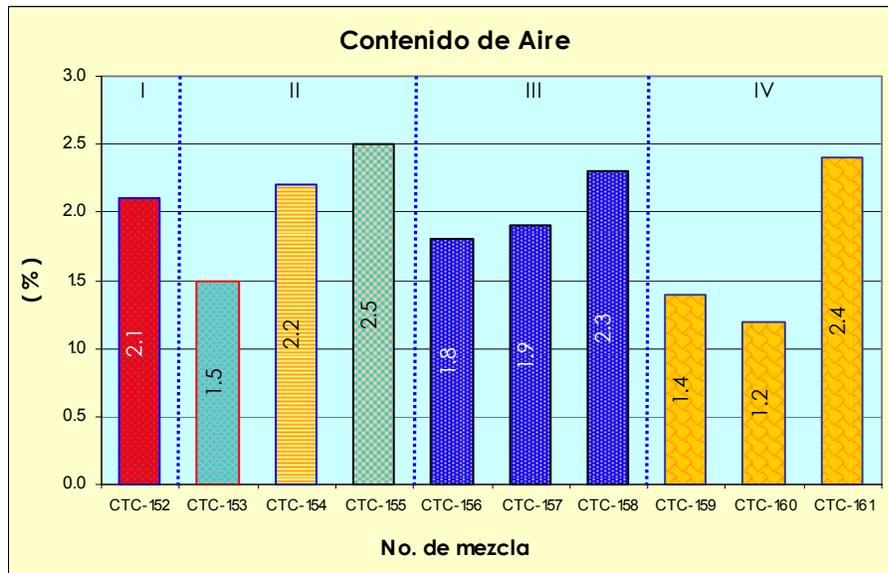
El concreto, por naturaleza, atrapa determinada cantidad de aire. Esto aunado a la utilización de determinados aditivos con ciertos compuestos base, incrementan el contenido de aire atrapado.

b) Aire incluido:

En ocasiones es necesario incluirle aire al concreto de manera intencional para mejorar determinadas propiedades del concreto endurecido. Una de las principales ventajas está en el incremento de la resistencia del concreto a ciclos de congelamiento y deshielo. En ciertas zonas de los Estados Unidos, la inclusión de aire, para este propósito, es parte fundamental en el diseño de las mezclas.

Por otro lado y particularmente, en México, el aire incluido en las mezclas de concreto, se ha utilizado con éxito para mejorar la trabajabilidad, incrementar la cohesión y reducir la cantidad de sangrado, sobretodo cuando se utilizan agregados con superficies ásperas y/o deficiente granulometría ó cuando se trabaja con mezclas con bajos contenidos de cemento.

**Gráfica 4.6 Contenido de aire en las mezclas del concreto fresco**



La inclusión de aire en el concreto sin un adecuado control puede causar efectos negativos debido a que se reduce la resistencia a compresión del concreto endurecido. El ACI-302 *Construcción de losas y pisos de concreto*, establece de manera general que el contenido de aire puede limitarse a un 3 por ciento sin que se produzcan manifestaciones negativas, particularmente, cuando el concreto se utiliza para la construcción de pisos industriales con tratamientos monolíticos de superficie. Cantidades por arriba de 3 por ciento puede causar problemas de ampollamiento ó delaminación al atrapar agua en la estructura capilar debajo del recubrimiento.

En esta investigación, no se consideró la inclusión de aire en la mezclas, por lo tanto, solamente se determinó el contenido de aire atrapado. De acuerdo con los valores indicados en la gráfica 4.6, las mezclas CTC-154 y CTC-155 del grupo II, elaboradas con arenas volcánicas, atraparon mayor cantidad de aire en comparación con la mezcla CTC-153 elaborada únicamente con arena triturada de Cedros. De igual manera, en las mezclas del grupo III y IV se observa una clara tendencia de aumentar el contenido de aire atrapado a medida que se incrementó el porcentaje de arena volcánica de San Simón y de Villa de Álvarez respecto de la arena triturada de Cedros.

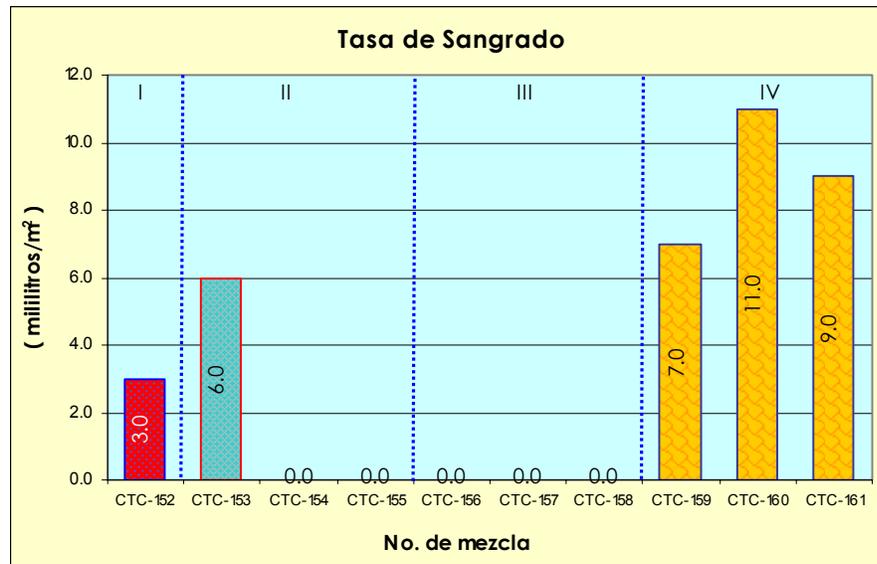
Con base en lo anterior, es fácil deducir que al incorporar arenas volcánicas en las mezclas de concreto, el porcentaje de aire atrapado se incrementa, posiblemente, debido a la estructura vesicular que presenta el material. No obstante, todos los valores reportados están por debajo del valor máximo recomendado por el ACI-302.

#### 4.1.5 Sangrado

El sangrado es la formación de una lámina de agua en la superficie del concreto recién colocado. Este efecto se produce por la sedimentación de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la migración del agua hacia

la superficie. Un poco de sangrado puede ser benéfico para el control de grietas por contracción plástica, pero también un exceso puede traducirse en una capa superficial débil con poca durabilidad, sobretodo al realizar el acabado de la superficie cuando aún existe agua de sangrado.

**Gráfica 4.7 Agua de sangrado del concreto fresco.**



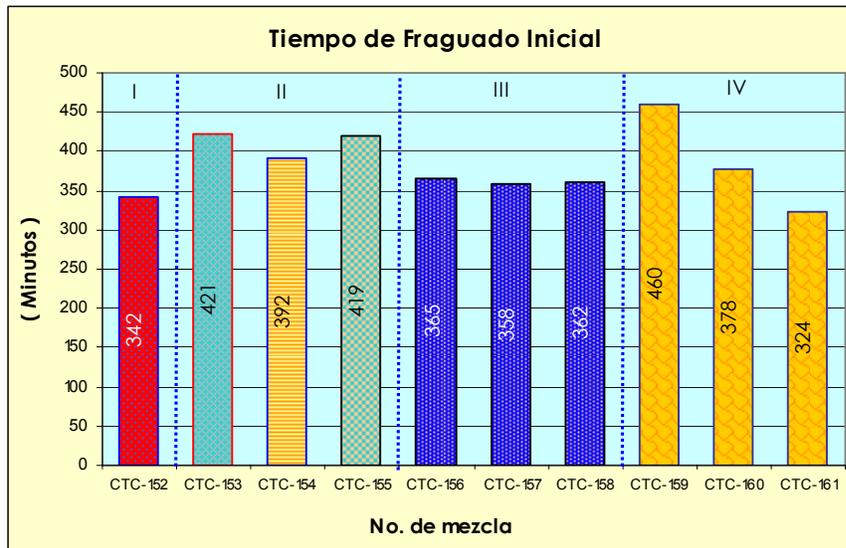
De acuerdo con los resultados mostrados en la gráfica 4.7, no es posible establecer una correspondencia directa entre la cantidad de sangrado de cada mezcla y la densidad del agrietamiento del concreto, ya que por ej. las mezclas del grupo IV que tuvieron mayor cantidad de sangrado, la densidad del agrietamiento es equiparable al nivel que presentó el grupo III que no tuvo sangrado.

#### 4.1.6 Tiempo de fraguado inicial

El tiempo de fraguado inicial determina el final de la etapa del concreto en estado fresco. Esta prueba nos permite conocer la velocidad en que reacciona el cemento al entrar en contacto con el agua. En ocasiones es necesario emplear determinados tipos de aditivos para modificar el tiempo de fraguado del concreto para un adecuado manejo para determinadas obras o condiciones ambientales de trabajo.

Para efecto de este estudio, solamente se consideró evaluar el tiempo de fraguado inicial, porque constituye el periodo más crítico para el desarrollo de las grietas por contracción plástica en el concreto.

**Gráfica 4.8 Tiempo de fraguado inicial del concreto**



No hay especificaciones que limiten el tiempo de fraguado inicial, particularmente para concretos destinados a la construcción de pavimentos y losas de concreto apoyadas sobre el terreno. El ACI-302, recomienda que cuando no se dispone de información sobre las propiedades de acabado para una mezcla de concreto, se deberá construir una losa de prueba para evaluar la trabajabilidad, facilidad de acabado, tiempo de fraguado, pérdida de revenimiento, dureza y apariencia del concreto propuesto.

En la tabla 4.8 podemos observar que los tiempos de fraguado inicial, estuvieron entre los 324 minutos (5:24 h) y 460 minutos (7:40 h). De acuerdo con observaciones de campo en la construcción de pavimentos y losas de concreto sobre el suelo, tiempos de fraguados iniciales como los que se obtuvieron en esta investigación, son suficientes para cubrir las etapas de colocación, compactación y terminado del elemento para condiciones ambientales normales; no obstante, para condiciones extremas resulta necesario ajustar los tiempos para un mejor desempeño y seguir las recomendaciones del ACI-302.

De acuerdo con la información obtenida, no es posible establecer cierta correspondencia entre los tiempos de fraguado y los niveles de agrietamientos de las losas, al menos en estas pruebas de laboratorio, ya que por ej. las mezclas CTC-153 y CTC-155, tuvieron prácticamente el mismo tiempo de fraguado, no obstante, la densidad del agrietamiento entre ambas, fueron totalmente distintas.

## **4.2 Análisis de resultados del concreto endurecido**

En la tabla 4.2 se consignan los resultados de la resistencia a la compresión ensayados a las edades de 1, 3, 7 y 28 días; el módulo de ruptura a las edades de 7 y 28 días; el módulo de elasticidad determinado a la edad de 28 días, la constante  $k$  y la relación entre el módulo de ruptura (MR) y la raíz cuadrada de  $f'c$  ( $MR/\sqrt{f'c}$ ).

Tabla 4.2 Resistencia a compresión, módulo de ruptura, módulo de elasticidad, constante k y relación MR/√f'c

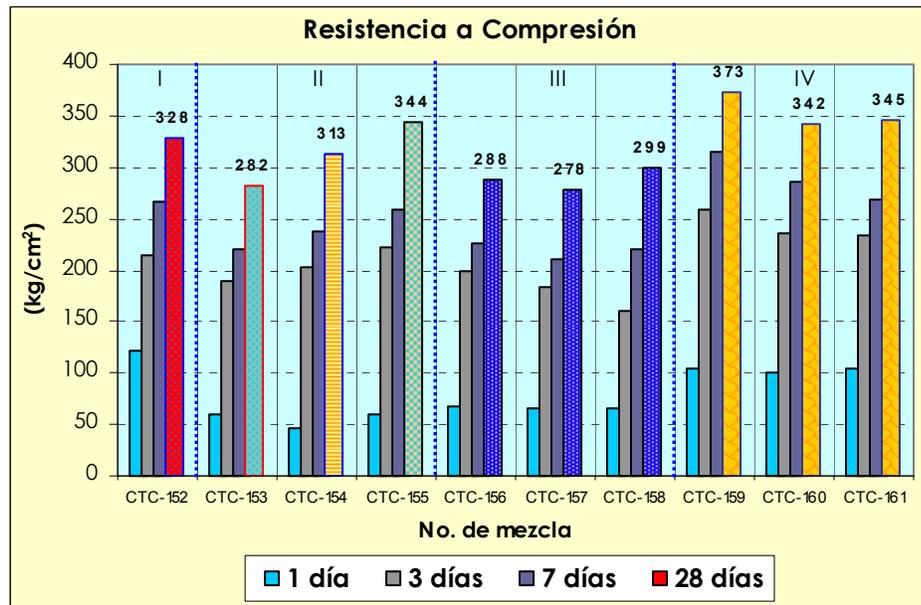
No. de mezcla	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				Mód. de Ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )		Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	Constante $K = \frac{E}{\sqrt{f'_c}}$	Relación $\frac{MR}{\sqrt{f'_c}}$
	Edad (días)				Edad (días)				
	1	3	7	28	7	28			
CTC-152	122	215	267	328	38	41	245,025	13,529	2.3
CTC-153	59	189	220	282	28	37	242,666	14,451	2.2
CTC-154	47	202	237	313	35	42	212,348	12,003	2.4
CTC-155	59	223	259	344	37	43	245,272	13,224	2.3
CTC-156	67	200	226	288	32	38	234,024	13,790	2.2
CTC-157	65	183	210	278	27	35	217,769	13,061	2.1
CTC-158	66	161	221	299	30	35	231,018	13,360	2.0
CTC-159	104	258	315	373	38	41	268,495	13,902	2.1
CTC-160	100	236	286	342	37	42	263,682	14,258	2.3
CTC-161	104	233	269	345	35	42	255,525	13,757	2.3

#### 4.2.1 Resistencia a compresión

La resistencia a la compresión del concreto la podemos entender como la medida máxima de la resistencia a carga axial y es la propiedad más universalmente conocida del concreto.

Dado que la resistencia está directamente relacionada con la relación agua/cemento, por lo tanto, debido a que se utilizaron diferentes arenas y combinaciones de las mismas, para un mismo consumo de cemento, el contenido de agua fue variable para obtener el mismo revenimiento inicial en cada una de las mezclas y, como consecuencia de ello, la relaciones agua cemento resultantes fueron diferentes.

Gráfica 4.9 Resistencia a compresión del concreto a 1, 3, 7 y 28 días



Un dato importante que podemos encontrar en la gráfica 4.9 es que las mezclas que mostraron un mejor desarrollo de resistencia fueron los del grupo IV, resultado de la combinación de la arena triturada de Cedros con la arena volcánica de

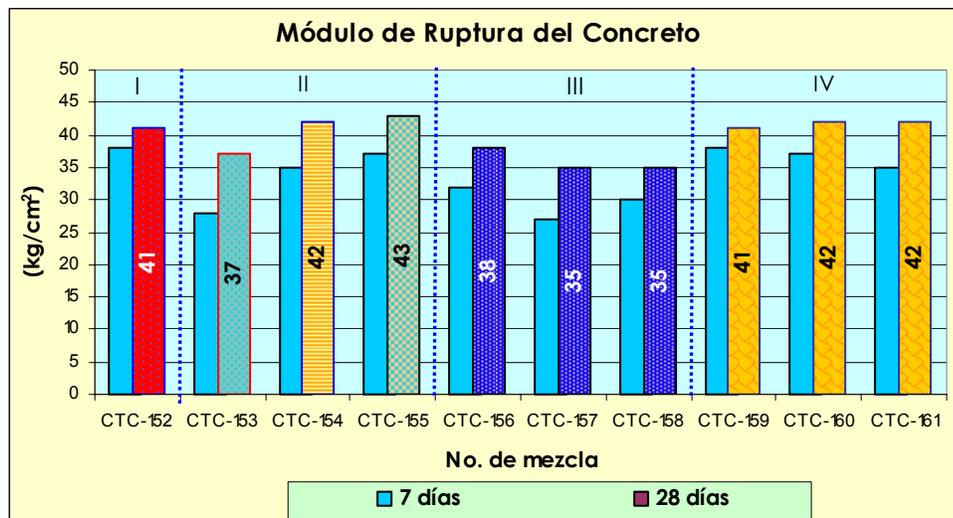
Villa de Álvarez, Colima, y las que desarrollaron menos resistencia fueron los del grupo III de la combinación de la arena triturada de Cedros con la volcánica de San Simón, aún cuando la demanda de agua de las mezclas de ambos grupos son muy similares. Entonces es posible deducir que determinados agregados ligeros pueden tener limitaciones en el desarrollo de la resistencia mecánica. También la mezcla CTC-153 elaborada solamente con arena de Cedros tiene desarrollo de resistencia semejante a las del grupo III debido al alto contenido de agua, tal como se observa en la gráfica 4.1. Las mezclas restantes CTC-152, CTC-154 y CTC-155, presentaron desarrollo de resistencias aceptables en comparación a las del grupo IV.

#### 4.2.2 Resistencia a la tensión por flexión o módulo de ruptura

Otra propiedad importante del concreto endurecido es la resistencia a la tensión por flexión ó módulo de ruptura y, es una característica fundamental valorada por los ingenieros estructuristas para realizar el diseño de pavimentos y losas apoyadas sobre el terreno. En la gráfica 4.10 se indican los valores del módulo de ruptura obtenidos de los ensayos realizados a los especímenes elaborados.

De acuerdo con los valores mostrados, hay una clara semejanza con los resultados de resistencia a compresión analizados en el inciso anterior, ya que las mezclas del grupo IV elaboradas con la combinación de la arena triturada de Cedros y volcánica de Villa de Álvarez son las que tuvieron módulos de ruptura promedio más altos y los más bajos corresponden al grupo III de la combinación de arena triturada de Cedros y volcánica de San Simón. La mezcla CTC-153 elaborada con arena de Cedros tiene valor limitado semejante a los del grupo III como resultado de la alta demanda de agua. Los resultados de las mezclas restantes CTC-152, CTC-154 y CTC-155, son prácticamente iguales a las del grupo IV.

**Gráfica 4.10 Resistencia a la tensión por flexión o módulo de ruptura a 7 y 28 días**



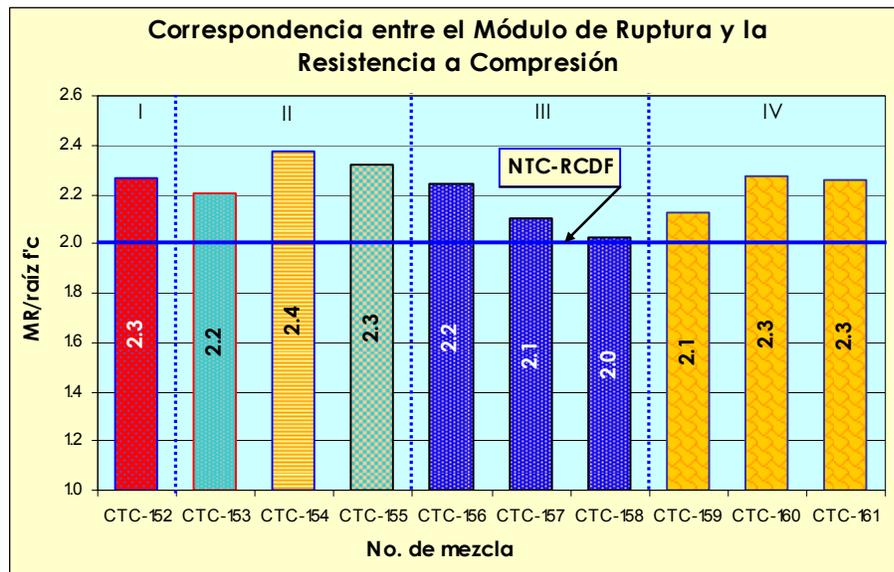
Por otro lado, en la práctica cotidiana, resulta mas fácil medir la resistencia a la compresión que la resistencia a la flexión, por lo tanto es de mucha utilidad

establecer cierta correspondencia entre ambas, para los mismos materiales y características de mezclas involucrados.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto en el Distrito Federal, contempla adoptar un valor de la resistencia a la tensión por flexión o módulo de ruptura igual a  $2\sqrt{f'c}$  en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

En la gráfica 4.11 se tienen los valores de la relación entre el módulo de ruptura y la raíz cuadrada de  $f'c$ , calculados a partir de los resultados a 28 días. En la misma podemos verificar que se cumple con la ecuación propuesta por las Normas Técnicas Complementarias para todo el conjunto de valores.

**Gráfica 4.11 Correspondencia entre la resistencia a la tensión por flexión o módulo de ruptura y la resistencia a compresión ( $Mr/\sqrt{f'c}$ ).**



#### 4.2.3 Módulo de Elasticidad

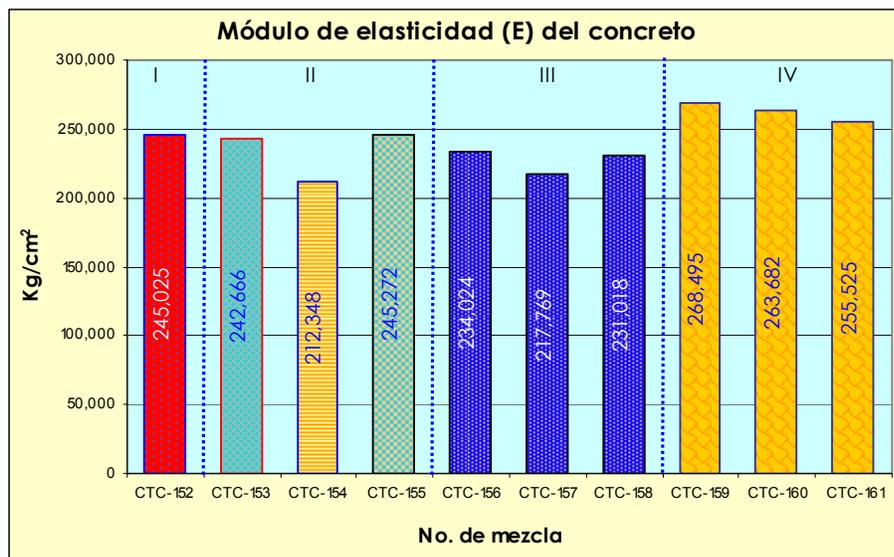
El módulo de elasticidad  $E$  del concreto, se puede definir como la relación entre el esfuerzo normal a una deformación correspondiente para el esfuerzo de tensión o compresión por debajo del límite de proporcionalidad del material.

La relación entre la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad es específica para determinados materiales utilizados para la elaboración del concreto, por lo que es necesario realizar pruebas de laboratorio para determinados materiales seleccionados para ciertos proyectos.

Tomando como base las indicaciones de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto en el Distrito Federal, en donde se establece que cuando se elabore concreto estructural de clase 1 con agregado grueso basáltico, el módulo de elasticidad  $E$  del concreto debe considerarse igual o mayor a  $11,000\sqrt{f'c}$  en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

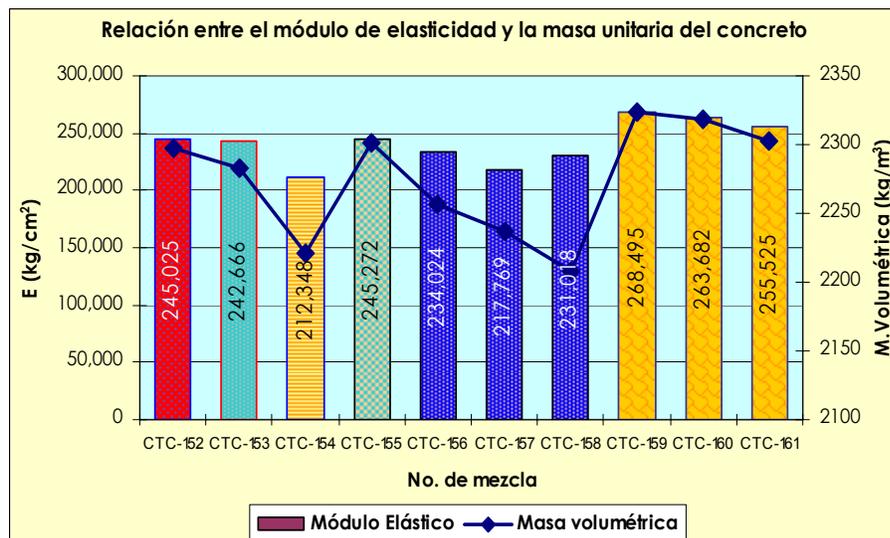
Si consideramos una resistencia de proyecto,  $f'_c$ , de  $250 \text{ kg/cm}^2$ , el valor de  $E$  mínimo requerido, de acuerdo a la normativa referida, sería de  $173,925 \text{ kg/cm}^2$ . Dado que los valores de resistencia a la compresión obtenidos, cumplen muy bien para la  $f'_c$  supuesta, entonces podemos concluir que todas las mezclas elaboradas satisfacen ampliamente con los requisitos de módulo de elasticidad que establece la norma para concreto estructural de clase 1, tal como podemos observar en la gráfica 4.12.

**Gráfica 4.12 Módulo de Elasticidad (E) del concreto obtenido a los 28 días**



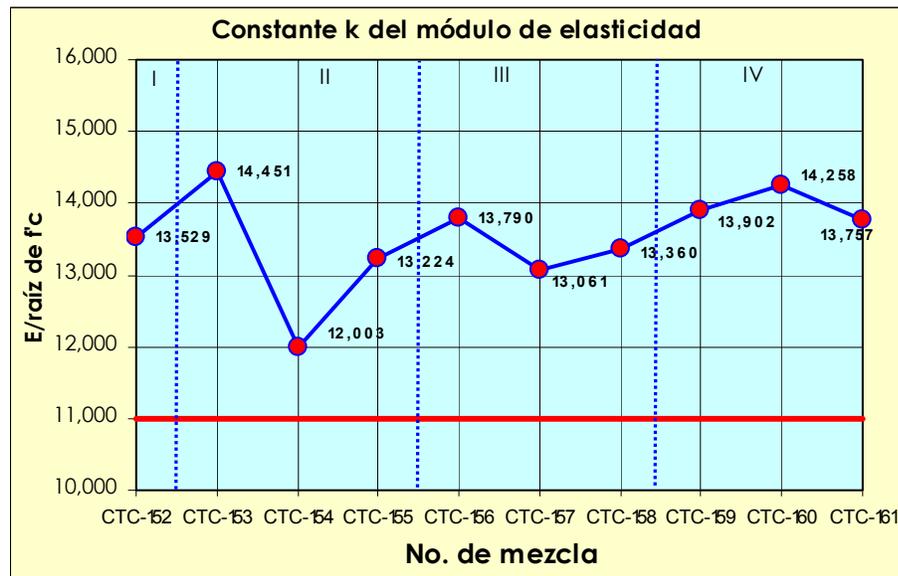
El Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural (ACI-318-02) indica que el módulo de elasticidad  $E$  está en relación directa con la masa volumétrica o masa unitaria del concreto. En la gráfica 4.13 presentamos la relación que encontramos entre la masa volumétrica y el módulo de elasticidad de cada una de las mezclas, en donde podemos verificar que existe clara tendencia de obtener valores más altos del módulo de elasticidad a medida que se incrementa la masa volumétrica del concreto.

**Gráfica 4.13 Relación entre el módulo de elasticidad y la masa volumétrica**



Por otro lado, si calculamos la constante  $k$  como el cociente del módulo de elasticidad entre la raíz cuadrada de la resistencia a compresión, de acuerdo con las Norma Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto en el Distrito federal, entonces encontramos que los valores de  $k$  fluctuaron entre los 12,006 y los 14,451, tal como puede verse en la gráfica 4.14. Esto significa que, los concretos elaborados con los materiales descritos, pueden utilizarse para satisfacer requerimientos estrictos para el cálculo y diseño de estructuras sismo-resistentes.

**Gráfica 4.14 Constante  $k$  del módulo de elasticidad del concreto**



#### 4.2.4 Densidad de agrietamiento

El análisis de la densidad del agrietamiento de cada una de las mezclas estudiadas, constituye la parte fundamental de esta investigación. Tal como lo hemos manifestado en la parte introductoria, el gran reto consiste en encontrar una propuesta debidamente sustentada que contribuya, en primer lugar, a eliminar o al menos reducir los niveles de agrietamientos debidos por contracción plástica y, en segundo lugar, verificar si con los materiales que hemos seleccionado, pueden emplearse para la elaboración de concretos de baja contracción (< 450 millonésimas) que pudieran ser utilizados para la construcción de pisos industriales con requerimientos específicos de contracción por secado.

El análisis e interpretación de la densidad del agrietamiento obtenido en cada una de las mezclas estudiadas mediante los modelos de losas diseñados para esta investigación, lo vamos a realizar en dos partes: En el primer análisis vamos a considerar la densidad de agrietamiento total del concreto; es decir, no se hará ninguna clasificación de las grietas en relación a la dimensión de su grosor o anchura. En un segundo análisis vamos a establecer una clasificación, separando las grietas que tuvieron un ancho  $\geq 0.3$  mm. La intención de esta clasificación es establecer una diferenciación entre las grietas que tienen solamente un efecto visual desagradable y las que puedan influir en la durabilidad del concreto en

determinadas estructuras. En la tabla 4.3 se tienen los resultados de la densidad del agrietamiento para las dos clasificaciones descritas.

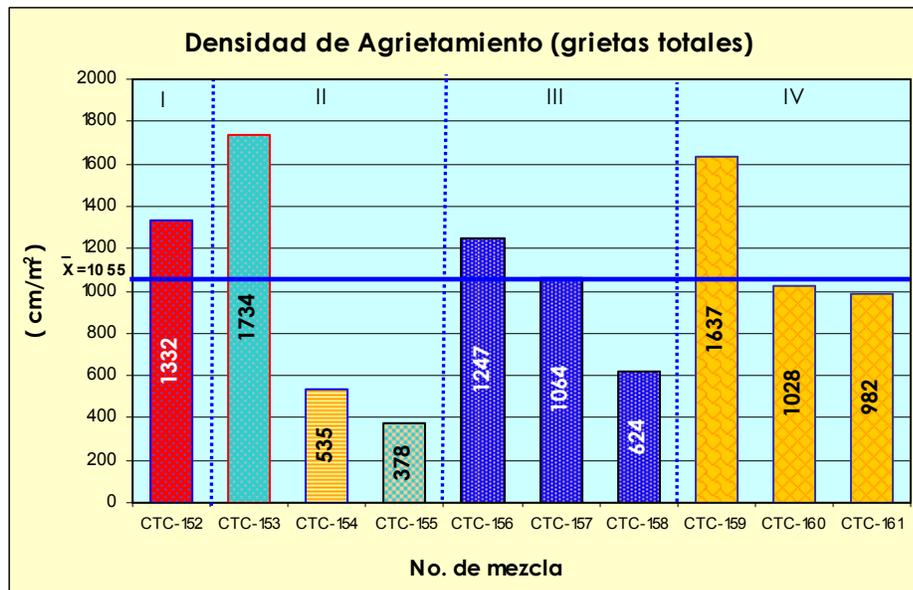
**Tabla 4.3 Densidad de agrietamiento de las mezclas estudiadas**

No. de mezcla	Densidad de agrietamiento (cm/m <sup>2</sup> )	
	Densidad total de grietas	Densidad de grietas $\geq 0.3$ mm
CTC-152	1332	532
CTC-153	1734	254
CTC-154	535	0
CTC-155	378	0
CTC-156	1247	465
CTC-157	1064	306
CTC-158	624	0
CTC-159	1637	681
CTC-160	1028	60
CTC-161	982	18

#### 4.2.4.1 Densidad de agrietamiento total

En la gráfica 4.14 encontramos de manera global, la densidad total del agrietamiento que se desarrollaron en cada una de las losas estudiadas. El cálculo de la densidad se obtuvo al cuantificar la longitud total de las grietas y dividirlo entre el área de la losa.

**Gráfica 4.14 Densidad de agrietamiento total**



Parte de la preocupación de todo constructor es concluir una obra sin de grietas; sin embargo, esto no siempre es posible, porque siempre está latente su aparición en cualquier tipo de obra y en cualquier momento. Por otro lado, en la actualidad no existen normas o parámetros que definan valores límite a partir de

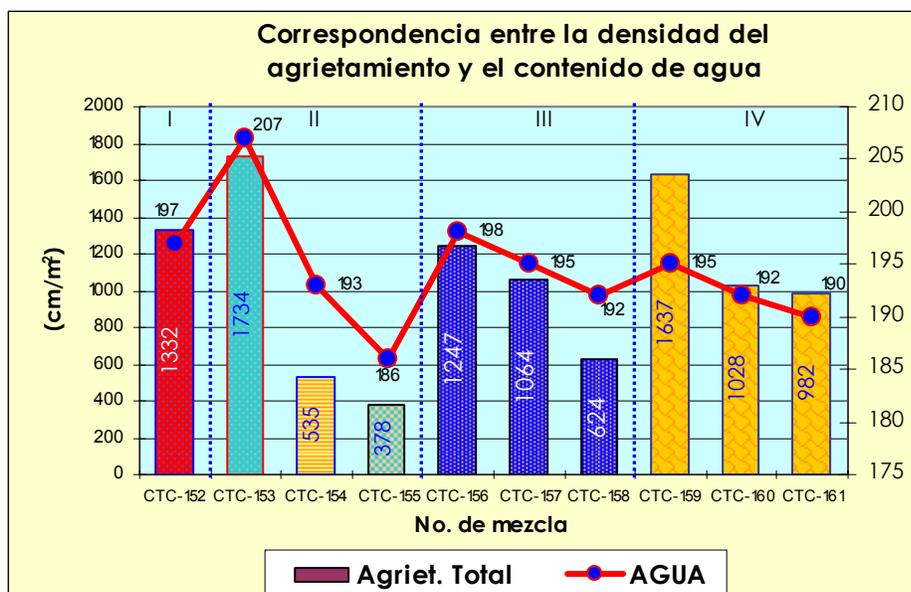
---

los cuales la densidad del agrietamiento, debido por contracción plástica o de secado, pueden ser aceptables u objetables en un determinado elemento en ausencia de cargas, entonces, para realizar la evaluación de los resultados obtenidos, tomaremos como punto de referencia la mezcla CTC-152 que representa a la mezcla de concreto que presentó los problemas reales de agrietamientos en la zona de Guadalajara.

Con base en lo anterior y a partir de los valores contenidos en la gráfica 4.14, tenemos las siguientes conclusiones básicas:

- En las mezclas del grupo II podemos resaltar claramente la influencia que las arenas volcánicas tienen sobre la reducción de los niveles de agrietamiento. En este grupo, la mezcla CTC-153, elaborada únicamente con arena triturada de Cedros, es la que tuvo la densidad de agrietamiento más alta de todo el conjunto, mientras que las mezclas CTC-154, CTC-155 elaboradas con arenas volcánicas de San Simón y Villa de Álvarez, respectivamente, fueron las que reportaron los más bajos niveles de agrietamiento.
- Las mezclas del grupo III, CTC-156, CTC-157 y CTC-158, corresponden a las combinaciones de la arena triturada de Cedros con la volcánica de San Simón, de acuerdo con los porcentajes indicados en la tabla 3.2. Los resultados mostrados en la gráfica 4.14 indican una clara tendencia que a medida que se incrementó el porcentaje de arena volcánica de San Simón, hubo una reducción importante en los niveles de agrietamiento.
- Las mezclas del grupo IV, CTC-159, CTC-160 y CTC-161, fueron combinaciones de la misma arena triturada de Cedros con la arena de Villa de Álvarez, de acuerdo con los porcentajes indicados en la tabla 3.2. Los resultados muestran que al incorporar 50% de arena de Villa de Álvarez se obtiene una reducción importante en el nivel de agrietamiento, respecto a la mezcla CTC-159 correspondiente al mismo grupo y, al incrementarla a 65%, no se consigue ningún beneficio significativo.
- La densidad o nivel de agrietamiento de la mezcla de referencia o testigo, CTC-152, se ubicó por arriba del promedio de todo el conjunto, por lo cual es posible considerarla como potencialmente riesgosa, desde el punto de vista del agrietamiento, para su utilización en la construcción de losas y pavimentos.
- De acuerdo con la gráfica 4.15, podemos observar la influencia del contenido o demanda de agua en las mezclas sobre la tendencia al agrietamiento por contracción plástica; es decir, que a medida que se incrementa el contenido de agua, el agrietamiento también tiende a incrementarse y viceversa.

**Gráfica 4.15 Correspondencia entre la densidad del agrietamiento y el contenido de agua en las mezclas.**



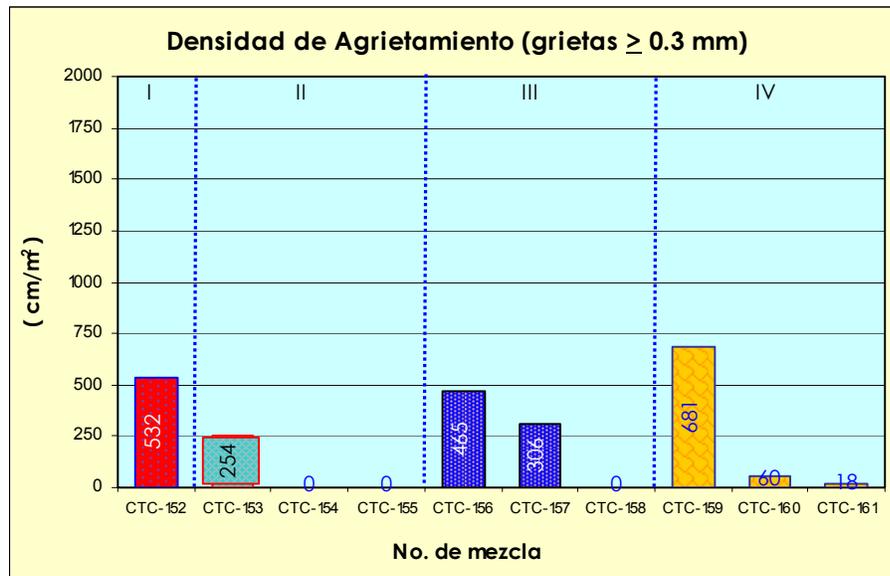
#### 4.2.4.2 Densidad de grietas con ancho $\geq 0.3$ mm

Ya hemos comentado acerca de la complejidad que implica realizar una evaluación de las grietas en determinada estructura y las consecuencias que puedan tener durante su vida útil. El reporte técnico No. 22 "Non-structural cracks in concrete" de la The Concrete Society, UK, sugiere que las grietas hasta de 0.3 mm de ancho, pueden considerarse como fisuras y en general son estéticamente aceptables. A partir de esta consideración se realizó una separación de las grietas que tuvieron un ancho mayor o igual a 0.3 mm.

De acuerdo con los valores mostrados en la gráfica 4.16, podemos realizar las siguientes conclusiones:

- Las mezclas CTC-154 y CTC-155 elaboradas con arena de San Simón y arena de Villa de Álvarez, respectivamente, así como la mezcla CTC-158 elaborada con 35 por ciento de arena triturada de Cedros y 65 por ciento arena de San Simón, no hubo grietas  $\geq$  a 0.3 mm.
- Las mezclas CTC-160 y CTC-161 elaboradas con arena triturada de Cedros y arena de Villa de Álvarez, con los porcentajes 50%/50% y 35%/65%, respectivamente, tuvieron valores muy reducidos de grietas  $\geq$  a 0.3 mm, de tal solo 60 y 18 cm por metro cuadrado, respectivamente.
- La información contenida en la gráfica 4.16 es de gran utilidad porque a partir de ella es posible pronosticar lo que pudiera suceder en la realidad. Es probable que las mezclas que presentaron solamente grietas < de 0.30 mm pueden considerarse como fisuras y que pudieran evitarse con mínimos cuidados después de los colados.

**Gráfica 4.16 Densidad de agrietamiento considerando ancho de grietas  $\geq$  0.3 mm.**



De nueva cuenta podemos concluir que las arenas volcánicas utilizadas ya sean solas o combinadas en porcentajes mínimos de 50% respecto al total de agregado fino en las mezclas de concreto, se puede lograr con bastante éxito minimizar o eliminar los agrietamientos  $\geq$  0.3 mm generados por contracción plástica.

Cabe reiterar que todas las losas fueron sometidos al mismo proceso de exposición a corrientes de aire constante, alta temperatura, baja humedad relativa y lo más importante sin ningún tipo de curado o protección que evitara la pérdida de agua en la superficie de las losas durante las 48 horas posteriores al colado, con la finalidad de provocar intencionalmente la formación de la mayor cantidad posible de grietas.

#### 4.2.5 Contracción por secado

La contracción por secado del concreto es una de las propiedades más valoradas cuando se trata de diseño y construcción de pavimentos ó pisos industriales, debido a su influencia potencial en el agrietamiento y alabeo a largo plazo.

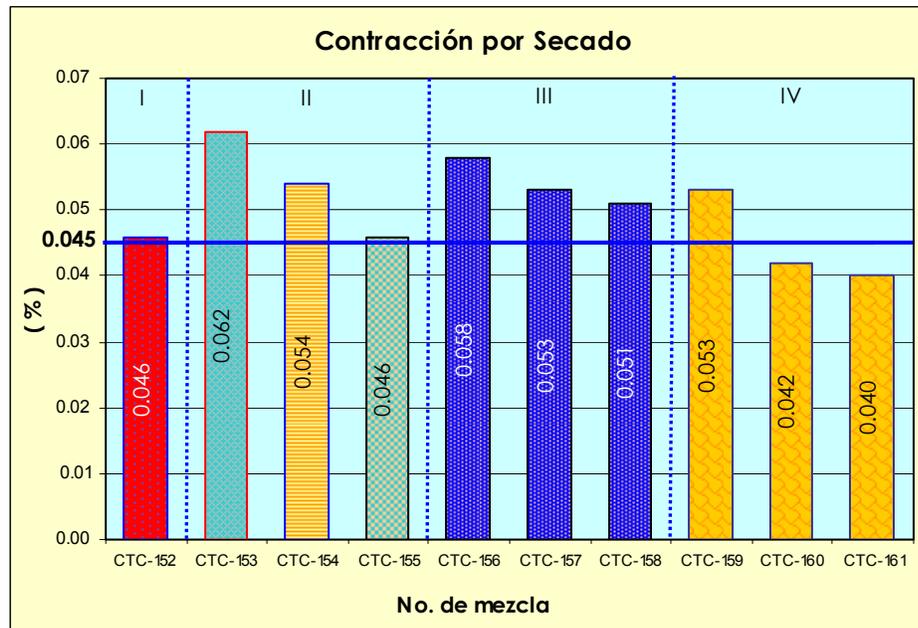
En la tabla 4.4 se muestran los valores de la contracción por secado en porcentaje y en millonésimas de cada mezcla estudiada, determinada a los 56 días de edad (28 días de curado húmedo y 28 días de secado) de acuerdo con la norma NMX-C-173-1990.

**Tabla 4.4 Resultados de la contracción por secado de las mezclas**

No. de mezcla	Contracción por secado	
	(%)	millonésimas ( $1 \times 10^{-6}$ )
CTC-152	0.046	460
CTC-153	0.062	620
CTC-154	0.054	540
CTC-155	0.046	460
CTC-156	0.058	580
CTC-157	0.053	530
CTC-158	0.051	510
CTC-159	0.053	530
CTC-160	0.042	420
CTC-161	0.040	400

Actualmente se considera que un concreto es de baja contracción si la contracción por secado a los 56 días de edad, medido de acuerdo con la norma NMX-C-173-1990, es  $\leq 0.045\%$  (450 millonésimas). De acuerdo con este criterio, las mezclas CTC-160 y CTC-161 del grupo IV, indicados en la gráfica 4.17, pueden considerarse como concretos de baja contracción y pueden ser utilizados para la construcción de pisos industriales con requerimientos específicos de contracción, además de que los resultados de resistencia a compresión, módulo de ruptura y módulo de elasticidad, fueron altamente favorables.

**Gráfica 4.17 Contracción por secado del concreto a la edad de 56 días**



Las Normas Técnicas Complementarias a que nos hemos referido, establece que para concreto clase 1, la contracción por secado final, puede suponerse igual a 0.001. Este valor corresponde a una variación de la longitud de 1000 millonésimas ó 0.001000 cm/cm ó lo que sería equivalente a 10 mm en una longitud de 10 m.

Con base a lo anterior y de los resultados mostrados en la gráfica 4.17, podemos concluir que todas las mezclas ensayadas satisfacen ampliamente con los requerimientos de contracción especificados en la norma referida.

### 4.3 Análisis del costo de las mezclas

Ya hemos comentado brevemente al inicio de este capítulo que, al desempeño del producto casi siempre va asociado el costo del mismo, por lo cual y para completar el estudio es necesario realizar un análisis del costo por metro cúbico de cada una de las mezclas elaboradas en esta investigación. En la tabla 4.5 se encuentra todo el proceso realizado para obtener los costos.

Es necesario aclarar que para el cálculo solamente se consideraron los componentes que intervinieron en su elaboración (cemento, agregados, agua y aditivo); es decir, no se están considerando los costos fijos ni la utilidad, que afectan de manera importante en el costo final del producto.

Tabla 4.5 Determinación del costo de las mezclas

Datos y costos de la materia prima								
Mina	Grava 1	Arena 1	Arena 2	Arena 3	Cemento	Agua	Aditivo 1	Aditivo 2
Cedros, Jal.	Cedros, Jal.	Cedros, Jal.	San Simón	V. Alvarez, Col.	APASCO	De la red	Eucomex	Eucomex
Triturada	Triturada	Volcánica	Volcánica	CPC 40	Pozo	MR-370	MR-400	
Característica	20 mm	05 mm	05 mm	05 mm	Tecomán	Potable	Plastificante	Plastificante
Masa Volumétrica (kg/m3)	1420	1427	1224	1632	1300	1000	N.A.	N.A.
Unidad	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	†	m <sup>3</sup>	litro	litro
Costo del Material	102.75	102.75	60.00	50.00	1111.00	40.00	11.12	17.85
Flete	29.07	29.07	110.00	105.57	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo Total	131.82	131.82	170.00	155.57	1111.00	40.00	11.12	17.85

Proporcionamiento de las mezclas por metro cúbico								
No. de Mezcla	Grava 1	Arena 1	Arena 2	Arena 3	Cemento	Agua	Aditivo 1	Aditivo 2
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	litro	litro
CTC-152	885	293	0	683	270	192	1.89	0.00
CTC-153	901	935	0	0	270	207	0.00	1.35
CTC-154	947	0	818	0	270	193	0.00	1.35
CTC-155	855	0	0	1029	270	186	0.00	1.35
CTC-156	932	569	306	0	270	198	0.00	1.35
CTC-157	939	427	428	0	270	195	0.00	1.35
CTC-158	942	291	540	0	270	192	0.00	1.35
CTC-159	907	622	0	334	270	196	0.00	1.35
CTC-160	900	483	0	483	270	192	0.00	1.35
CTC-161	887	339	0	631	270	190	0.00	1.35

Costo individual de la materia prima por metro cúbico								
No. de Mezcla	Grava 1	Arena 1	Arena 2	Arena 3	Cemento	Agua	Aditivo 1	Aditivo 2
CTC-152	82.16	27.07	0.00	65.11	299.97	7.68	21.02	0.00
CTC-153	83.64	86.37	0.00	0.00	299.97	8.28	0.00	24.10
CTC-154	87.91	0.00	113.61	0.00	299.97	7.72	0.00	24.10
CTC-155	79.37	0.00	0.00	98.09	299.97	7.44	0.00	24.10
CTC-156	86.52	52.56	42.50	0.00	299.97	7.92	0.00	24.10
CTC-157	87.17	39.44	59.44	0.00	299.97	7.80	0.00	24.10
CTC-158	87.45	26.88	75.00	0.00	299.97	7.68	0.00	24.10
CTC-159	84.20	57.46	0.00	31.84	299.97	7.84	0.00	24.10
CTC-160	83.55	44.62	0.00	46.04	299.97	7.68	0.00	24.10
CTC-161	82.34	31.32	0.00	60.15	299.97	7.60	0.00	24.10

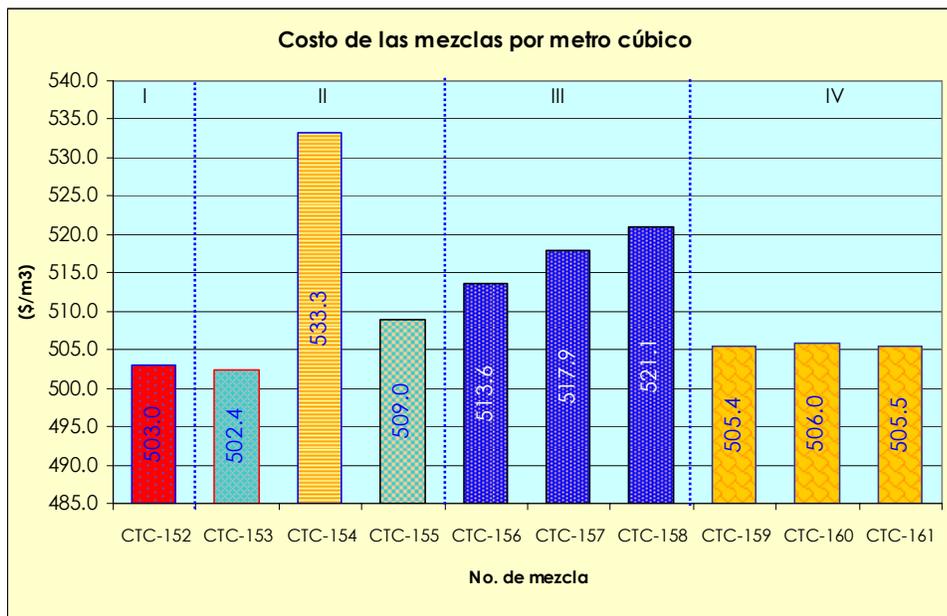
Análisis del Precio por metro cúbico				
No. de Mezcla	Costo Total (\$/m <sup>3</sup> )	Costos Fijos (\$/m <sup>3</sup> )	Costo Total+costos fijos (\$/m <sup>3</sup> )	Variación respecto a la mezcla de referencia (%)
CTC-152	503.00	0.00	503.00	100.00
CTC-153	502.36	0.00	502.36	99.87
CTC-154	533.31	0.00	533.31	106.03
CTC-155	508.97	0.00	508.97	101.19
CTC-156	513.57	0.00	513.57	102.10
CTC-157	517.92	0.00	517.92	102.97
CTC-158	521.08	0.00	521.08	103.59
CTC-159	505.40	0.00	505.40	100.48
CTC-160	505.95	0.00	505.95	100.59
CTC-161	505.47	0.00	505.47	100.49

En la gráfica 4.18, podemos ver la variación de los costos de cada una de las mezclas en relación con el costo de la mezcla testigo o de referencia, para lo cual hacemos los siguientes comentarios:

La mezcla más cara de todo el conjunto de mezclas es la CTC-154, elaborada únicamente con arena volcánica de San Simón, y cuesta \$ 30.31 más que la mezcla de referencia CTC-152. Desde este punto de vista, su utilización puede resultar inviable, aunque su desempeño técnico es favorable, a menos que se requiera satisfacer requerimientos específicos de reducción y/o eliminación de grietas por contracción plástica.

La mezcla más económica, también de todo el conjunto de mezclas es la CTC-153, elaborada solamente con arena tritura de Cedros, Jal., y cuesta \$ 0.64 menos que la mezcla de referencia (para fines prácticos, cuesta lo mismo). Sin embargo, también resulta inviable su utilización, debido a su limitado desempeño técnico (alta demanda de agua, baja resistencia, alta contracción y sobretodo alto nivel de agrietamiento).

**Gráfica 4.18 Costo de las mezclas por metro cúbico**



#### 4.4 Análisis y selección de las mezclas con mejor desempeño técnico y económico.

Hemos analizado los resultados de cada una de las mezclas por separado y resultaría difícil hacer una selección de por lo menos tres mezclas que pudieran ser viables utilizarlas, desde el punto de vista técnico y económico, para la producción del concreto que se destina para la construcción de pavimentos y losas en la zona de Guadalajara.

Por lo tanto, para poder realizar la evaluación final con la mayor objetividad posible, hemos diseñado la tabla 4.6, como una especie de matriz, que nos ayudará a elegir las tres mezclas más viables que pudieran emplearse para la elaboración del concreto. Dicha tabla se diseñó de acuerdo a los siguientes criterios:

- Se tomaron en cuenta los resultados del concreto endurecido: Resistencia a compresión ( $f'c$ ), módulo de ruptura ( $Mr$ ), módulo de elasticidad ( $E$ ), densidad del agrietamiento total (Dagr. total), densidad del agrietamiento  $\geq$  a 0.30 mm (Dagr.  $\geq$  0.3 mm), contracción por secado ( $cxs$ ) y costo por metro cúbico (\$), de todas las mezclas, incluyendo la testigo o de referencia.
- Para cada una de las propiedades mencionadas, se realizó una pre-evaluación de todo el conjunto mezclas y de esta manera se seleccionaron las cinco primeras que tuvieron el mejor desempeño, desechando las cinco restantes. Por ej. para la resistencia a compresión, se consideró la resistencia a 28 días de todas las mezclas y se colocaron de mayor a menor desempeño y, la mezcla que tuvo la mayor resistencia se le colocó como la no. 1, a la que le sigue como la no. 2 y, así sucesivamente.
- Una vez completada la tabla, en la columna "mezcla con mejor desempeño" se indican las mezclas que se repitieron en el mayor número de veces. Cuando dos mezclas se repitieron en igual número de veces, se anotaron ambas.

**Tabla 4.6 Evaluación final de las mezclas estudiadas**

Lugar en desempeño	Propiedades Evaluados							Mezcla con mejor desempeño
	$f'c$	MR	E	Dagr. Total	Dagr. >0.3 mm	CxS	Costo	
1	CTC-159	CTC-155	CTC-159	CTC-155	CTC-154	CTC-161	CTC-153	CTC-159 y CTC-155
2	CTC-161	CTC-154	CTC-160	CTC-154	CTC-155	CTC-160	CTC-152	CTC-154 y CTC-160
3	CTC-155	CTC-160	CTC-161	CTC-158	CTC-158	CTC-152	CTC-159	CTC-158
4	CTC-160	CTC-161	CTC-155	CTC-161	CTC-161	CTC-155	CTC-161	CTC-161
5	CTC-152	CTC-152	CTC-152	CTC-160	CTC-160	CTC-158	CTC-160	CTC-152

De acuerdo con la tabla 4.6, las mezclas que tuvieron el mejor desempeño desde el punto de vista técnico y económico, fueron las CTC-159 y CTC-155, seguidos de las mezclas CTC-154 y CTC-160.

Si revisamos nuevamente los resultados de las propiedades evaluadas en cada una de las mezclas, podemos constatar que las siguientes tres **mezclas: CTC-155 elaborada con arena de Villa de Álvarez, Col., y la CTC-159 y CTC-160 elaboradas con la arena triturada de Cedros y Villa de Álvarez, en las proporciones indicadas**, fueron las que tuvieron el mejor desempeño técnico y económico, respecto de todo el conjunto de mezclas estudiadas. La mezcla CTC-154, elaborada con la arena volcánica de San Simón, aunque se ubica dentro de los cuatro primeros lugares, resulta totalmente antieconómica ya que es la mezcla más costosa de todas, tal como se observa en la gráfica 4.18.

---

## Capítulo V. Aplicación práctica

Es deseable que esta investigación realizada al nivel de laboratorio, concluya con una aplicación real para poder conocer su verdadero beneficio y contribuir a resolver problemas de agrietamientos que puedan tener un efecto visual desagradable o puedan poner en riesgo la durabilidad de una estructura. El resultado de esta investigación tiene un campo enorme de aplicación en la construcción de pavimentos y losas apoyadas sobre el suelo.

Garantizar la calidad del concreto es la preocupación más frecuente del usuario final y generalmente la calidad la asocian con el revenimiento en estado fresco y con la resistencia a la compresión en estado endurecido. No obstante, en muchas aplicaciones actuales, la resistencia y demás propiedades básicas del concreto se dan por hecho y surge una nueva cualidad que debe tomarse en cuenta a la hora de elaborar las especificaciones y que puede consistir en establecer límites ó eliminar el agrietamiento durante la construcción. Actualmente, no existen normas o reglamentos que establezcan responsabilidades por parte del productor de concreto para considerar, desde la selección de los materiales y en el diseño de la mezcla, las condiciones necesarias para ayudar a reducir o eliminar el agrietamiento del concreto en estado plástico o endurecido, en ausencia de cargas, y generalmente es responsabilidad del constructor tomar en cuenta todas las recomendaciones para un buen manejo y cuidado del concreto para evitar o por lo menos reducir el agrietamiento, sobretodo en zonas con condiciones climáticas adversas para el concreto.

### 5.1 Experiencias recientes

Tal como ya lo hemos mencionado, el mayor potencial de agrietamiento ya sea por contracción plástica, por contracción por secado o una combinación de ambas, en ausencia de cargas, ocurre en elementos con grandes áreas expuestas, tales como pavimentos y losas de concreto.

En este capítulo vamos a evidenciar solamente dos casos en donde al incorporar arena volcánica con capacidad de absorción cercano al 5% como parte del agregado fino en las mezclas de concreto, se lograron resultados extraordinarios en la eliminación del agrietamiento por contracción plástica.

Es importante reiterar que la ventaja del agregado ligero reside precisamente en su capacidad de absorber agua que será utilizada en el momento en que el concreto empiece a perder humedad debido a la generación de calor por razones de la hidratación del cemento en combinación con el agua, por el

---

secado rápido de la superficie debido a las condiciones climáticas o demoras en el curado, etc. Por lo tanto, para aprovechar esta ventaja, es necesario establecer prácticas necesarias para mantener los agregados ligeros debidamente saturados previos a la elaboración del concreto. Esta saturación también contribuye a mantener la trabajabilidad del concreto por más tiempo, sobretodo cuando las distancias de recorrido de las revolvedoras son largas, ya que de otro modo los agregados ligeros absorberán parte del agua de mezclado durante el trayecto y generaría otro problema relacionado con la pérdida del revenimiento y de la trabajabilidad de la mezcla, lo cual complica de manera importante el manejo adecuado del concreto durante la colocación en la obra.

### **5. 1.1 Losas de cimentación y de entrepiso en viviendas de interés social.**

Debido a la enorme competencia en la construcción de viviendas de interés social, en muchas ocasiones, el constructor o desarrollador busca optimizar el empleo de materiales para recubrimientos de los pisos, y en este sentido, realizar un acabado pulido de la losa de cimentación o del entrepiso, contribuye al logro de sus objetivos.

Para que el constructor logre ese objetivo, es necesario evitar a toda costa el agrietamiento del concreto en las losas de cimentación o de entrepiso, sobretodo durante las primeras 4 a 6 horas después del colado, que es cuando generalmente se realiza el pulido final.

En este caso, se sabía que las grietas no tenían ningún efecto significativo sobre la integridad de la estructura, sino más bien era por razones estéticas, dar seguridad al usuario final y evitar cualquier reclamación posterior.

Otro aspecto importante era evitar realizar cualquier tipo de reparación de las losas con grietas debido a los altos costos que implica, además, de que no es posible hacer reparaciones impecables, ya que es muy difícil lograr igualar la apariencia de la superficie debido a los materiales que intervienen en los trabajos de reparación.

Este caso planteaba un reto interesante ya que se tenían factores que influían de manera negativa sobre los resultados esperados, de los cuales se mencionan a continuación:

**Condiciones ambientales adversas:** Los colados se realizaban generalmente entre las 12:00 y las 15:00 horas. En este intervalo de horario se manifiesta la máxima temperatura, de alrededor de los 32 °C, además de fuertes vientos, rayos solares y humedad relativa por debajo del 30 por ciento.

**Concreto altamente fluido:** Otro factor contrario es que la especificación contemplaba el uso de un concreto altamente fluido con revenimiento de 18 a 22 cm, con la finalidad de facilitar el bombeo, la colocación y el terminado de las losas. Ya hemos mencionado que para obtener un buen diseño de mezcla para elaborar concreto que se transporta y coloca por medio de bombeo,

---

implica utilizar una mayor cantidad de finos y esto, a su vez, se traduce en una mayor demanda de pasta (agua+cemento), lo que contribuye a empeorar el problema del agrietamiento.

**Obtener cero grietas sin ninguna protección ni curado:** Sin duda esta faceta fue la parte más complicada del caso, debido a que no se consideraba ninguna forma de protección y curado del elemento. En este sentido, era necesario proveer al concreto los medios necesarios para mantener cierta cantidad de humedad para realizar un autocurado, porque de otro modo el concreto se agrietaría.

Evidentemente, la solución consistió en diseñar la mezcla incorporando la arena volcánica, en una proporción cercana al 50 por ciento respecto a la cantidad total de agregado fino.

Los resultados fueron excelentes ya que contra todas las agravantes, el agrietamiento por contracción plástica desapareció totalmente de manera sorprendente, tal como se muestra en la foto 5.1.



**Foto 5.1: El agrietamiento por contracción plástica fue eliminado totalmente al utilizar arena volcánica en el diseño y elaboración de la mezcla de concreto para la construcción de viviendas de interés social.**

### **5.1.2 Losas de piso en la construcción de una nave Industrial**

En la generalidad de los casos, durante la construcción de naves industriales primeramente se construye toda la estructura y los pisos se construyen al final, y de esta manera, el concreto está protegido de las condiciones ambientales lo que se traduce en una reducción de los riesgos de agrietamiento del concreto debidos a la contracción plástica y por secado; sin embargo, esto no siempre es posible ya que existen otros sistemas constructivos que tienen ciertas ventajas para el constructor pero con desventajas en la construcción de los pisos, debido a que se realiza a cielo abierto o a la intemperie, y si se presentan condiciones ambientales adversas, además de las faltas de cuidado y protección suficiente,

existe un alto riesgo para que el concreto se agriete. Tal es el caso del sistema Tilt Up, donde primero se construyen los pisos y al final los muros y la cubierta.

La construcción de la nave industrial que mencionaremos fue construido con el sistema Tilt Up y se inició a finales de noviembre de 2006, y en el primer colado realizado, se tuvieron condiciones ambientales desfavorables, tales como: temperatura por debajo de los 12 °C, humedad relativa baja (< 30 por ciento), fuertes corrientes de aire, falta de protección, etc., que propiciaron el agrietamiento por contracción plástica del concreto colocado durante las primeras horas posteriores al colado, tal como se muestra en la foto 5.2 (a).



**Foto 5.2:** En la foto (a) se observan las grietas por contracción plástica generada por la falta de protección de las condiciones ambientales y, en la foto (b) se tiene una vista del piso, completamente sin grietas, después de rediseñar la mezcla incorporando arena volcánica.

La características especificadas del concreto utilizado eran favorables: resistencia de proyecto,  $f'c$ , de 280 kg/cm<sup>2</sup>, revenimiento de 10 cm y sobretodo se permitió el empleo de agregado grueso de tamaño máximo nominal de 40 mm (1 ½") y con límites en la contracción por secado del concreto endurecido (< 450 millonésimas) para lograr mayor durabilidad, por el tránsito de los montacargas, durante su vida útil y, aún así, no fue suficiente para resistir los embates del medio ambiente y la deficiente falta de cuidados, lo que provocó un alto nivel de agrietamiento.

De nueva cuenta, la solución fue bastante sencilla después de conocer el desempeño del concreto descrito en el caso anterior. Se decidió incorporar solamente un 30 por ciento de arena volcánica con capacidad de absorción cercano al 5 por ciento, respecto al total de agregado fino. Esta limitación del 30 por ciento como máximo, fue para no afectar la contracción por secado del concreto endurecido durante los siguientes 56 días posteriores al colado. Hay que destacar que, para lograr que el concreto tuviera baja contracción, en el diseño original de la mezcla se consideró emplear solamente arena de río, limpia, densa y bien graduada, para minimizar el contenido de agua.

Esta solución contribuyó a que el constructor no tuviera ninguna necesidad de modificar su sistema constructivo y concluir la obra en el tiempo programado.

---

## Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

El objetivo principal planteado en la parte introductoria del presente trabajo era concluir con una propuesta debidamente sustentada a partir del desarrollo de proporcionamientos de mezclas con capacidades de retención suficiente de humedad para propiciar un curado interno o autocurado del concreto recién colado y, evitar o al menos reducir el agrietamiento por contracción plástica, dado que fue la causa de alrededor del 75 por ciento de los problemas de agrietamientos que se presentaron en la zona de Guadalajara, durante el 2005 y parte del 2006.

Por lo tanto, al finalizar la presente investigación, estamos en posibilidad de establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

### **Conclusiones:**

1. Si es factible reducir y en algunos casos eliminar totalmente el agrietamiento por contracción plástica mediante la incorporación de arena volcánica en porcentajes del 30 al 50 por ciento, respecto a la cantidad total de agregado fino en las mezclas de concreto. Por lo tanto, podemos confirmar que al incorporar este tipo de agregado fino ligero, debidamente saturado, dentro de la mezcla de concreto, ayuda a conservar determinada reserva de agua en el interior del concreto, que será utilizada para reponer el agua que se consume debido a la hidratación del cemento y a la pérdida de humedad debido a condiciones climatológicas.
2. Esta práctica es más conveniente aplicarla en zonas o regiones donde se presentan condiciones ambientales adversas para el concreto, tales como: temperaturas extremas, vientos de moderados a fuertes, baja humedad relativa o ambientes secos, rayos solares, etc.
3. Los resultados obtenidos durante la fase de la aplicación práctica fueron extraordinarios ya que se logró eliminar totalmente el agrietamiento por contracción plástica sin considerar ningún tipo de curado o protección del concreto después de concluir con el terminado de la superficie.
4. Un campo de aplicación atractivo de esta tecnología puede ser para la construcción de losas y pavimentos de concreto, donde se tienen grandes áreas expuestas a las condiciones ambientales.
5. Las propiedades mecánicas de las mezclas estudiadas, tales como; resistencia a compresión, módulo de ruptura, módulo de elasticidad y contracción por

---

secado, satisfacen adecuadamente con los requerimientos que establecen las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto para el Distrito Federal, por lo que la inclusión de arenas ligeras volcánicas, en las proporciones recomendadas, no afectan de manera significativa las propiedades del concreto endurecido.

6. De acuerdo con los resultados de la contracción por secado de las mezclas CTC-160 y CTC-161, es factible diseñar y elaborar concretos de baja contracción ( $cxs \leq 450$  millonésimas) empleando la combinación de las arenas triturada de Cedros y volcánica de Villa de Álvarez con agregado grueso de 20 mm (3/4"), de acuerdo a las proporciones indicadas en la tabla 3.2. Esta propiedad se puede mejorar considerablemente si se emplea grava de tamaño más grande como la de 40 mm (1 1/2") debido a la reducción de la demanda de pasta (agua+cemento).
7. Las tres mezclas con mejor desempeño técnico y económico de acuerdo a la evaluación global fueron: CTC-155 elaborada únicamente con arena volcánica de Villa de Álvarez; la CTC-159 elaborada con 65 % de arena triturada de Cedros y 35 % arena volcánica de Villa de Álvarez y la CTC-160 elaborada con las mismas arenas de la mezcla anterior, en la proporción 50 %-50 %, respectivamente.
8. La mezcla testigo o de referencia CTC-152 tiene prácticamente la misma composición que la mezcla CTC-161, excepto los tipos de aditivos que se utilizaron, y los resultados fueron muy diferentes, puesto que la mezcla CTC-161 tuvo mucho mejor desempeño. La razón de estas diferencias se debe a que para la mezcla CTC-161 se utilizó Eucon MR-400, formulado especialmente para ayudar a la solución del problema del agrietamiento, mientras que para la mezcla de referencia se utilizó el aditivo que se estaba utilizando de línea, Eucon MR-370.
9. Se sabe que en climas calurosos con humedad relativa por arriba del 80 por ciento, el agrietamiento por contracción plástica rara vez constituye un problema. Por lo tanto, esta investigación tendría poco o nula aplicación cuando se coloca concreto en zonas con este tipo de condiciones climáticas.

### **Recomendaciones:**

1. Para la construcción de pavimentos y losas apoyados sobre el terreno, es recomendable utilizar agregado grueso de mayor tamaño, 40 mm (1 1/2"), para la elaboración del concreto, debido a que demanda menor cantidad de pasta (agua+cemento) lo que contribuye a obtener mejores propiedades del concreto.
2. Para asegurar la retención de humedad en el interior de la masa del concreto, es necesario saturar los agregados ligeros previo a la dosificación y elaboración de la mezcla, para garantizar que el agua de mezclado no sea

---

absorbido por los agregados y se traduzca en problemas adicionales como la pérdida del revenimiento y la trabajabilidad del concreto.

3. Para obtener un buen resultado en la reducción del agrietamiento, es necesario incorporar alrededor del 50 al 65 por ciento de arena volcánica en las mezclas de concreto, respecto a la cantidad total del agregado fino. Sin embargo, si por alguna razón existen limitaciones para el uso de este tipo de arenas, un mínimo de 30 % respecto al total de arena en la mezcla, puede resultar altamente benéfico para reducir el agrietamiento por contracción plástica, sin afectar otras propiedades del concreto.
4. La utilización de aditivos reductores de agua o plastificantes, son necesarios para reducir el contenido de agua en las mezclas y obtener niveles adecuados de resistencia del concreto a costos razonables. A mayor cantidad de agua, se requiere mayor cantidad de cemento para mantener la misma relación agua/cemento.
5. Aunado a la utilización de agregados ligeros en las mezclas de concreto para la reducción del agrietamiento, es deseable procurar los cuidados mínimos necesarios del concreto durante las primeras horas posteriores al colado para incrementar o asegurar los beneficios de esta tecnología.
6. La reducción o eliminación del agrietamiento por contracción plástica mediante la aplicación de esta tecnología, no sustituye la formación del sistema de juntas para inducir el agrietamiento debido a la contracción por secado en la construcción de pavimentos o pisos industriales.

---

# **ANEXO A**

## **ANÁLISIS FÍSICO DE LOS AGREGADOS**

**Holcim Apasco**  
**Centro Tecnológico del Concreto**

Prof. Isidro Fabela N° 1517 Nte. Toluca, Edo. de México Tel. (722) 2 79 29 00

**REPORTE DE ANALISIS FISICO DE GRAVA DE 3/4"**

Normas de Referencia : NMX - C - 111, 30,170, 77, 73, 164, 166.

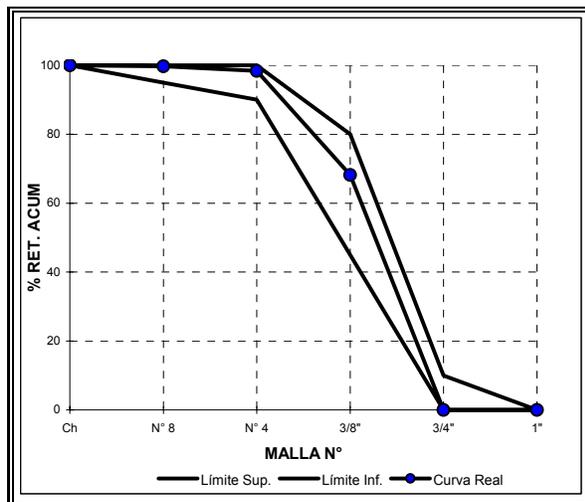
Cliente: <u>CTC</u>	Dirección: <u>Prolong. Isidro Fabela No. 1517</u>	Solicitud N°: <u>Interna</u>
Atención: <u>Albino Jiménez García</u>	Ciudad: <u>Toluca, Edo. de México</u>	Análisis N°: <u>-</u>
N° Cliente: _____	Teléfono: <u>(722) 279 29 00</u>	Fecha: <u>15-Jun.-2006</u>

**CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO**

Tipo de Agregado : <b>Grava Triturada</b>	T.M.A. <b>20 mm</b>	Clasificación Petrográfica : <b>Basalto</b>	Color : <b>Gris</b>	Mina o Banco : <b>Cedros, Jal.</b>
--	------------------------	--	------------------------	---------------------------------------

**DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**

Malla No.	Peso retenido (g)	Peso retenido individual (%)	Peso retenido acumulado (%)
2"	0.0	0.0	0.0
1 1/2"	0.0	0.0	0.0
1"	0.0	0.0	0.0
3/4"	0.0	0.0	0.0
1/2"	3751.0	44.1	44.1
3/8"	2044.0	24.0	68.2
N°4	2566.0	30.2	98.4
N°8	115.0	1.4	99.7
N°16	24.0	0.3	100.0
Charola	0.0	0.0	100.0
Suma:	8500	100.0	



**PROPIEDADES FÍSICAS**

DENSIDAD	=	2.542	g/cm <sup>3</sup>
ABSORCIÓN	=	2.36	%
PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO	=	1359	kg/m <sup>3</sup>
PESO VOLUMÉTRICO SECO Y COMPACTO	=	1482	kg/m <sup>3</sup>
PARTÍCULAS < MALLA N° 200 ( VÍA HÚMEDA )	=	0.00	%

**OBSERVACIONES**

--

Ensayó: Ramón García Uribe

Revisó Juan Andrade Sánchez

## Holcim Apasco

### Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela N° 1517 Nte. Toluca, Edo de México Tel. (72) 79 29 00

## REPORTE DE ANALISIS FISICO DE ARENA

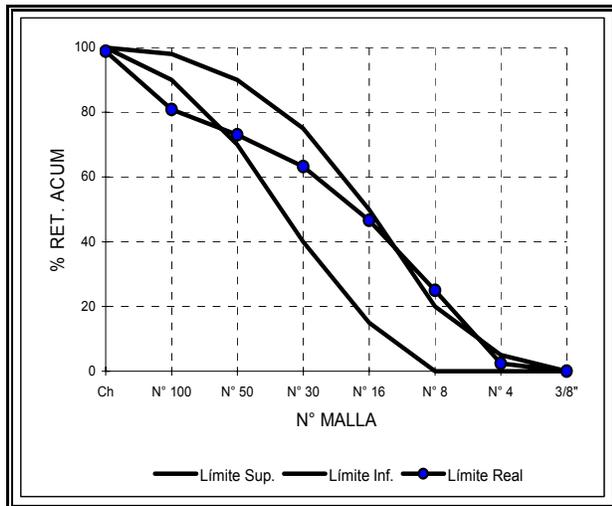
Normas de Referencia : NMX - C - 111,30,73,77,84,88,164,165,166,170

Cliente: <u>CTC</u>	Dirección: <u>Prolog. Isidro Fabela No. 1517</u>	Solicitud N° : <u>INTERNO</u>
Atención : <u>Albino Jiménez García</u>	Ciudad : <u>Toluca, Edo. de México</u>	Análisis N° : <u>-</u>
Teléfono : <u>-</u>		Fecha : <u>20-Jun.-2006</u>

### CARACTERISTICAS DEL AGREGADO

Tipo de Agregado <b>Arena Triturada</b>	Clasificación Petrográfica <b>Basáltica</b>	Color <b>Gris</b>	Mina o Banco <b>Cedros, Jal.</b>
--	--	----------------------	-------------------------------------

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA			
Malla No.	Peso retenido (g)	Peso retenido individual (%)	Peso retenido acumulado (%)
3/8"	10.9	0.0	0.0
N° 4	24.2	2.4	2.4
N° 8	225.9	22.6	25.0
N° 16	216.2	21.6	46.6
N°30	165.8	16.6	63.2
N° 50	98.3	9.8	73.0
N° 100	78.4	7.8	80.9
N° 200	52.7	5.3	86.2
Charola	127.6	12.8	98.9



PROPIEDADES FISICAS	
DENSIDAD	= 2.536 g/cm <sup>3</sup>
ABSORCION	= 3.47 %
PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO	= 1302 Kg/m <sup>3</sup>
PESO VOLUMETRICO SECO Y COMPACTO	= 1551 Kg/m <sup>3</sup>
MODULO DE FINURA	= 2.91 Adim.
PARTICULAS < MALLA N° 200 ( VIA HUMEDA )	= 12.76 %
CONTAMINACION MATERIA ORGANICA	= N/A Color

OBSERVACIONES

Ensayó: Ramón García

Revisó: Juan Andrade

## Holcim Apasco

### Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela N° 1517 Nte. Toluca, Edo de México Tel. (72) 79 29 00

## REPORTE DE ANALISIS FISICO DE ARENA

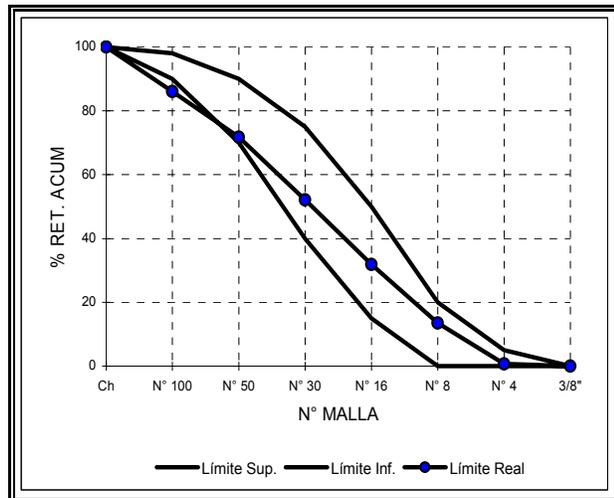
Normas de Referencia : NMX - C - 111,30,73,77,84,88,164,165,166,170

Cliente: <u>CTC</u>	Dirección: <u>Prolog. Isidro Fabela No. 1517</u>	Solicitud N° : <u>INTERNO</u>
Atención : <u>Albino Jiménez García</u>	Ciudad : <u>Toluca, Edo. de México</u>	Análisis N° : <u>-</u>
	Teléfono : <u>-</u>	Fecha : <u>19-Jun.-2006</u>

### CARACTERISTICAS DEL AGREGADO

Tipo de Agregado <b>Arena</b>	Clasificación Petrográfica <b>Volcánica</b>	Color <b>Negra</b>	Mina o Banco <b>San Simón, Mich.</b>
----------------------------------	--	-----------------------	---

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA			
Malla No.	Peso retenido (g)	Peso retenido individual (%)	Peso retenido acumulado (%)
3/8"	0.2	0.0	0.0
N° 4	7.0	0.7	0.7
N° 8	128.1	12.8	13.5
N° 16	183.2	18.3	31.8
N° 30	202.6	20.3	52.1
N° 50	196.7	19.7	71.8
N° 100	143.0	14.3	86.1
N° 200	69.4	6.9	93.0
Charola	69.8	7.0	100.0



PROPIEDADES FISICAS	
DENSIDAD	= 2.155 g/cm <sup>3</sup>
ABSORCION	= 4.84 %
PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO	= 1178 Kg/m <sup>3</sup>
PESO VOLUMETRICO SECO Y COMPACTO	= 1270 Kg/m <sup>3</sup>
MODULO DE FINURA	= 2.56 Adim.
PARTICULAS < MALLA N° 200 ( VIA HUMEDA )	= 6.98 %
CONTAMINACION MATERIA ORGANICA	= N/A Color

OBSERVACIONES

Ensayó: Ramón García

Revisó: Juan Andrade

## Holcim Apasco

Prol. Isidro Fabela N° 1517 Nte. Toluca, Edo de México Tel. (72) 79 29 00

### REPORTE DE ANALISIS FISICO DE ARENA

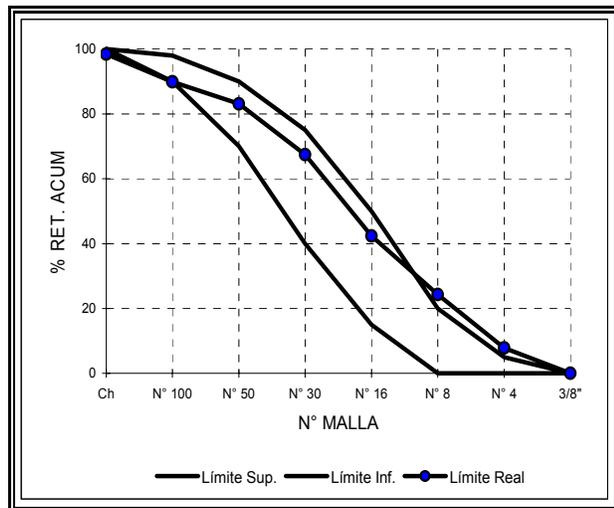
Normas de Referencia : NMX - C - 111,30,73,77,84,88,164,165,166,170

Cliente: <u>CTC</u>	Dirección: <u>Prolog. Isidro Fabela No. 1517</u>	Solicitud N° : <u>INTERNO</u>
Atención: <u>Albino Jiménez García</u>	Ciudad: <u>Toluca, Edo. de México</u>	Análisis N° : <u>-</u>
Teléfono: <u>-</u>		Fecha: <u>16-Jun.-2006</u>

#### CARACTERISTICAS DEL AGREGADO

Tipo de Agregado <b>Arena</b>	Clasificación Petrográfica <b>Volcánica</b>	Color <b>Negra</b>	Mina o Banco <b>Villa de Alvarez, Col.</b>
----------------------------------	--	-----------------------	---

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA			
Malla No.	Peso retenido (g)	Peso retenido individual (%)	Peso retenido acumulado (%)
3/8"	15.1	0.0	0.0
N° 4	78.1	7.8	7.8
N° 8	164.9	16.5	24.3
N° 16	181.0	18.1	42.4
N° 30	250.4	25.0	67.4
N° 50	156.4	15.6	83.1
N° 100	68.2	6.8	89.9
N° 200	48.6	4.9	94.8
Charola	37.3	3.7	98.5



PROPIEDADES FISICAS	
DENSIDAD	= 2.568 g/cm <sup>3</sup>
ABSORCION	= 2.55 %
PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO	= 1581 Kg/m <sup>3</sup>
PESO VOLUMETRICO SECO Y COMPACTO	= 1684 Kg/m <sup>3</sup>
MODULO DE FINURA	= 3.15 Adim.
PARTICULAS < MALLA N° 200 ( VIA HUMEDA )	= 3.72 %
CONTAMINACION MATERIA ORGANICA	= N/A Color

OBSERVACIONES

Ensayó: Ramón García

Revisó: Juan Andrade

---

# **ANEXO B**

## **DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-152**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **26 de Junio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:		<b>APASCO</b>			TIPO:	<b>CPC 40</b>	<b>TECOMÁN</b>	Pesp: <b>3.00</b>	
CENIZA		<b>N.A.</b>			TIPO:	<b>N.A.</b>			Pes: <b>N.A.</b>
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>1.80%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>3.47%</b>	<b>6.80%</b>	<b>1302</b>	<b>1851</b>	<b>2.91</b>
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>V. DE ÁLVAREZ, COL.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>	<b>2.57</b>	<b>2.55%</b>	<b>5.80%</b>	<b>1581</b>	<b>1884</b>	<b>3.15</b>
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO	<b>MR-370</b>		DOSIFICACIÓN	<b>7.00</b>	(cc/kg)
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)

DISEÑO INICIAL										
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0%	DISEÑO EN (S S S) *	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL	VOLUMENES ABSOLUTOS	DISEÑO CON HUMEDAD REAL	MEZCLA DE PRUEBA	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)			
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg y/o ml)	Grava 1:	100	%	P. Grava (%)
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 2:	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>47.6</b>
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>865</b>	<b>885</b>	<b>-4.96</b>	<b>349</b>	<b>880</b>	Grava 3:	<b>0</b>	<b>0</b>	
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 1:	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>52.4</b>
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 2:	<b>70</b>	<b>0</b>	
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>283</b>	<b>293</b>	<b>9.75</b>	<b>115</b>	<b>303</b>	M.F.(pond.):	<b>3.08</b>	<b>adim</b>	
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>666</b>	<b>683</b>	<b>22.20</b>	<b>266</b>	<b>705</b>	PXL(pond.):	<b>6.43</b>	<b>%</b>	
Agua:	<b>Potable</b>	<b>239</b>	<b>192</b>	<b>26.99</b>	<b>192</b>	<b>165</b>	P (grava)/P (arena):	<b>0.91 adim</b>		
Aditivo 1:	<b>MR-370</b>	<b>1.89</b>	<b>1.89</b>		<b>1.89</b>	<b>174</b>	Contenido de finos:	<b>464 kg/cm<sup>3</sup></b>		
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>	(Cto. *Pasa # 100 *aire <sup>re</sup> µ)			
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C (teórico):	<b>0.71 adim</b>		
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>				
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>				
AIRE	<b>2.0%</b>				<b>20.0</b>					
SUMA		<b>2325</b>	<b>2325</b>		<b>1013</b>	<b>2325</b>				

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO										
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL	CORRECCIONES A LA MEZCLA	DISEÑO CORR. CON H. REAL	DISEÑO CON H. A 0%	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO					
					Aspecto	Balanceda	Gravada	Arenosa	Trabajabilidad	Fácil
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>267</b>	<b>267</b>	Cohesión	Buena	Media	Regular	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>81.0</b>	<b>0</b>	<b>870</b>	<b>855</b>	Acabado	Fácil	Regular	Difficil	
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	Escaso	Medio	Alto	
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>27.8</b>	<b>0.00</b>	<b>299</b>	<b>280</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr	% f'c
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>64.9</b>	<b>0.00</b>	<b>697</b>	<b>659</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>27-Jun-06</b>	<b>122</b>	<b>49</b>
Agua:	<b>Potable</b>	<b>15.2</b>	<b>0.00</b>	<b>163</b>	<b>235</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>29-Jun-06</b>	<b>215</b>	<b>86</b>
Aditivo 1:	<b>MR-370</b>	<b>173.9</b>	<b>0.00</b>	<b>1.87</b>	<b>1.87</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>03-Jul-06</b>	<b>287</b>	<b>107</b>
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>24-Jul-06</b>	<b>328</b>	<b>131</b>
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>V1</b>	<b>7</b>	<b>03-Jul-06</b>	<b>38</b>	
AIRE	<b>2.0%</b>					<b>V2</b>	<b>28</b>	<b>24-Jul-06</b>	<b>41</b>	
SUMA		<b>213.89</b>	<b>0.00</b>	<b>2298</b>	<b>2298</b>					
Rev. Obt. (cm):	<b>1"=8 cm; 2"=14 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>23.7</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1042</b>		M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>245,025.0</b>
Agua Mezcla (l):	<b>0.000</b>	Temp. Con. (°C):	<b>29.4</b>	Factor (l/m3):	<b>141,249</b>	Factor:	<b>10.742</b>		CxS a 56 días (%):	<b>0.046</b>
Agua por m3 (l):	<b>0.0</b>	T.F.I. (min):	<b>342</b>	P. Bruto (kg):	<b>18,894</b>	Rel. A/C <sub>REAL</sub> :	<b>0.71</b>		D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>1332</b>
Aire (%):	<b>2.1</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m3):	<b>2296</b>	Hora de Mezcla:	<b>10:20</b>		Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>3.0</b>

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-153**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **29 de Junio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:		<b>APASCO</b>			TIPO:	<b>CPC 40</b>	<b>TECOMÁN</b>	Pesp: <b>3.00</b>	
CENIZA		<b>N.A.</b>			TIPO:	<b>N.A.</b>			Pes: <b>N.A.</b>
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>2.00%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>3.47%</b>	<b>5.20%</b>	<b>1302</b>	<b>1851</b>	<b>2.91</b>
Arena 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN	<b>5.00</b>	(cc/kg)
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)

DISEÑO INICIAL									
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0%	DISEÑO EN (S S S) *	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL	VOLUMENES ABSOLUTOS	DISEÑO CON HUMEDAD REAL	MEZCLA DE PRUEBA	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)		
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg y/o ml)	Grava 1:	<b>100</b>	%
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 2:	<b>0</b>	%
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>880</b>	<b>901</b>	<b>-3.24</b>	<b>355</b>	<b>898</b>	Grava 3:	<b>0</b>	%
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 1:	<b>100</b>	%
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 2:	<b>0</b>	%
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>904</b>	<b>935</b>	<b>16.18</b>	<b>368</b>	<b>952</b>	M.F. <sub>(pond.)</sub> :	<b>2.91</b>	adim
Arena 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	PXL <sub>(pond.)</sub> :	<b>12.76</b>	%
Agua:	<b>Potable</b>	<b>259</b>	<b>207</b>	<b>12.94</b>	<b>207</b>	<b>194</b>	P <sub>(grava)/P<sub>(arena)</sub></sub> :	<b>0.96</b> adim	
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>		<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	Contenido de finos:	<b>523</b> kg/cm <sup>3</sup>	
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<small>(Cto. +Pass # 100 +aire*<sub>pe</sub>)</small>		
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	Rel. A/C <sub>(teórico)</sub> :	<b>0.77</b> adim	
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>			
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>			
AIRE	<b>2.0%</b>				<b>20.0</b>				
SUMA		<b>2314</b>	<b>2314</b>		<b>1021</b>	<b>2314</b>	<b>212.92</b>		

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO									
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL	CORRECCIONES A LA MEZCLA	DISEÑO CORR. CON H. REAL	DISEÑO CON H. A 0%	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO				
					Aspecto	Balaceada	Gravuda	Arenosa	
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>266</b>	<b>266</b>	Trabajabilidad	Fácil	Regular	Regular
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>82.6</b>	<b>885</b>	<b>868</b>	<b>868</b>	Cohesión	Buena	Media	Regular
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Acabado	Fácil	Regular	Difícil
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	Escaso	Medio	Alto
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>87.5</b>	<b>939</b>	<b>892</b>	<b>892</b>	RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm <sup>2</sup> )			
Arena 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr
Agua:	<b>Potable</b>	<b>17.8</b>	<b>0.00</b>	<b>191</b>	<b>255</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>30-Jun-06</b>	<b>59</b>
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>124.2</b>	<b>1.33</b>	<b>1.33</b>	<b>1.33</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>02-Jul-06</b>	<b>189</b>
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>06-Jul-06</b>	<b>220</b>
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>27-Jul-06</b>	<b>282</b>
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>				<b>113</b>
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>				
AIRE	<b>2.0%</b>					V1	7	06-Jul-06	28
						V2	28	27-Jul-06	37
SUMA		<b>212.92</b>	<b>0.00</b>	<b>2283</b>	<b>2283</b>				
Rev. Obt. (cm):	<b>1*~8 cm; 2*~15 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>22.9</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1014</b>	M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>242,666.0</b>
Agua Mezcla (l):	<b>0.000</b>	Temp. Con. (°C):	<b>28.6</b>	Factor (l/m <sup>3</sup> ):	<b>141,249</b>	Factor:	<b>10.722</b>	CxS a 56 días (%):	<b>0.062</b>
Agua por m <sup>3</sup> (l):	<b>0.0</b>	T.F.L. (min):	<b>421</b>	P. Bruto (kg):	<b>18,590</b>	Rel. A/C <sub>(REAL)</sub> :	<b>0.77</b>	D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>1734</b>
Aire (%):	<b>1.5</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2283</b>	Hora de Mezcla:	<b>11:15</b>	Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>6.0</b>

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-154**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **29 de Junio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:		<b>APASCO</b>			TIPO:	<b>CPC 40</b>	<b>TECOMÁN</b>	Pesp: <b>3.00</b>	
CENIZA		<b>N.A.</b>			TIPO:	<b>N.A.</b>			Pes: <b>N.A.</b>
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>2.00%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Arena 1:	<b>NATURAL</b>	<b>SAN SIMÓN, MICH.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>	<b>2.16</b>	<b>4.84%</b>	<b>7.30%</b>	<b>1178</b>	<b>1270</b>	<b>2.56</b>
Arena 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO:	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN:	<b>5.00</b>	(cc/kg)
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO:			DOSIFICACIÓN:		(cc/kg)
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO:			DOSIFICACIÓN:		(cc/kg)
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO:			DOSIFICACIÓN:		(cc/kg)
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO:			DOSIFICACIÓN:		(cc/kg)

DISEÑO INICIAL									
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0%	DISEÑO EN (S S S) *	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL	VOLUMENES ABSOLUTOS	DISEÑO CON HUMEDAD REAL	MEZCLA DE PRUEBA	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)		
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg y/o ml)	Grava 1:	<b>100</b>	%
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 2:	<b>0</b>	%
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>925</b>	<b>947</b>	<b>-3.41</b>	<b>373</b>	<b>943</b>	Grava 3:	<b>0</b>	%
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 1:	<b>100</b>	%
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 2:	<b>0</b>	%
Arena 1:	<b>NATURAL</b>	<b>780</b>	<b>818</b>	<b>20.12</b>	<b>379</b>	<b>838</b>	M.F.(pond.):	<b>2.56</b>	adim
Arena 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	PXL(pond.):	<b>6.98</b>	%
Agua:	<b>Potable</b>	<b>253</b>	<b>193</b>	<b>16.71</b>	<b>193</b>	<b>177</b>	P (grava)/P (arena):	<b>1.16</b> adim	
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>		<b>1.35</b>	<b>124</b>	Contenido de finos:	<b>501</b> kg/cm <sup>3</sup>	
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>	(Cto. +Pass # 100 +aire µ)		
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C (teórico):	<b>0.72</b> adim	
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>			
AIRE	<b>2.0%</b>				<b>20.0</b>				
SUMA		<b>2229</b>	<b>2229</b>		<b>1036</b>	<b>2229</b>	<b>205.10</b>		

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO										
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL	CORRECCIONES A LA MEZCLA	DISEÑO CORR. CON H. REAL	DISEÑO CON H. A 0%	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO					
	(kg y/o ml)	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	Aspecto	Balaceada	Gravada	Arenosa		
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>269</b>	<b>269</b>	Trabajabilidad	<b>Fácil</b>	<b>Regular</b>	<b>Difficil</b>	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>86.8</b>	<b>0</b>	<b>940</b>	<b>921</b>	Cohesión	<b>Buena</b>	<b>Media</b>	<b>Regular</b>	
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Acabado	<b>Fácil</b>	<b>Regular</b>	<b>Difficil</b>	
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	<b>Escaso</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>	
Arena 1:	<b>NATURAL</b>	<b>77.1</b>	<b>0</b>	<b>835</b>	<b>778</b>	<b>RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
Arena 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr	% f'c
Agua:	<b>Potable</b>	<b>16.3</b>	<b>0.00</b>	<b>176</b>	<b>251</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>30-Jun-06</b>	<b>47</b>	<b>19</b>
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>124.2</b>	<b>0.00</b>	<b>1.34</b>	<b>1.34</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>02-Jul-06</b>	<b>202</b>	<b>81</b>
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>06-Jul-06</b>	<b>237</b>	<b>95</b>
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>27-Jul-06</b>	<b>313</b>	<b>125</b>
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
AIRE	<b>2.0%</b>					V1	<b>7</b>	<b>06-Jul-06</b>	<b>35</b>	
						V2	<b>28</b>	<b>27-Jul-06</b>	<b>42</b>	
SUMA		<b>205.10</b>	<b>0.00</b>	<b>2221</b>	<b>2221</b>					
Rev. Obt. (cm):	<b>1* = 0 cm; 2* = 15 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>23.9</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1004</b>	M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>212,348.0</b>	
Agua Mezcla (l):	<b>0.000</b>	Temp. Con. (°C):	<b>28.3</b>	Factor (l/m <sup>3</sup> ):	<b>141,249</b>	Factor:	<b>10.829</b>	CxS a 56 días (%):	<b>0.054</b>	
Agua por m <sup>3</sup> (l):	<b>0.0</b>	T.F.I. (min):	<b>392</b>	P. Bruto (kg):	<b>18,162</b>	Rel. A/C <sub>REAL</sub> :	<b>0.72</b>	D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>635</b>	
Aire (%):	<b>2.2</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2221</b>	Hora de Mezcla:	<b>12:20</b>	Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>0.0</b>	

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-155**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **29 de Junio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:	<b>APASCO</b>			TIPO:	<b>CPC 40 TECOMÁN</b>		Pesp:	<b>3.00</b>	
CENIZA	<b>N.A.</b>			TIPO:	<b>N.A.</b>		Pes:	<b>N.A.</b>	
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1: <b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>		<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>2.00%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2: ---	---	---		<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Grava 3: ---	---	---		<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Arena 1: <b>NATURAL</b>	<b>V. DE ÁLVAREZ, COL.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>		<b>2.57</b>	<b>2.55%</b>	<b>5.90%</b>	<b>1881</b>	<b>1894</b>	<b>3.15</b>
Arena 2: ---	---	---		<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>		CÓDIGO:	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN:	<b>5.00</b> (cc/kg)
ADITIVO 2:		TIPO:			CÓDIGO:			DOSIFICACIÓN:	(cc/kg)
ADITIVO 3:		TIPO:			CÓDIGO:			DOSIFICACIÓN:	(cc/kg)
ADITIVO 4:		TIPO:			CÓDIGO:			DOSIFICACIÓN:	(cc/kg)
ADITIVO 5:		TIPO:			CÓDIGO:			DOSIFICACIÓN:	(cc/kg)

DISEÑO INICIAL									
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0% (kg/m <sup>3</sup> )	DISEÑO EN (S S S) * (kg/m <sup>3</sup> )	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL (l/m <sup>3</sup> )	VOLUMENES ABSOLUTOS (l/m <sup>3</sup> )	DISEÑO CON HUMEDAD REAL (kg/m <sup>3</sup> )	MEZCLA DE PRUEBA (kg y/o ml)	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)		
Cemento: <b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>		<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 1: <b>100</b> %	<b>P. Grava (%)</b> <b>45.4</b>	
Grava 1: <b>20 mm</b>	<b>835</b>	<b>855</b>	<b>-3.08</b>	<b>336</b>	<b>852</b>	<b>78.35</b>	Grava 2: <b>0</b> %		
Grava 2: ---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	Grava 3: <b>0</b> %		
Grava 3: ---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	Arena 1: <b>100</b> %	<b>P. Arena (%)</b> <b>54.6</b>	
Arena 1: <b>NATURAL</b>	<b>1003</b>	<b>1029</b>	<b>34.46</b>	<b>400</b>	<b>1063</b>	<b>97.80</b>	M.F.(pond.): <b>3.15</b> adim		
Arena 2: ---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	PXL(pond.): <b>3.72</b> %		
Agua: <b>Potable</b>	<b>231</b>	<b>186</b>	<b>31.38</b>	<b>186</b>	<b>154</b>	<b>14.20</b>	P <sub>(grava)</sub> /P <sub>(arena)</sub> : <b>0.83</b> adim		
Aditivo 1: <b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>		<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>124</b>	Contenido de finos: <b>444</b> kg/cm <sup>3</sup> <small>(Cto. +Pass # 100 +aire<sup>pe</sup>)</small>		
Aditivo 2: <b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C <sub>(teórico)</sub> : <b>0.69</b> adim		
Aditivo 3: <b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 4: <b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 5: <b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
AIRE <b>2.0%</b>				<b>20.0</b>					
SUMA	<b>2340</b>	<b>2340</b>		<b>1014</b>	<b>2340</b>	<b>215.31</b>			

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO									
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL (kg y/o ml)	CORRECCIONES A LA MEZCLA (kg y/o l x m <sup>3</sup> )	DISEÑO CORR. CON H. REAL (kg y/o l x m <sup>3</sup> )	DISEÑO CON H. A 0% (kg y/o l x m <sup>3</sup> )	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO				
					Aspecto	Balaceada	Gravada	Arenosa	
					Trabajabilidad	Fácil	Regular	Difícil	
Cemento: <b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>265</b>	<b>265</b>	Cohesión	Buena	Media	Regular	
Grava 1: <b>20 mm</b>	<b>78.3</b>		<b>837</b>	<b>821</b>	Acabado	Fácil	Regular	Difícil	
Grava 2: ---	<b>0.0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	Escaso	Medio	Alto	
Grava 3: ---	<b>0.0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
Arena 1: <b>NATURAL</b>	<b>97.8</b>		<b>1045</b>	<b>987</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr	% f'c
Arena 2: ---	<b>0.0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>30-Jun-06</b>	<b>59</b>	<b>24</b>
Agua: <b>Potable</b>	<b>14.2</b>	<b>0.00</b>	<b>152</b>	<b>226</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>02-Jul-06</b>	<b>223</b>	<b>89</b>
Aditivo 1: <b>MR-400</b>	<b>124.2</b>		<b>1.33</b>	<b>1.33</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>06-Jul-06</b>	<b>259</b>	<b>104</b>
Aditivo 2: <b>0.00</b>	<b>0.0</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>27-Jul-06</b>	<b>344</b>	<b>138</b>
Aditivo 3: <b>0.00</b>	<b>0.0</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 4: <b>0.00</b>	<b>0.0</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 5: <b>0.00</b>	<b>0.0</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
AIRE <b>2.0%</b>					V1	7	06-Jul-06	37	
					V2	28	27-Jul-06	43	
SUMA	<b>215.31</b>	<b>0.00</b>	<b>2301</b>	<b>2301</b>					
Rev. Obt. (cm): <b>1"=8 cm; 2"=15 cm</b>	Temp. Amb. (°C): <b>23.8</b>	Tara (kg): <b>2.428</b>	Rendimiento (l): <b>1017</b>		M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ): <b>245,272.0</b>				
Agua Mezcla (l): <b>0.000</b>	Temp. Con. (°C): <b>29.2</b>	Factor (l/m <sup>3</sup> ): <b>141,249</b>	Factor: <b>10,688</b>		CxS a 56 días (%): <b>0.046</b>				
Agua por m <sup>3</sup> (l): <b>0.0</b>	T.F.I. (min): <b>419</b>	P. Bruto (kg): <b>18,720</b>	Rel. A/C <sub>REAL</sub> : <b>0.69</b>		D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ): <b>378</b>				
Aire (%): <b>2.5</b>	T.F.F. (min): <b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m <sup>3</sup> ): <b>2301</b>	Hora de Mezcla: <b>13:05</b>		Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ): <b>0.0</b>				

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-156**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **03 de Julio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:		<b>APASCO</b>			TIPO :	<b>CPC 40</b>	<b>TECOMÁN</b>	Pesp : <b>3.00</b>	
CENIZA		<b>N.A.</b>			TIPO :	<b>N.A.</b>			Pes : <b>N.A.</b>
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>2.20%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>3.47%</b>	<b>4.80%</b>	<b>1302</b>	<b>1851</b>	<b>2.91</b>
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>SAN SIMÓN, MICH.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>	<b>2.16</b>	<b>4.84%</b>	<b>6.50%</b>	<b>1478</b>	<b>1270</b>	<b>2.56</b>
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN	<b>5.00</b>	(cc/kg)
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)

DISEÑO INICIAL									
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0% (kg/m <sup>3</sup> )	DISEÑO EN (S S S) * (kg/m <sup>3</sup> )	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL (l/m <sup>3</sup> )	VOLUMENES ABSOLUTOS (l/m <sup>3</sup> )	DISEÑO CON HUMEDAD REAL (kg/m <sup>3</sup> )	MEZCLA DE PRUEBA (kg y/o ml)	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)		
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 1: <b>100</b> %	P. Grava (%)	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>911</b>	<b>932</b>	<b>-1.49</b>	<b>367</b>	<b>931</b>	Grava 2: <b>0</b> %	<b>51.6</b>	
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	Grava 3: <b>0</b> %		
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	Arena 1: <b>65</b> %		
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>550</b>	<b>569</b>	<b>7.57</b>	<b>224</b>	<b>577</b>	<b>53.05</b>	M.F.(pond.): <b>2.79</b> adim	<b>48.4</b>
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>292</b>	<b>306</b>	<b>5.08</b>	<b>142</b>	<b>311</b>	<b>28.63</b>	PXL(pond.): <b>10.74</b> %	
Agua:	<b>Potable</b>	<b>253</b>	<b>198</b>	<b>11.16</b>	<b>198</b>	<b>187</b>	<b>17.22</b>	P (grava)/P (arena): <b>1.07</b> adim	
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>124</b>	Contenido de finos: <b>510</b> kg/cm <sup>3</sup> (Cto. +Pass # 100 +aire* <sub>pe</sub> )		
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C (teórico): <b>0.73</b> adim		
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
AIRE	<b>2.0%</b>			<b>20.0</b>					
SUMA		<b>2277</b>	<b>2277</b>		<b>1023</b>	<b>2277</b>	<b>209.52</b>		

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO									
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL (kg y/o ml)	CORRECCIONES A LA MEZCLA (kg y/o l x m <sup>3</sup> )	DISEÑO CORR. CON H. REAL (kg y/o l x m <sup>3</sup> )	DISEÑO CON H. A 0% (kg y/o l x m <sup>3</sup> )	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO				
					Aspecto	Balaceada	Gravuda	Arenosa	
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>268</b>	<b>268</b>	Trabajabilidad	Fácil	Regular	Regular
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>85.7</b>	<b>923</b>	<b>903</b>	<b>903</b>	Cohesión	Buena	Media	Regular
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Acabado	Fácil	Regular	Difícil
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	Escaso	Medio	Alto
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>53.1</b>	<b>571</b>	<b>545</b>	<b>545</b>	RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm <sup>2</sup> )			
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>28.6</b>	<b>308</b>	<b>290</b>	<b>290</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr
Agua:	<b>Potable</b>	<b>17.2</b>	<b>0.00</b>	<b>185</b>	<b>250</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>04-Jul-06</b>	<b>67</b>
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>124.2</b>	<b>1.34</b>	<b>1.34</b>	<b>1.34</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>06-Jul-06</b>	<b>200</b>
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>10-Jul-06</b>	<b>226</b>
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>31-Jul-06</b>	<b>288</b>
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>				<b>115</b>
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>				
AIRE	<b>2.0%</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	V1	7	10-Jul-06	<b>32</b>
						V2	28	31-Jul-06	<b>38</b>
SUMA		<b>209.52</b>	<b>0.00</b>	<b>2257</b>	<b>2257</b>				
Rev. Obt. (cm):	<b>1"=8 cm; 2"=14 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>24.0</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1009</b>	M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>234,024.0</b>
Agua Mezcla (l):	<b>0.000</b>	Temp. Con. (°C):	<b>28.5</b>	Factor (l/m <sup>3</sup> ):	<b>141,249</b>	Factor:	<b>10.770</b>	CxS a 56 días (%):	<b>0.058</b>
Agua por m <sup>3</sup> (l):	<b>0.0</b>	T.F.I. (min):	<b>365</b>	P. Bruto (kg):	<b>18,404</b>	Rel. A/C <sub>REAL</sub> :	<b>0.73</b>	D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>1247</b>
Aire (%):	<b>1.8</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2257</b>	Hora de Mezcla:	<b>10:55</b>	Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>0.0</b>

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-157**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **03 de Julio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:		<b>APASCO</b>			TIPO :	<b>CPC 40</b>	<b>TECOMÁN</b>	Pesp : <b>3.00</b>	
CENIZA		<b>N.A.</b>			TIPO :	<b>N.A.</b>			Pes : <b>N.A.</b>
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>2.20%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>3.47%</b>	<b>4.80%</b>	<b>1302</b>	<b>1851</b>	<b>2.91</b>
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>SAN SIMÓN, MICH.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>	<b>2.16</b>	<b>4.84%</b>	<b>6.50%</b>	<b>1178</b>	<b>1270</b>	<b>2.56</b>
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN		<b>5.00</b>
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		

DISEÑO INICIAL									
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0%	DISEÑO EN (S S S) *	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL	VOLUMENES ABSOLUTOS	DISEÑO CON HUMEDAD REAL	MEZCLA DE PRUEBA	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)		
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg y/o ml)	Grava 1:	100	%
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 2:	0	%
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>917</b>	<b>939</b>	<b>-1.50</b>	<b>370</b>	<b>937</b>	Grava 3:	0	%
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 1:	50	%
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 2:	50	%
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>413</b>	<b>427</b>	<b>5.68</b>	<b>168</b>	<b>433</b>	M.F.(pond.):	2.73	adim
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>408</b>	<b>428</b>	<b>7.10</b>	<b>198</b>	<b>435</b>	PXL(pond.):	9.87	%
Agua:	<b>Potable</b>	<b>251</b>	<b>195</b>	<b>11.28</b>	<b>195</b>	<b>184</b>	P (grava)/P (arena):	<b>1.10</b> adim	
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>124</b>	Contenido de finos: <b>506</b> kg/cm <sup>3</sup> <small>(Cto. +Pass # 100 +aire<sub>pe</sub>)</small>		
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C (teórico): <b>0.72</b> adim		
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
AIRE	<b>2.0%</b>			<b>20.0</b>					
SUMA	<b>2260</b>	<b>2260</b>		<b>1022</b>	<b>2260</b>	<b>207.95</b>			

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO										
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL	CORRECCIONES A LA MEZCLA	DISEÑO CORR. CON H. REAL	DISEÑO CON H. A 0%	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO					
	(kg y/o ml)	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	Aspecto	Balaceada	Gravuda	Arenosa		
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>267</b>	<b>267</b>	Trabajabilidad	Fácil	Regular	Difícil	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>86.2</b>	<b>0</b>	<b>927</b>	<b>907</b>	Cohesión	Buena	Media	Regular	
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Acabado	Fácil	Regular	Difícil	
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	Escaso	Medio	Alto	
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>39.8</b>	<b>0.00</b>	<b>429</b>	<b>409</b>	RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm <sup>2</sup> )				
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>40.0</b>	<b>0.00</b>	<b>430</b>	<b>404</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr	% f'c
Agua:	<b>Potable</b>	<b>18.9</b>	<b>0.00</b>	<b>182</b>	<b>248</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>04-Jul-06</b>	<b>65</b>	<b>26</b>
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>124.2</b>	<b>0.00</b>	<b>1.34</b>	<b>1.34</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>06-Jul-06</b>	<b>183</b>	<b>73</b>
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>10-Jul-06</b>	<b>210</b>	<b>84</b>
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>31-Jul-06</b>	<b>278</b>	<b>111</b>
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
AIRE	<b>2.0%</b>					V1	7	10-Jul-06	27	
						V2	28	31-Jul-06	35	
SUMA	<b>207.95</b>	<b>0.00</b>	<b>2237</b>	<b>2237</b>						
Rev. Obt. (cm):	<b>1"=8 cm; 2"=14 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>23.5</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1011</b>	M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>217,769.0</b>	
Agua Mezcla (l):	<b>0.00</b>	Temp. Con. (°C):	<b>29.4</b>	Factor (l/m <sup>3</sup> ):	<b>141.249</b>	Factor:	<b>10.756</b>	CxS a 56 días (%):	<b>0.053</b>	
Agua por m <sup>3</sup> (l):	<b>0.0</b>	T.F.I. (min):	<b>358</b>	P. Bruto (kg):	<b>18.264</b>	Rel. A/C <sub>REAL</sub> :	<b>0.72</b>	D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>1064</b>	
Aire (%):	<b>1.9</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2237</b>	Hora de Mezcla:	<b>11:48</b>	Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>0.0</b>	

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-158**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **03 de Julio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:		<b>APASCO</b>			TIPO:	<b>CPC 40</b>	<b>TECOMÁN</b>	Pesp: <b>3.00</b>	
CENIZA		<b>N.A.</b>			TIPO:	<b>N.A.</b>			Pes: <b>N.A.</b>
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>2.20%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>3.47%</b>	<b>4.80%</b>	<b>1302</b>	<b>1851</b>	<b>2.91</b>
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>SAN SIMÓN, MICH.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>	<b>2.16</b>	<b>4.84%</b>	<b>6.50%</b>	<b>1178</b>	<b>1270</b>	<b>2.56</b>
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN		<b>5.00</b>
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		

DISEÑO INICIAL									
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0%	DISEÑO EN (S S S) *	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL	VOLUMENES ABSOLUTOS	DISEÑO CON HUMEDAD REAL	MEZCLA DE PRUEBA	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)		
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg y/o ml)	Grava 1:	100	%
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 2:	0	%
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>920</b>	<b>942</b>	<b>-1.51</b>	<b>371</b>	<b>940</b>	Grava 3:	0	%
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	Arena 1:	35	%
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	Arena 2:	65	%
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>281</b>	<b>291</b>	<b>3.87</b>	<b>114</b>	<b>295</b>	M.F.(pond.):	2.68	adim
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>515</b>	<b>540</b>	<b>8.96</b>	<b>250</b>	<b>549</b>	PXL(pond.):	9.00	%
Agua:	<b>Potable</b>	<b>248</b>	<b>192</b>	<b>11.32</b>	<b>192</b>	<b>180</b>	P <sub>(grava)</sub> /P <sub>(arena)</sub> :	1.13	adim
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>		<b>1.35</b>	<b>124</b>	Contenido de finos:	501	kg/cm <sup>3</sup>
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>	(Cto. +Pass # 100 +aire <sub>pe</sub> )		
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C <sub>(teórico)</sub> :	0.71	adim
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0</b>			
AIRE	<b>2.0%</b>				<b>20.0</b>				
SUMA		<b>2235</b>	<b>2235</b>		<b>1018</b>	<b>2235</b>			

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO										
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL	CORRECCIONES A LA MEZCLA	DISEÑO CORR. CON H. REAL	DISEÑO CON H. A 0%	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO					
	(kg y/o ml)	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	Aspecto	Balaceada	Gravuda	Arenosa		
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>267</b>	<b>267</b>	Trabajabilidad	Fácil	Regular	Difícil	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>86.5</b>	<b>929</b>	<b>909</b>	<b>909</b>	Cohesión	Buena	Media	Regular	
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Acabado	Fácil	Regular	Difícil	
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	Escaso	Medio	Alto	
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>27.1</b>	<b>291</b>	<b>278</b>	<b>278</b>	RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm <sup>2</sup> )				
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>50.5</b>	<b>542</b>	<b>509</b>	<b>509</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr	% f'c
Agua:	<b>Potable</b>	<b>18.6</b>	<b>0.00</b>	<b>178</b>	<b>244</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>04-Jul-06</b>	<b>66</b>	<b>26</b>
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>124.2</b>	<b>1.33</b>	<b>1.33</b>	<b>1.33</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>06-Jul-06</b>	<b>161</b>	<b>64</b>
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>10-Jul-06</b>	<b>221</b>	<b>88</b>
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>31-Jul-06</b>	<b>299</b>	<b>120</b>
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
AIRE	<b>2.0%</b>					V1	7	10-Jul-06	30	
						V2	28	31-Jul-06	35	
SUMA		<b>205.65</b>	<b>0.00</b>	<b>2208</b>	<b>2208</b>					
Rev. Obt. (cm):	<b>1"=8 cm; 2"=14 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>23.6</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1013</b>	M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>231.018.0</b>	
Agua Mezcla (l):	<b>0.00</b>	Temp. Con. (°C):	<b>28.8</b>	Factor (l/m3):	<b>141.249</b>	Factor:	<b>10.735</b>	CxS a 56 días (%):	<b>0.051</b>	
Agua por m3 (l):	<b>0.0</b>	T.F.I. (min):	<b>362</b>	P. Bruto (kg):	<b>18.068</b>	Rel. A/C <sub>REAL</sub> :	<b>0.71</b>	D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>624</b>	
Aire (%):	<b>2.3</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m3):	<b>2206</b>	Hora de Mezcla:	<b>12:50</b>	Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>0.0</b>	

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-159**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **07 de Julio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:		<b>APASCO</b>			TIPO:	<b>CPC 40</b>	<b>TECOMÁN</b>	Pesp: <b>3.00</b>	
CENIZA		<b>N.A.</b>			TIPO:	<b>N.A.</b>			Pes: <b>N.A.</b>
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>1.90%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>3.47%</b>	<b>4.10%</b>	<b>1302</b>	<b>1551</b>	<b>2.91</b>
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>V. DE ÁLVAREZ, COL.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>	<b>2.57</b>	<b>2.55%</b>	<b>5.10%</b>	<b>1581</b>	<b>1584</b>	<b>3.15</b>
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN	<b>5.00</b>	(cc/kg)
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)

DISEÑO INICIAL										
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0%	DISEÑO EN (S S S) *	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL	VOLUMENES ABSOLUTOS	DISEÑO CON HUMEDAD REAL	MEZCLA DE PRUEBA	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)			
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg y/o ml)	Grava 1:	<b>100</b>	%	P. Grava (%) <b>48.7</b>
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 2:	<b>0</b>	%	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>886</b>	<b>907</b>	<b>-4.17</b>	<b>357</b>	<b>903</b>	Grava 3:	<b>0</b>	%	
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 1:	<b>65</b>	%	P. Arena (%) <b>51.3</b>
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 2:	<b>35</b>	%	
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>601</b>	<b>622</b>	<b>3.92</b>	<b>245</b>	<b>626</b>	M.F. <sub>(pond.)</sub> :	<b>2.99</b>	adim	
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>326</b>	<b>334</b>	<b>8.52</b>	<b>130</b>	<b>343</b>	PXL <sub>(pond.)</sub> :	<b>9.60</b>	%	
Agua:	<b>Potable</b>	<b>246</b>	<b>196</b>	<b>8.27</b>	<b>196</b>	<b>188</b>	P <sub>(grava)/P<sub>(arena)</sub></sub> :	<b>0.95</b> adim		
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>		<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>124</b>	Contenido de finos: <b>494</b> kg/cm <sup>3</sup> <small>(Cto. +Pasa # 100 +aire*pe)</small>		
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C <sub>(teórico)</sub> : <b>0.73</b> adim		
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
AIRE	<b>2.0%</b>				<b>20.0</b>					
SUMA		<b>2330</b>	<b>2330</b>		<b>1019</b>	<b>2330</b>	<b>214.39</b>			

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO										
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL	CORRECCIONES A LA MEZCLA	DISEÑO CORR. CON H. REAL	DISEÑO CON H. A 0%	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO					
					Aspecto	Balanceda	Gravada	Arenosa	Trabajabilidad	Fácil
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>269</b>	<b>269</b>	Cohesión	Buena	Media	Regular	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>83.1</b>	<b>0</b>	<b>900</b>	<b>884</b>	Acabado	Fácil	Regular	Difficil	
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	Escaso	Medio	Alto	
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>57.6</b>	<b>0.00</b>	<b>624</b>	<b>600</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr	% f'c/Mr
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>31.5</b>	<b>0.00</b>	<b>342</b>	<b>325</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>08-Jul-06</b>	<b>104</b>	<b>42</b>
Agua:	<b>Potable</b>	<b>17.3</b>	<b>0.00</b>	<b>187</b>	<b>245</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>10-Jul-06</b>	<b>258</b>	<b>103</b>
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>124.2</b>	<b>0.00</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>14-Jul-06</b>	<b>315</b>	<b>126</b>
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>04-Ago-06</b>	<b>373</b>	<b>149</b>
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>V1</b>	<b>7</b>	<b>14-Jul-06</b>	<b>38</b>	
AIRE	<b>2.0%</b>					<b>V2</b>	<b>28</b>	<b>04-Ago-06</b>	<b>41</b>	
SUMA		<b>214.39</b>	<b>0.00</b>	<b>2324</b>	<b>2324</b>					
Rev. Obt. (cm):	<b>1"=8 cm; 2"=14 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>23.7</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1003</b>	M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>268,495.0</b>	
Agua Mezcla (l):	<b>0.000</b>	Temp. Con. (°C):	<b>29.0</b>	Factor (l/m <sup>3</sup> ):	<b>141,249</b>	Factor:	<b>10.842</b>	CxS a 56 días (%):	<b>0.053</b>	
Agua por m <sup>3</sup> (l):	<b>0.0</b>	T.F.I. (min):	<b>460</b>	P. Bruto (kg):	<b>18,884</b>	Rel. A/C <sub>(REAL)</sub> :	<b>0.73</b>	D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>1637</b>	
Aire (%):	<b>1.4</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2324</b>	Hora de Mezcla:	<b>11:00</b>	Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>7.0</b>	

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-160**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **07 de Julio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:	<b>APASCO</b>			TIPO:	<b>CPC 40 TECOMÁN</b>		Pesp:	<b>3.00</b>	
CENIZA	<b>N.A.</b>			TIPO:	<b>N.A.</b>		Pes:	<b>N.A.</b>	
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>1.90%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>3.47%</b>	<b>4.10%</b>	<b>1302</b>	<b>1851</b>	<b>2.91</b>
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>V. DE ÁLVAREZ, COL.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>	<b>2.57</b>	<b>2.55%</b>	<b>5.10%</b>	<b>1581</b>	<b>1884</b>	<b>3.15</b>
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN	<b>5.00</b>	
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		

DISEÑO INICIAL									
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0%	DISEÑO EN (S S S) *	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL	VOLUMENES ABSOLUTOS	DISEÑO CON HUMEDAD REAL	MEZCLA DE PRUEBA	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)		
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg y/o ml)	Grava 1:	100	%
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 2:	0	%
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>879</b>	<b>900</b>	<b>-4.14</b>	<b>354</b>	<b>896</b>	Grava 3:	0	%
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 1:	50	%
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 2:	50	%
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>467</b>	<b>483</b>	<b>3.04</b>	<b>190</b>	<b>486</b>	M.F.(pond.):	3.03	adim
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>471</b>	<b>483</b>	<b>12.32</b>	<b>188</b>	<b>495</b>	PXL(pond.):	8.24	%
Agua:	<b>Potable</b>	<b>241</b>	<b>192</b>	<b>11.22</b>	<b>192</b>	<b>181</b>	P (grava)/P (arena):	<b>0.93</b> adim	
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>124</b>	Contenido de finos:	<b>482</b> kg/cm <sup>3</sup>	
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	(Cto. *Pesa # 100 *aire/pe)		
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C (teórico):	<b>0.71</b> adim	
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
AIRE	<b>2.0%</b>			<b>20.0</b>					
SUMA		<b>2329</b>	<b>2329</b>	<b>1016</b>	<b>2329</b>	<b>214.30</b>			

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO										
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL	CORRECCIONES A LA MEZCLA	DISEÑO CORR. CON H. REAL	DISEÑO CON H. A 0%	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO					
					Aspecto	Balanceda	Gravada	Arenosa	Trabajabilidad	Fácil
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>269</b>	<b>269</b>	Cohesión	Buena	Media	Regular	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>82.4</b>	<b>891</b>	<b>874</b>	<b>874</b>	Acabado	Fácil	Regular	Difficil	
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	Escaso	Medio	Alto	
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>44.7</b>	<b>484</b>	<b>465</b>	<b>465</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr	
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>45.6</b>	<b>493</b>	<b>469</b>	<b>469</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>08-Jul-06</b>	<b>100</b>	
Agua:	<b>Potable</b>	<b>18.6</b>	<b>0.00</b>	<b>180</b>	<b>239</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>10-Jul-06</b>	<b>236</b>	
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>124.2</b>	<b>1.34</b>	<b>1.34</b>	<b>1.34</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>14-Jul-06</b>	<b>286</b>	
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>04-Ago-06</b>	<b>342</b>	
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>				<b>137</b>	
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	V1	7	14-Jul-06	37	
AIRE	<b>2.0%</b>					V2	28	04-Ago-06	42	
SUMA		<b>214.30</b>	<b>0.00</b>	<b>2318</b>	<b>2318</b>					
Rev. Obt. (cm):	<b>1"=8 cm; 2"=16 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>23.7</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1005</b>		M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>263,682.0</b>
Agua Mezcla (l):	<b>0.000</b>	Temp. Con. (°C):	<b>28.7</b>	Factor (l/m3):	<b>141,249</b>	Factor:	<b>10.815</b>		CxS a 56 días (%):	<b>0.042</b>
Agua por m3 (l):	<b>0.0</b>	T.F.I. (min):	<b>378</b>	P. Bruto (kg):	<b>18,836</b>	Rel. A/C(REAL):	<b>0.71</b>		D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>1028</b>
Aire (%):	<b>1.2</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m3):	<b>2318</b>	Hora de Mezcla:	<b>12:15</b>		Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>11.0</b>

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

# CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

LABORATORIO DE CONCRETO

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO No. **CTC-161**

VOLUMEN (litros): **92**

FECHA: **07 de Julio de 2006**

DATOS DE ENTRADA									
F'c/Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	TMA (mm)	REV. (cm)	COLOCACIÓN (D/B)	GRADO (A/B)	CLASE (1/2)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		
<b>250</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>CONCRETO PARA LOSAS Y PAVIMENTOS</b>		
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES									
CEMENTO MARCA:		<b>APASCO</b>			TIPO:	<b>CPC 40</b>	<b>TECOMÁN</b>	Pesp: <b>3.00</b>	
CENIZA		<b>N.A.</b>			TIPO:	<b>N.A.</b>			Pes: <b>N.A.</b>
MATERIAL	PROCEDENCIA	CLASF. PETR.		Densidad (kg/litro)	Abs. (%)	Humedad (%)	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	P.V.S.C (kg/m <sup>3</sup> )	M. F./TMA
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>2.36%</b>	<b>1.90%</b>	<b>1359</b>	<b>1482</b>	<b>20 mm</b>
Grava 2:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Grava 3:	---	---	---	<b>1.00</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	---	---	---
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>CEDROS, JAL.</b>	<b>BASALTO</b>	<b>2.54</b>	<b>3.47%</b>	<b>4.10%</b>	<b>1302</b>	<b>1851</b>	<b>2.91</b>
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>V. DE ÁLVAREZ, COL.</b>	<b>VOLCÁNICA</b>	<b>2.57</b>	<b>2.55%</b>	<b>5.10%</b>	<b>1581</b>	<b>1884</b>	<b>3.15</b>
ADITIVO 1:	<b>Eucomex</b>	TIPO:	<b>Plastificante</b>	CÓDIGO	<b>MR-400</b>		DOSIFICACIÓN	<b>5.00</b>	(cc/kg)
ADITIVO 2:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 3:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 4:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)
ADITIVO 5:		TIPO:		CÓDIGO			DOSIFICACIÓN		(cc/kg)

DISEÑO INICIAL									
MATERIALES	DISEÑO A HUMEDAD 0%	DISEÑO EN (S S S) *	AGUA LIBRE POR HUMEDAD REAL	VOLUMENES ABSOLUTOS	DISEÑO CON HUMEDAD REAL	MEZCLA DE PRUEBA	Composición granulométrica de la mezcla (Peso)		
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(l/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg y/o ml)	Grava 1:	<b>100</b>	%
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>90</b>	<b>270</b>	<b>24.84</b>	Grava 2:	<b>0</b>	%
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>867</b>	<b>887</b>	<b>-4.08</b>	<b>349</b>	<b>883</b>	Grava 3:	<b>0</b>	%
Grava 2:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 1:	<b>35</b>	%
Grava 3:	---	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Arena 2:	<b>65</b>	%
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>328</b>	<b>339</b>	<b>2.14</b>	<b>134</b>	<b>342</b>	M.F.(pond.):	<b>3.07</b>	adim
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>615</b>	<b>631</b>	<b>16.08</b>	<b>245</b>	<b>647</b>	PXL(pond.):	<b>6.88</b>	%
Agua:	<b>Potable</b>	<b>238</b>	<b>190</b>	<b>14.14</b>	<b>190</b>	<b>176</b>	P <sub>(grava)</sub> /P <sub>(arena)</sub> :	<b>0.91</b> adim	
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>124</b>	Contenido de finos:	<b>468</b> kg/cm <sup>3</sup>	
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	(Cto. *Pesa # 100 *aire <sup>re</sup> µ)		
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	Rel. A/C <sub>(teórico)</sub> :	<b>0.71</b> adim	
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>			
AIRE	<b>2.0%</b>			<b>20.0</b>					
SUMA		<b>2319</b>	<b>2319</b>		<b>1010</b>	<b>2319</b>	<b>213.38</b>		

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO										
MATERIALES	MATERIALES POR MEZCLA %H REAL	CORRECCIONES A LA MEZCLA	DISEÑO CORR. CON H. REAL	DISEÑO CON H. A 0%	EVALUACIÓN DEL CONCRETO FRESCO					
	(kg y/o ml)	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	(kg y/o l x m <sup>3</sup> )	Aspecto	Balanceda	Gravada	Arenosa		
Cemento:	<b>CPC 40</b>	<b>24.8</b>	<b>0.00</b>	<b>268</b>	<b>268</b>	Trabajabilidad	<b>Fácil</b>	<b>Regular</b>	<b>Difficil</b>	
Grava 1:	<b>20 mm</b>	<b>81.3</b>	<b>0</b>	<b>877</b>	<b>861</b>	Cohesión	<b>Buena</b>	<b>Media</b>	<b>Regular</b>	
Grava 2:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Acabado	<b>Fácil</b>	<b>Regular</b>	<b>Difficil</b>	
Grava 3:	---	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	Sangrado	<b>Escaso</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>	
Arena 1:	<b>TRITURADA</b>	<b>31.4</b>	<b>339</b>	<b>326</b>	<b>RESULTADOS: RESISTENCIA/MR (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
Arena 2:	<b>NATURAL</b>	<b>59.5</b>	<b>642</b>	<b>611</b>	No. espécimen	Edad	Fecha Ensaye	f'c ó Mr	% f'c	
Agua:	<b>Potable</b>	<b>16.2</b>	<b>0.00</b>	<b>175</b>	<b>C1</b>	<b>1</b>	<b>08-Jul-06</b>	<b>104</b>	<b>42</b>	
Aditivo 1:	<b>MR-400</b>	<b>124.2</b>	<b>1.34</b>	<b>1.34</b>	<b>C2</b>	<b>3</b>	<b>10-Jul-06</b>	<b>233</b>	<b>93</b>	
Aditivo 2:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C3</b>	<b>7</b>	<b>14-Jul-06</b>	<b>289</b>	<b>108</b>	
Aditivo 3:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>C4</b>	<b>28</b>	<b>04-Ago-06</b>	<b>345</b>	<b>138</b>	
Aditivo 4:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>						
Aditivo 5:	<b>0.00</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>						
AIRE	<b>2.0%</b>				V1	7	14-Jul-06	35		
					V2	28	04-Ago-06	42		
SUMA		<b>213.38</b>	<b>0.00</b>	<b>2303</b>	<b>2303</b>					
Rev. Obt. (cm):	<b>1* = 8 cm; 2* = 16 cm</b>	Temp. Amb. (°C):	<b>23.4</b>	Tara (kg):	<b>2.428</b>	Rendimiento (l):	<b>1007</b>	M. E. (kg/cm <sup>3</sup> ):	<b>255,625.0</b>	
Agua Mezcla (l):	<b>0.00</b>	Temp. Con. (°C):	<b>28.4</b>	Factor (l/m <sup>3</sup> ):	<b>141,249</b>	Factor:	<b>10.794</b>	CxS a 56 días (%):	<b>0.040</b>	
Agua por m <sup>3</sup> (l):	<b>0.0</b>	T.F.I. (min):	<b>324</b>	P. Bruto (kg):	<b>18,734</b>	Rel. A/C <sub>REAL</sub> :	<b>0.71</b>	D. Agr. (cm/m <sup>2</sup> ):	<b>982</b>	
Aire (%):	<b>2.4</b>	T.F.F. (min):	<b>N.D.</b>	M. Unit. (kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2303</b>	Hora de Mezcla:	<b>13:20</b>	Sangrado (ml/m <sup>2</sup> ):	<b>9.0</b>	

Comentarios a la mezcla	1.-	Cantidades calculadas a partir de la condición saturado y superficialmente seco de los agregados.
	2.-	El primer revenimiento se alcanzó utilizando solamente agua.
	3.-	El segundo revenimiento se obtuvo al adicionar aditivo plastificante.

ELABORÓ:

REVISÓ:

Albino Jiménez G.

Ing. Emilio Zamudio C.

---

# **ANEXO C**

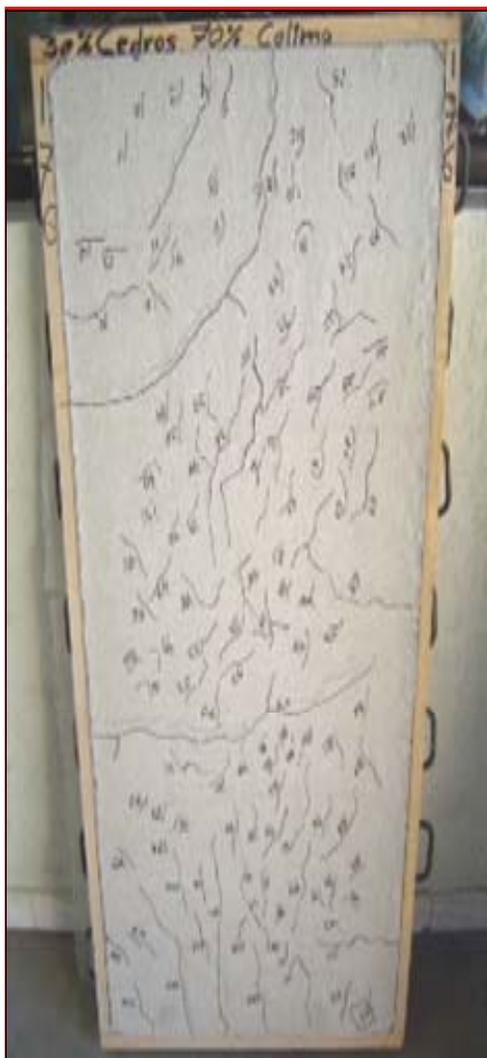
## **MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO**

## HOLCIM APASCO

### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 26 de Junio de 2006  
 Fecha de medición: 28 de Junio de 2006

No. de mezcla: CTC-152 (Mezcla Testigo)  
 Arenas Utilizadas: 30 % Cedros + 70 % V. de Álvarez



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	2.8	51	0.15	5.0	51	0.10	5.2
2	0.10	3.5	52	0.10	6.2	52	0.10	9.3
3	0.10	2.5	53	0.10	9.2	53	0.10	9.6
4	0.35	18.7	54	0.35	7.3	54	0.35	26.5
5	0.15	2.9	55	0.10	10.1	55	0.10	7.2
6	0.35	48.7	56	0.35	9.3	56	0.10	6.0
7	0.15	3.8	57	0.10	14.5	57	0.10	9.2
8	0.10	4.3	58	0.15	4.4	58	0.10	4.6
9	0.10	3.3	59	0.10	4.3	59	0.35	15.2
10	0.10	4.5	60	0.10	6.3	60	0.10	5.5
11	0.35	5.5	61	0.35	5.7	61	0.10	5.2
12	0.10	13.3	62	0.15	4.9	62	0.35	6.2
13	0.10	3.9	63	0.10	5.9	63	0.35	8.8
14	0.10	5.1	64	0.10	11.4	64	0.10	4.5
15	0.10	6.3	65	0.35	29.3	65	0.35	3.0
16	0.10	3.0	66	0.10	4.6	66	0.10	15.0
17	0.15	3.6	67	0.10	3.7	67	0.35	16.2
18	0.15	3.7	68	0.10	5.2	68	0.10	7.4
19	0.10	4.5	69	0.35	62.5	69	0.10	5.5
20	0.10	4.8	70	0.35	5.4	70		
21	0.10	6.3	71	0.35	8.5	71		
22	0.10	3.8	72	0.10	4.3	72		
23	0.10	7.2	73	0.10	2.9	73		
24	0.10	5.4	74	0.10	3.5	74		
25	0.10	13.5	75	0.10	4.8	75		
26	0.15	4.4	76	0.10	4.3	76		
27	0.10	5.2	77	0.10	7.2	77		
28	0.10	6.1	78	0.10	3.6	78		
29	0.10	8.2	79	0.35	2.9	79		
30	0.10	8.5	80	0.35	6.2	80		
31	0.10	4.8	81	0.10	3.8	81		
32	0.35	36.7	82	0.10	3.7	82		
33	0.10	4.9	83	0.35	5.9	83		
34	0.15	3.8	84	0.10	4.5	84		
35	0.10	7.0	85	0.10	6.8	85		
36	0.35	23.7	86	0.10	4.8	86		
37	0.35	5.8	87	0.10	8.8	87		
38	0.15	4.4	88	0.10	12.5	88		
39	0.15	5.2	89	0.10	3.6	89		
40	0.10	7.1	90	0.10	5.5	90		
41	0.10	3.5	91	0.10	3.5	91		
42	0.10	2.4	92	0.10	3.7	92		
43	0.10	4.0	93	0.10	2.9	93		
44	0.35	5.8	94	0.10	14.3	94		
45	0.10	7.5	95	0.35	13.9	95		
46	0.10	5.1	96	0.15	6.2	96		
47	0.25	6.7	97	0.10	8.8	97		
48	0.10	12.1	98	0.10	5.4	98		
49	0.10	4.7	99	0.15	7.2	99		
50	0.10	3.3	100	0.35	24.2	100		
Suma:		375.8			413.4			170.1

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	959	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>1332</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	383	cm
<b>Densidad de agrietamiento &gt; 0.30 mm =</b>	<b>532</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 29 de Junio de 2006  
 Fecha de medición: 01 de Julio de 2006

No. de mezcla: CTC-153  
 Arenas Utilizadas: 100% Cedros



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	2.9	51	0.10	7.7
2	0.10	5.5	52	0.10	9.2
3	0.10	5.0	53	0.10	24.4
4	0.10	4.3	54	0.10	23.2
5	0.10	2.9	55	0.10	3.3
6	0.10	3.2	56	0.10	32.7
7	0.60	172.0	57	0.10	31.8
8	0.10	3.8	58	0.10	8.0
9	0.10	1.7	59	0.25	3.0
10	0.10	9.5	60	0.10	2.2
11	0.10	12.5	61	0.10	1.8
12	0.10	2.3	62		
13	0.10	2.3	63		
14	0.25	40.3	64		
15	0.25	38.3	65		
16	0.10	12.1	66		
17	0.10	23.0	67		
18	0.10	5.2	68		
19	0.10	5.0	69		
20	0.10	2.2	70		
21	0.10	4.0	71		
22	0.10	2.5	72		
23	0.20	65.5	73		
24	0.10	4.2	74		
25	0.10	6.1	75		
26	0.60	11.0	76		
27	0.10	5.5	77		
28	0.10	6.5	78		
29	0.20	156.5	79		
30	0.25	170.0	80		
31	0.10	9.0	81		
32	0.10	2.5	82		
33	0.10	4.5	83		
34	0.10	7.0	84		
35	0.10	3.3	85		
36	0.25	2.3	86		
37	0.10	15.5	87		
38	0.10	3.3	88		
39	0.10	10.2	89		
40	0.20	32.5	90		
41	0.15	12.5	91		
42	0.10	6.0	92		
43	0.15	84.0	93		
44	0.10	3.3	94		
45	0.15	90.1	95		
46	0.10	8.5	96		
47	0.10	2.2	97		
48	0.10	3.7	98		
49	0.10	11.3	99		
50	0.10	3.5	100		

Suma: 1101.0 147.3

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	1248	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>1734</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho ≥ 0.30 mm =	183	cm
<b>Densidad de agrietamiento ≥ 0.30 mm =</b>	<b>254</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 29 de Junio de 2006

No. de mezcla: CTC-154

Fecha de medición: 01 de Julio de 2006

Arenas Utilizadas: 100% San Simón



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.15	18.1	51		
2	0.10	2.5	52		
3	0.10	4.3	53		
4	0.10	8.8	54		
5	0.10	1.9	55		
6	0.10	2.4	56		
7	0.15	2.4	57		
8	0.10	7.8	58		
9	0.10	3.2	59		
10	0.10	6.3	60		
11	0.15	19.1	61		
12	0.10	5.8	62		
13	0.10	10.1	63		
14	0.10	7.8	64		
15	0.10	4.9	65		
16	0.10	5.3	66		
17	0.10	9.8	67		
18	0.10	17.5	68		
19	0.10	6.6	69		
20	0.10	5.6	70		
21	0.10	2.4	71		
22	0.10	4.1	72		
23	0.10	1.5	73		
24	0.10	2.8	74		
25	0.10	5.4	75		
26	0.25	37.1	76		
27	0.25	35.1	77		
28	0.25	41.1	78		
29	0.10	10.2	79		
30	0.10	12.3	80		
31	0.10	2.5	81		
32	0.10	4.6	82		
33	0.10	2.6	83		
34	0.15	15.1	84		
35	0.15	20.7	85		
36	0.10	6.3	86		
37	0.10	4.2	87		
38	0.10	12.1	88		
39	0.10	1.3	89		
40	0.10	2.6	90		
41	0.10	4.8	91		
42	0.10	3.3	92		
43	0.10	1.9	93		
44	0.10	1.1	94		
45			95		
46			96		
47			97		
48			98		
49			99		
50			100		
Suma:		385.3			0.0

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	385	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>535</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	0	cm
<b>Densidad de agrietamiento &gt; 0.30 mm =</b>	<b>0</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 29 de Junio de 2006  
 Fecha de medición: 01 de Julio de 2006

No. de mezcla: CTC-155  
 Arenas Utilizadas: 100% V. de Álvarez



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	2.3	51		
2	0.10	4.1	52		
3	0.10	6.8	53		
4	0.10	7.0	54		
5	0.10	10.1	55		
6	0.10	7.0	56		
7	0.15	28.5	57		
8	0.10	2.8	58		
9	0.10	3.5	59		
10	0.10	2.5	60		
11	0.10	64.5	61		
12	0.10	7.0	62		
13	0.10	24.6	63		
14	0.10	20.4	64		
15	0.10	32.3	65		
16	0.10	2.4	66		
17	0.10	28.6	67		
18	0.10	6.6	68		
19	0.10	3.0	69		
20	0.10	8.2	70		
21			71		
22			72		
23			73		
24			74		
25			75		
26			76		
27			77		
28			78		
29			79		
30			80		
31			81		
32			82		
33			83		
34			84		
35			85		
36			86		
37			87		
38			88		
39			89		
40			90		
41			91		
42			92		
43			93		
44			94		
45			95		
46			96		
47			97		
48			98		
49			99		
50			100		
Suma:		272.2			0.0

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	272	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>378</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	0	cm
<b>Densidad de agrietamiento &gt; 0.30 mm =</b>	<b>0</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 03 de Julio de 2006

No. de mezcla: CTC-156

Fecha de medición: 05 de Julio de 2006

Arenas Utilizadas: 65% Cedros + 35% San Simón



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	4.5	51	0.15	15.6
2	0.10	7.6	52	0.10	4.5
3	0.10	2.4	53	0.10	6.2
4	0.10	1.7	54	0.10	1.9
<b>5</b>	<b>0.35</b>	<b>77.8</b>	55	0.10	2.5
6	0.15	21.7	56	0.15	14.3
7	0.10	2.2	57	0.10	8.3
8	0.10	20.7	58	0.10	2.2
9	0.10	3.4	59	0.10	1.7
10	0.10	3.6	60	0.10	6.5
11	0.10	3.1	<b>61</b>	<b>0.35</b>	<b>69.5</b>
12	0.10	4.1	62	0.10	2.5
13	0.10	3.2	63	0.10	6.1
14	0.10	5.4	64	0.10	17.5
15	0.10	3.0	65	0.10	2.3
16	0.10	1.5	66	0.10	5.5
17	0.25	49.6	67	0.10	4.1
18	0.10	9.2	68	0.10	3.2
19	0.10	13.6	69	0.10	13.0
20	0.10	7.6	70	0.10	2.3
21	0.10	1.2	71	0.10	3.2
22	0.10	24.5	72	0.10	1.0
<b>23</b>	<b>0.35</b>	<b>98.8</b>	73	0.10	2.2
24	0.10	1.2	74	0.10	10.5
25	0.10	4.3	75	0.10	1.8
26	0.10	2.9	76	0.10	10.1
27	0.10	6.0	77	0.10	2.6
28	0.10	2.1	78	0.10	5.5
29	0.10	4.9	79	0.10	11.0
30	0.10	2.7	80	0.10	1.0
31	0.10	4.2	81	0.10	4.7
32	0.15	18.2	82	0.10	17.0
33	0.10	4.5	83	0.10	2.0
34	0.10	1.8	84	0.10	12.5
35	0.10	7.2	85	0.10	1.1
36	0.10	3.5	86	0.10	3.8
37	0.10	2.7	87	0.10	1.7
<b>38</b>	<b>0.35</b>	<b>26.5</b>	88	0.10	1.6
39	0.10	17.0	89	0.10	2.1
40	0.10	5.8	90	0.10	1.0
41	0.10	1.2	91	0.10	2.4
42	0.10	2.3	92	0.10	2.4
43	0.10	4.5	93	0.10	1.2
44	0.10	5.2	94	0.10	1.0
45	0.10	18.2	95	0.10	1.2
46	0.10	1.2	96	0.10	2.4
47	0.10	2.2	97	0.10	1.6
<b>48</b>	<b>0.35</b>	<b>62.0</b>	98	0.10	8.4
49	0.10	2.3	99	0.10	1.2
50	0.10	5.1	100		

Suma: 590.1

307.9

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	898	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>1247</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	335	cm
<b>Densidad de agrietamiento &gt; 0.30 mm =</b>	<b>465</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

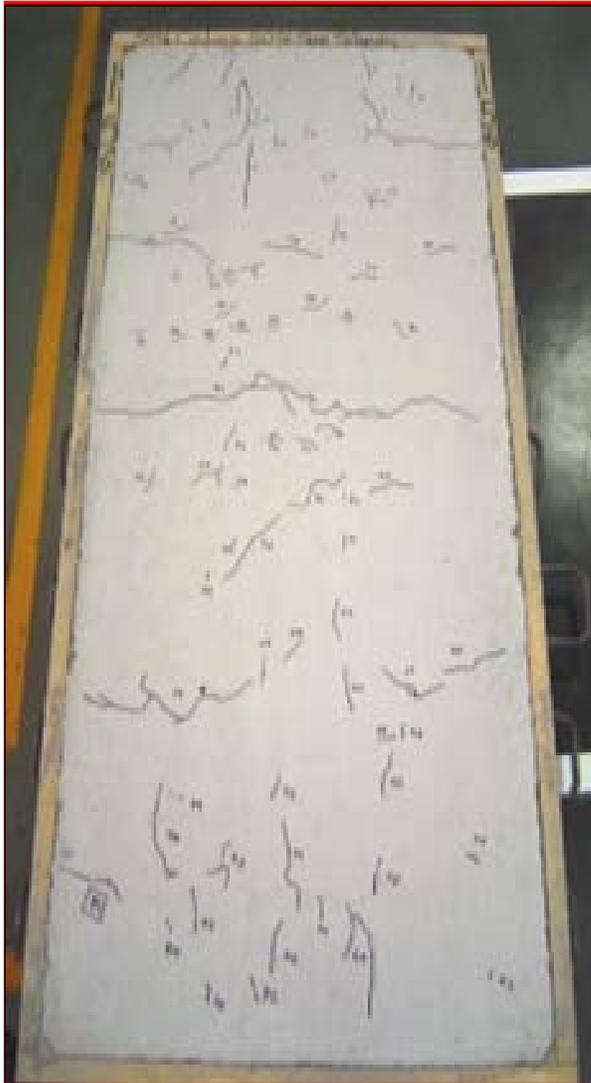
### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 03 de Julio de 2006

No. de mezcla: CTC-157

Fecha de medición: 05 de Julio de 2006

Arenas Utilizadas: 50% Cedros + 50% San Simón



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	1.0	51	0.10	3.5
2	0.10	1.2	52	0.10	5.8
3	0.10	3.5	53	0.10	2.8
4	0.10	2.3	54	0.25	18.0
5	0.10	2.4	55	0.25	18.8
6	0.10	3.5	56	0.10	5.5
7	0.15	7.3	57	0.10	5.3
8	0.10	2.2	58	0.10	2.4
9	0.10	2.4	59	0.10	6.2
10	0.10	6.4	60	0.25	32.0
11	0.10	11.1	61	0.10	2.0
12	0.10	1.1	62	0.10	1.9
13	0.10	3.0	63	0.10	1.8
14	0.10	1.0	64	0.15	30.5
15	0.10	5.8	65	0.35	93.0
16	0.10	4.9	66	0.10	3.2
17	0.10	2.5	67	0.10	1.5
18	0.10	1.7	68	0.10	5.2
19	0.10	7.0	69	0.10	9.5
20	0.10	7.1	70	0.10	5.8
21	0.10	1.9	71	0.10	7.3
22	0.15	10.4	72		
23	0.10	9.7	73		
24	0.10	2.7	74		
25	0.10	11.5	75		
26	0.10	7.2	76		
27	0.10	8.6	77		
28	0.10	6.8	78		
29	0.10	2.6	79		
30	0.15	16.2	80		
31	0.15	14.2	81		
32	0.10	0.9	82		
33	0.25	31.2	83		
34	0.10	3.8	84		
35	0.35	127.5	85		
36	0.10	1.4	86		
37	0.10	9.9	87		
38	0.25	21.4	88		
39	0.25	34.5	89		
40	0.10	3.2	90		
41	0.10	5.2	91		
42	0.10	3.5	92		
43	0.10	2.0	93		
44	0.10	1.6	94		
45	0.10	10.5	95		
46	0.15	46.5	96		
47	0.10	7.7	97		
48	0.10	7.8	98		
49	0.10	13.1	99		
50	0.10	3.5	100		

Suma: 504.4 262.0

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	766	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>1064</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	221	cm
<b>Densidad de agrietamiento &gt; 0.30 mm =</b>	<b>306</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

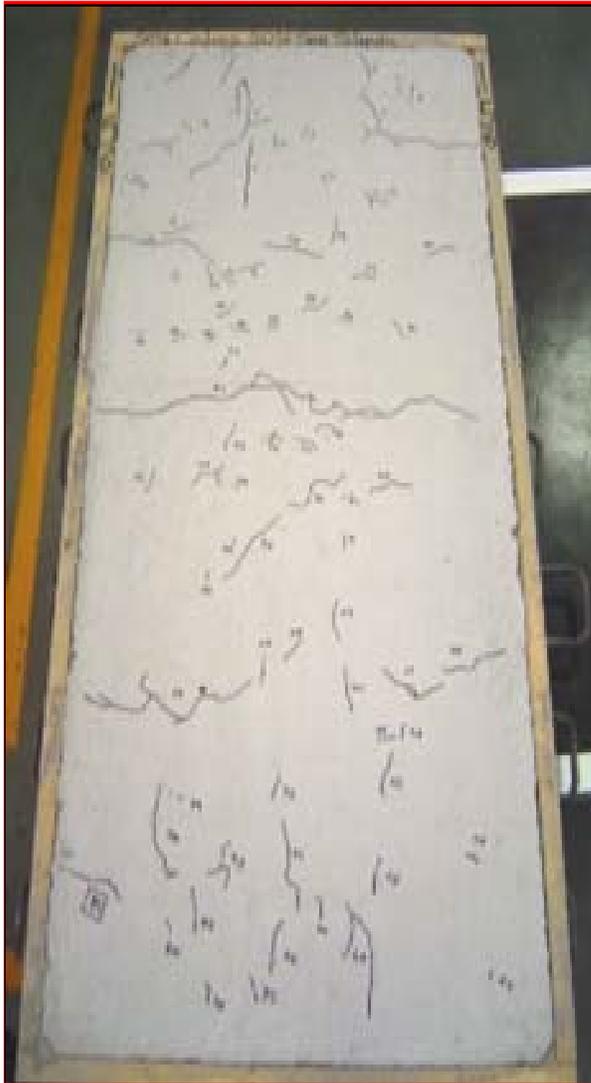
### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 03 de Julio de 2006

No. de mezcla: CTC-158

Fecha de medición: 05 de Julio de 2006

Arenas Utilizadas: 35% Cedros + 65% San Simón



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	8.6	51	0.10	1.9
2	0.10	1.3	52	0.15	12.2
3	0.10	4.8	53	0.10	10.1
4	0.10	1.5	54	0.10	1.2
5	0.15	29.5	55	0.10	1.1
6	0.10	5.5	56	0.15	30.6
7	0.15	1.7	57	0.10	3.0
8	0.10	4.4	58	0.10	3.2
9	0.10	8.2	59	0.10	4.3
10	0.10	23.5	60	0.10	4.8
11	0.10	2.1	61	0.10	10.5
12	0.10	5.8	62	0.10	8.8
13	0.10	1.7	63	0.10	1.8
14	0.10	2.8	64	0.10	2.4
15	0.10	2.7	65	0.10	4.5
16	0.10	10.4	66	0.10	1.8
17	0.10	1.2	67	0.10	0.8
18	0.10	1.2	68	0.10	3.3
19	0.10	7.4	69	0.15	14.6
20	0.10	2.5	70	0.10	2.2
21	0.10	5.5	71	0.10	10.1
22	0.10	17.4	72	0.10	3.3
23	0.10	0.9	73	0.10	7.0
24	0.10	2.4	74	0.10	4.6
25	0.10	3.5	75	0.10	2.4
26	0.10	4.5	76	0.10	2.2
27	0.10	9.7	77	0.10	4.1
28	0.10	4.4	78	0.15	12.1
29	0.10	3.9	79	0.10	0.6
30	0.10	5.1	80	0.10	1.4
31	0.10	3.1	81	0.10	9.0
32	0.10	2.2	82		
33	0.10	4.7	83		
34	0.10	2.1	84		
35	0.10	3.2	85		
36	0.10	3.7	86		
37	0.10	2.0	87		
38	0.10	2.2	88		
39	0.10	2.6	89		
40	0.10	1.3	90		
41	0.25	28.5	91		
42	0.10	3.1	92		
43	0.10	2.2	93		
44	0.10	1.0	94		
45	0.10	3.6	95		
46	0.10	5.0	96		
47	0.10	4.0	97		
48	0.10	3.2	98		
49	0.10	6.3	99		
50	0.10	1.3	100		

Suma: 269.4 179.9

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	449	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>624</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	0	cm
<b>Densidad de agrietamiento &gt; 0.30 mm =</b>	<b>0</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

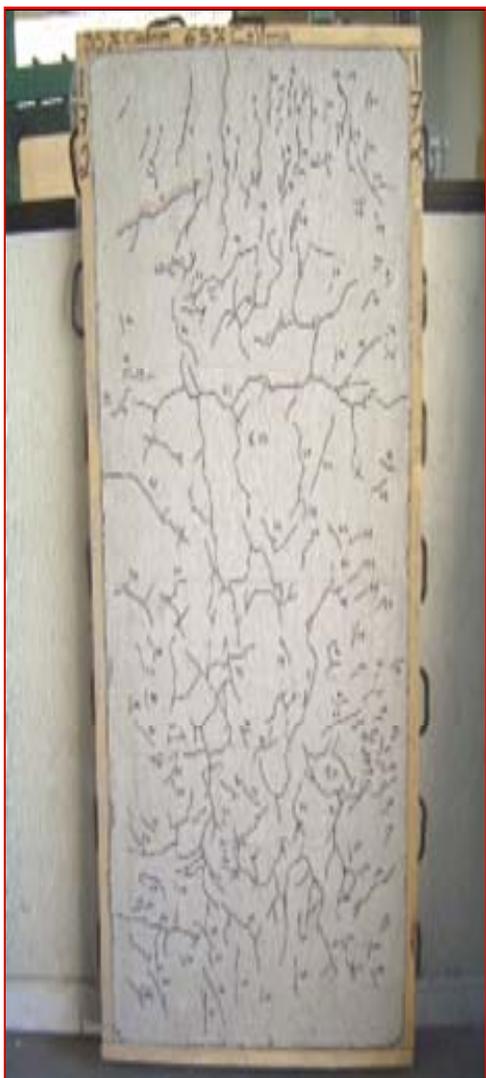
### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 07 de Julio de 2006

No. de mezcla: CTC-159

Fecha de medición: 09 de Julio de 2006

Arenas Utilizadas: 35 % Cedros + 65 % V. de Álvarez



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	2.5	51	0.30	2.9	101	0.10	3.3
2	0.10	2.9	52	0.15	26.1	102	0.10	2.2
3	0.10	9.6	53	0.10	14.2	103	0.10	1.3
4	0.15	11.6	54	0.15	18.0	104	0.10	3.8
5	0.30	31.8	55	0.10	4.5	105	0.10	1.7
6	0.10	4.6	56	0.15	11.1	106	0.10	2.8
7	0.15	23.7	57	0.10	4.8	107	0.10	5.1
8	0.10	3.7	58	0.10	3.1	108	0.15	2.3
9	0.20	19.2	59	0.10	13.0	109	0.10	8.0
10	0.10	6.5	60	0.10	10.2	110	0.10	5.3
11	0.10	1.1	61	0.35	3.3	111	0.10	1.4
12	0.10	2.2	62	0.10	3.6	112	0.10	1.8
13	0.10	4.3	63	0.10	3.0	113	0.10	2.6
14	0.10	1.6	64	0.10	7.5	114	0.10	1.5
15	0.10	2.4	65	0.10	4.8	115	0.10	11.1
16	0.10	6.6	66	0.10	3.3	116	0.10	2.3
17	0.25	8.5	67	0.10	2.7	117	0.10	2.8
18	0.10	2.3	68	0.10	3.0	118	0.10	2.5
19	0.10	8.4	69	0.10	4.1	119	0.10	2.0
20	0.10	6.3	70	0.10	7.2	120	0.10	6.1
21	0.10	2.9	71	0.35	62.5	121	0.35	122.2
22	0.10	11.9	72	0.10	3.9	122	0.10	3.5
23	0.35	0.8	73	0.10	8.7	123	0.10	5.2
24	0.10	2.5	74	0.10	5.0	124	0.25	17.2
25	0.10	9.9	75	0.25	135.1	125	0.10	2.3
26	0.15	2.1	76	0.10	4.2	126	0.10	7.8
27	0.25	11.5	77	0.10	4.3	127	0.15	9.1
28	0.10	2.8	78	0.10	2.3	128	0.10	2.3
29	0.10	1.2	79	0.10	2.6	129	0.10	9.0
30	0.10	1.2	80	0.10	5.5	130	0.10	8.5
31	0.10	1.4	81	0.10	7.8	131	0.10	1.5
32	0.15	3.2	82	0.10	3.7	132	0.10	8.5
33	0.10	1.2	83	0.10	8.0	133	0.10	5.8
34	0.10	1.9	84	0.10	2.3	134	0.15	25.9
35	0.10	5.7	85	0.10	3.4	135	0.10	1.8
36	0.10	3.6	86	0.25	32.3	136	0.15	14.9
37	0.10	1.6	87	0.10	2.0	137	0.10	5.3
38	0.35	9.1	88	0.35	114.6	138		
39	0.10	2.8	89	0.10	1.0	139		
40	0.10	11.7	90	0.10	1.2	140		
41	0.30	45.5	91	0.10	2.7	141		
42	0.10	1.7	92	0.10	6.5	142		
43	0.10	19.0	93	0.15	12.5	143		
44	0.10	17.5	94	0.10	4.7	144		
45	0.35	91.8	95	0.10	8.0	145		
46	0.10	2.8	96	0.25	68.3	146		
47	0.10	2.2	97	0.10	3.3	147		
48	0.35	5.6	98	0.10	2.3	148		
49	0.10	1.8	99	0.15	1.3	149		
50	0.10	6.2	100	0.10	1.6	150		
Suma:		442.9			672.0			63.8

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	1179	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>1637</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	490	cm
<b>Densidad de agrietamiento ≥ 0.30 mm =</b>	<b>681</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 07 de Julio de 2006

No. de mezcla: CTC-160

Fecha de medición: 09 de Julio de 2006

Arenas Utilizadas: 50 % Cedros + 50 % V. de Álvarez



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	3.2	51	0.15	0.7	101	0.10	2.9
2	0.10	5.9	52	0.10	2.1	102	0.10	2.0
3	0.10	2.4	53	0.10	2.1	103	0.10	1.1
4	0.10	1.0	54	0.10	3.2	104	0.10	1.3
5	0.15	0.7	55	0.35	15.0	105	0.10	7.3
6	0.10	1.0	56	0.15	1.2	106	0.10	0.8
7	0.10	2.7	57	0.10	1.7	107	0.10	1.3
8	0.10	1.4	58	0.10	1.7	108	0.10	2.2
9	0.10	3.7	59	0.10	6.3	109	0.15	1.2
10	0.10	5.2	60	0.10	1.3	110	0.10	1.7
11	0.10	2.1	61	0.35	0.9	111	0.10	2.2
12	0.10	2.1	62	0.10	3.1	112	0.10	1.8
13	0.10	2.3	63	0.10	1.3	113	0.10	2.4
14	0.10	2.7	64	0.10	2.2	114	0.10	2.8
15	0.10	1.3	65	0.10	0.7	115	0.10	3.0
16	0.10	6.7	66	0.10	14.7	116	0.10	2.1
17	0.35	3.5	67	0.10	1.9	117	0.10	1.2
18	0.10	2.4	68	0.10	6.0	118	0.10	0.7
19	0.10	1.3	69	0.10	1.4	119	0.10	2.1
20	0.10	15.1	70	0.10	3.0	120	0.10	2.2
21	0.10	2.8	71	0.10	1.0	121	0.10	2.4
22	0.10	5.1	72	0.10	2.0	122	0.10	1.7
23	0.35	1.2	73	0.10	1.1	123	0.10	1.0
24	0.10	3.5	74	0.10	1.3	124	0.10	0.9
25	0.10	2.2	75	0.10	2.3	125	0.10	1.9
26	0.15	8.4	76	0.10	2.4	126	0.15	6.0
27	0.10	4.1	77	0.10	3.3	127	0.15	6.7
28	0.10	4.0	78	0.10	5.1	128	0.10	4.0
29	0.10	4.0	79	0.10	2.3	129	0.10	2.3
30	0.10	2.7	80	0.10	2.2	130	0.10	1.0
31	0.10	2.4	81	0.10	8.0	131	0.10	3.1
32	0.15	4.0	82	0.10	1.0	132	0.10	2.0
33	0.10	2.9	83	0.10	1.1	133	0.10	1.2
34	0.10	7.2	84	0.10	2.2	134	0.10	2.1
35	0.10	3.3	85	0.10	0.9	135	0.10	2.2
36	0.10	1.4	86	0.10	1.4	136	0.10	7.9
37	0.10	1.7	87	0.10	1.3	137	0.10	1.3
38	0.35	5.8	88	0.10	0.9	138	0.10	1.4
39	0.10	9.3	89	0.10	0.5	139	0.10	3.3
40	0.10	2.3	90	0.10	5.2	140	0.10	7.1
41	0.15	14.9	91	0.10	4.0	141	0.10	1.2
42	0.10	3.4	92	0.10	1.2	142	0.10	4.4
43	0.10	2.9	93	0.10	4.0	143	0.10	7.9
44	0.10	1.3	94	0.10	1.2	144	0.10	0.5
45	0.10	0.8	95	0.10	2.4	145	0.10	2.0
46	0.10	1.2	96	0.10	4.3	146	0.10	0.7
47	0.10	2.0	97	0.10	2.2	147	0.10	1.0
48	0.35	1.7	98	0.10	1.7	148	0.10	1.7
49	0.10	2.2	99	0.15	8.9	149	0.10	0.9
50	0.10	2.7	100	0.10	1.0	150	0.10	1.7
Suma:		178.1			146.9			40.1

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	740	cm
Densidad de agrietamiento total =	1028	cm/m <sup>2</sup>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	43	cm
Densidad de agrietamiento ≥ 0.30 mm =	60	cm/m <sup>2</sup>

## HOLCIM APASCO

### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 07 de Julio de 2006 No. de mezcla: CTC-160 (a)  
 Fecha de medición: 09 de Julio de 2006 Arenas Utilizadas: 50 % Cedros + 50 % V. de Álvarez

No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
151	0.10	1.4	201	0.10	2.4	251	0.10	0.5	301	0.10	1.0
152	0.10	2.9	202	0.10	2.2	252	0.10	5.3	302	0.10	0.3
153	0.10	1.3	203	0.10	0.5	253	0.10	1.1	303	0.10	0.9
154	0.10	5.1	204	0.10	1.0	254	0.10	1.0	304	0.10	1.8
155	0.10	2.0	205	0.10	7.3	255	0.10	1.2	305	0.10	0.9
156	0.30	1.0	206	0.10	3.1	256	0.10	1.9	306	0.10	0.8
157	0.10	2.8	207	0.10	3.3	257	0.10	0.4	307	0.10	0.4
158	0.10	0.7	208	0.10	0.7	258	0.10	1.3	308	0.10	1.9
159	0.10	1.9	209	0.10	0.5	259	0.10	1.9	309	0.10	1.0
160	0.10	2.2	210	0.10	5.3	260	0.10	0.9	310	0.10	1.3
161	0.10	5.3	211	0.10	2.4	261	0.10	2.2	311	0.10	2.2
162	0.10	0.8	212	0.10	1.4	262	0.10	1.2	312	0.10	3.1
163	0.10	1.5	213	0.30	5.0	263	0.10	0.5	313	0.10	0.9
164	0.15	1.0	214	0.10	2.4	264	0.10	0.5	314	0.10	5.0
165	0.10	1.1	215	0.10	1.7	265	0.10	1.4	315	0.10	1.4
166	0.10	1.1	216	0.10	1.0	266	0.10	4.0	316	0.10	2.7
167	0.10	1.8	217	0.10	0.8	267	0.35	4.3	317	0.10	1.9
168	0.10	1.0	218	0.10	2.1	268	0.10	5.8	318	0.10	0.9
169	0.10	1.2	219	0.10	1.3	269	0.15	5.0	319	0.10	1.3
170	0.10	0.5	220	0.10	1.9	270	0.10	1.0	320	0.10	1.4
171	0.10	1.1	221	0.10	2.0	271	0.10	0.9	321	0.10	1.1
172	0.10	2.2	222	0.10	3.1	272	0.10	1.0	322	0.10	1.3
173	0.10	2.8	223	0.10	3.3	273	0.10	1.1	323	0.10	2.4
174	0.10	1.3	224	0.10	2.0	274	0.10	3.3	324	0.10	1.0
175	0.10	1.9	225	0.10	1.0	275	0.10	2.5	325	0.10	1.0
176	0.10	1.2	226	0.10	1.2	276	0.10	1.3	326	0.10	4.2
177	0.10	7.8	227	0.10	1.4	277	0.10	1.8	327	0.10	2.0
178	0.10	1.9	228	0.10	1.3	278	0.10	3.9	328	0.10	1.0
179	0.10	2.2	229	0.10	3.3	279	0.10	1.9	329	0.10	2.0
180	0.10	1.3	230	0.10	4.9	280	0.10	2.1	330	0.10	1.0
181	0.10	0.7	231	0.10	0.5	281	0.10	1.3	331	0.10	0.5
182	0.10	1.1	232	0.10	1.2	282	0.10	2.2	332	0.10	1.4
183	0.10	0.5	233	0.10	2.2	283	0.10	1.3	333	0.10	3.3
184	0.10	1.3	234	0.15	4.7	284	0.10	0.8	334	0.10	0.8
185	0.10	1.7	235	0.10	2.1	285	0.10	0.4	335	0.10	1.0
186	0.10	0.5	236	0.10	2.0	286	0.10	0.8	336	0.10	1.8
187	0.10	1.3	237	0.10	5.0	287	0.10	2.0	337		
188	0.10	2.2	238	0.10	1.3	288	0.30	5.0	338		
189	0.10	0.5	239	0.10	5.4	289	0.10	3.3	339		
190	0.10	0.7	240	0.10	3.3	290	0.10	0.9	340		
191	0.10	1.9	241	0.10	3.1	291	0.10	0.7	341		
192	0.10	0.5	242	0.10	4.3	292	0.10	0.7	342		
193	0.10	2.2	243	0.10	5.3	293	0.10	1.0	343		
194	0.10	2.4	244	0.10	3.3	294	0.10	3.3	344		
195	0.10	2.9	245	0.10	1.9	295	0.10	3.1	345		
196	0.10	1.1	246	0.10	2.1	296	0.10	2.1	346		
197	0.10	1.3	247	0.10	2.4	297	0.10	3.3	347		
198	0.10	1.7	248	0.10	3.5	298	0.10	2.3	348		
199	0.10	1.3	249	0.10	5.2	299	0.10	2.3	349		
200	0.10	1.5	250	0.10	2.9	300	0.10	1.0	350		
87.6			131.5			99.0			56.9		

Grietas totales = 375.0 cm  
 Grietas > 0.30 mm = 15.3 cm

## HOLCIM APASCO

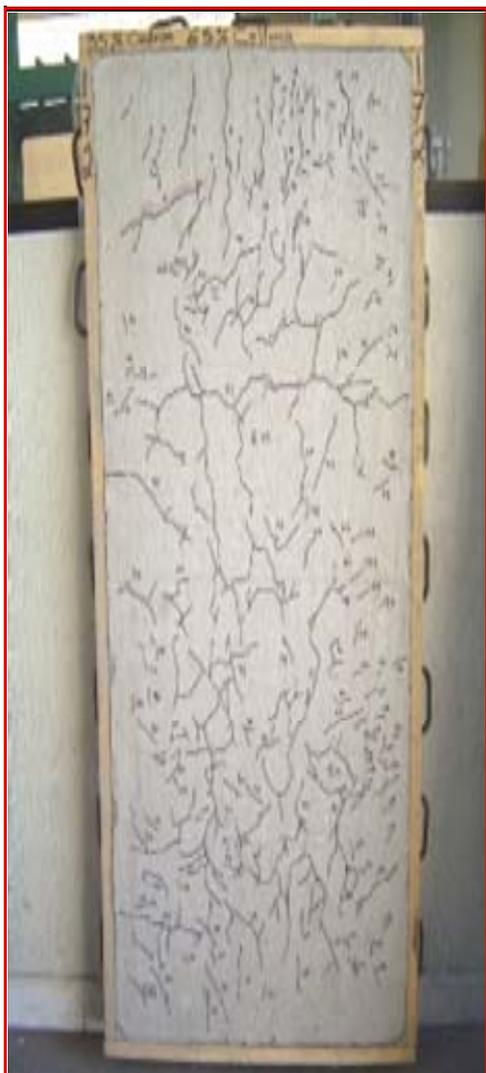
### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 07 de Julio de 2006

No. de mezcla: CTC-161

Fecha de medición: 09 de Julio de 2006

Arenas Utilizadas: 35 % Cedros + 65 % V. de Álvarez



No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)	No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)
1	0.10	1.2	51	0.15	1.7	101	0.10	1.3
2	0.10	5.3	52	0.10	1.3	102	0.10	2.0
3	0.10	3.3	53	0.10	1.1	103	0.10	3.0
4	0.10	1.5	54	0.10	0.8	104	0.10	0.5
5	0.35	3.3	55	0.10	1.3	105	0.10	2.0
6	0.15	1.4	56	0.15	1.1	106	0.10	0.6
7	0.10	8.2	57	0.10	0.7	107	0.10	1.7
8	0.10	1.2	58	0.10	2.9	108	0.10	0.9
9	0.10	1.9	59	0.10	0.9	109	0.15	10.0
10	0.10	1.9	60	0.10	0.5	110	0.10	12.9
11	0.10	1.2	61	0.35	0.6	111	0.10	1.7
12	0.10	4.8	62	0.10	1.4	112	0.10	1.9
13	0.10	1.0	63	0.10	1.7	113	0.10	0.5
14	0.10	1.9	64	0.10	3.2	114	0.10	1.0
15	0.10	1.7	65	0.10	0.8	115	0.10	1.0
16	0.10	1.2	66	0.10	0.7	116	0.10	0.4
17	0.25	0.8	67	0.10	2.0	117	0.10	1.8
18	0.10	3.1	68	0.10	0.4	118	0.10	0.9
19	0.10	0.7	69	0.10	1.0	119	0.10	1.7
20	0.10	1.3	70	0.10	2.1	120	0.10	1.0
21	0.10	2.0	71	0.10	1.8	121	0.10	2.9
22	0.10	2.4	72	0.10	2.3	122	0.10	3.7
23	0.35	1.7	73	0.10	2.1	123	0.10	2.2
24	0.10	5.0	74	0.10	0.9	124	0.10	1.2
25	0.10	4.8	75	0.10	0.8	125	0.10	0.6
26	0.10	2.2	76	0.10	0.7	126	0.10	0.4
27	0.10	3.3	77	0.10	0.4	127	0.10	0.5
28	0.10	7.4	78	0.10	0.7	128	0.10	0.5
29	0.10	15.2	79	0.10	1.2	129	0.10	1.2
30	0.10	1.3	80	0.10	3.2	130	0.10	0.9
31	0.10	4.2	81	0.10	3.1	131	0.10	0.7
32	0.15	4.3	82	0.10	1.9	132	0.10	1.1
33	0.10	1.0	83	0.10	0.5	133	0.10	1.3
34	0.10	2.8	84	0.10	1.3	134	0.10	2.3
35	0.10	1.7	85	0.10	2.7	135	0.10	1.8
36	0.10	4.0	86	0.10	0.7	136	0.10	3.2
37	0.10	1.3	87	0.10	1.2	137	0.10	3.2
38	0.35	2.3	88	0.10	4.0	138	0.10	1.4
39	0.10	0.9	89	0.10	4.0	139	0.10	3.3
40	0.10	6.4	90	0.10	1.3	140	0.10	1.6
41	0.10	2.2	91	0.10	4.5	141	0.10	1.4
42	0.10	16.0	92	0.10	1.0	142	0.10	6.1
43	0.10	6.3	93	0.10	0.7	143	0.10	0.9
44	0.10	3.3	94	0.10	3.4	144	0.10	6.3
45	0.10	3.1	95	0.10	15.0	145	0.10	1.4
46	0.10	1.7	96	0.10	7.3	146	0.10	1.4
47	0.10	24.0	97	0.10	1.7	147	0.10	2.4
48	0.35	5.3	98	0.10	2.9	148	0.10	4.9
49	0.10	4.7	99	0.10	2.0	149	0.10	6.4
50	0.10	3.0	100	0.10	0.4	150	0.10	7.3
Suma:		190.7			99.9			45.8

Área de la losa analizada =	0.72	m <sup>2</sup>
Longitud total de grietas =	707	cm
<b>Densidad de agrietamiento total =</b>	<b>982</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>
Longitud de grietas de ancho > 0.30 mm =	13	cm
<b>Densidad de agrietamiento ≥ 0.30 mm =</b>	<b>18</b>	<b>cm/m<sup>2</sup></b>

## HOLCIM APASCO

### MAPEO Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGRIETAMIENTO

Fecha de elaboración: 07 de Julio de 2006 No. de mezcla: CTC-161 (a)  
 Fecha de medición: 09 de Julio de 2006 Arenas Utilizadas: 35 % Cedros + 65 % V. de Álvarez

No.	Espesor (mm)	Longitud (cm)									
151	0.10	6.0	201	0.10	1.9	251	0.10	0.9	301		
152	0.10	3.3	202	0.10	5.1	252	0.10	4.3	302		
153	0.10	3.1	203	0.10	1.9	253	0.10	1.0	303		
154	0.10	7.9	204	0.10	0.5	254	0.10	1.2	304		
155	0.10	2.0	205	0.10	1.2	255	0.10	1.2	305		
156	0.25	24.0	206	0.10	1.7	256	0.10	2.4	306		
157	0.10	6.9	207	0.10	0.8	257	0.10	0.8	307		
158	0.10	2.1	208	0.10	0.4	258	0.10	1.2	308		
159	0.10	1.1	209	0.10	1.3	259	0.10	1.1	309		
160	0.10	4.1	210	0.10	2.0	260	0.10	0.8	310		
161	0.10	3.3	211	0.10	3.3	261	0.10	2.3	311		
162	0.10	3.3	212	0.10	0.9	262	0.10	0.5	312		
163	0.10	4.0	213	0.10	0.5	263	0.10	4.9	313		
164	0.15	15.3	214	0.25	24.8	264	0.10	2.2	314		
165	0.10	5.4	215	0.10	4.3	265	0.10	2.2	315		
166	0.10	10.4	216	0.10	2.2	266	0.10	1.2	316		
167	0.10	5.6	217	0.10	1.9	267	0.10	1.8	317		
168	0.10	0.9	218	0.25	24.3	268	0.10	0.5	318		
169	0.10	1.4	219	0.10	0.6	269	0.15	3.4	319		
170	0.10	2.4	220	0.10	8.4	270	0.10	1.9	320		
171	0.10	3.3	221	0.10	0.5	271	0.10	11.7	321		
172	0.10	2.4	222	0.10	0.7	272	0.10	0.9	322		
173	0.10	3.0	223	0.10	2.7	273	0.10	2.4	323		
174	0.10	0.4	224	0.10	3.3	274	0.10	0.9	324		
175	0.10	0.5	225	0.10	0.9	275	0.10	1.2	325		
176	0.10	1.9	226	0.10	0.5	276	0.10	0.9	326		
177	0.10	2.7	227	0.10	3.2	277	0.10	1.1	327		
178	0.10	1.8	228	0.10	1.3	278	0.10	4.2	328		
179	0.10	0.7	229	0.10	1.5	279	0.10	0.5	329		
180	0.10	1.8	230	0.10	1.0	280	0.10	4.1	330		
181	0.10	0.5	231	0.10	2.2	281	0.10	1.0	331		
182	0.10	1.1	232	0.10	0.7	282	0.10	0.5	332		
183	0.10	1.0	233	0.10	1.5	283	0.10	1.4	333		
184	0.10	1.9	234	0.15	6.0	284	0.10	1.7	334		
185	0.10	1.1	235	0.10	2.0	285	0.10	1.0	335		
186	0.10	0.7	236	0.10	1.1	286			336		
187	0.10	1.5	237	0.10	1.2	287			337		
188	0.10	1.1	238	0.10	0.5	288			338		
189	0.10	2.0	239	0.10	1.0	289			339		
190	0.10	0.7	240	0.10	0.4	290			340		
191	0.10	0.9	241	0.10	0.7	291			341		
192	0.10	0.7	242	0.10	0.8	292			342		
193	0.10	1.0	243	0.10	0.5	293			343		
194	0.10	0.6	244	0.10	1.9	294			344		
195	0.10	7.2	245	0.10	0.4	295			345		
196	0.10	4.0	246	0.10	1.2	296			346		
197	0.10	2.0	247	0.10	7.0	297			347		
198	0.10	1.4	248	0.10	1.1	298			348		
199	0.10	2.2	249	0.10	2.2	299			349		
200	0.10	2.0	250	0.10	1.0	300			350		

164.6

137.0

69.3

0.0

Grietas totales = 370.9 cm  
 Grietas > 0.30 mm = 0 cm

---

# **ANEXO D**

## **REPORTE DEL CAMBIO DE LONGITUD (CONTRACCIÓN POR SECADO)**

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno**  
 Fecha de elaboración: **Junio 26, 2006**  
 Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán**  
 Arenas Utilizadas: **30 % Cedros + 70 % V. Álvarez**  
 Agua: **Potable**  
 No. de mezcla: **CTC-152**

Relación A/C: **0.71**  
 Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
 Revenimiento: **14 cm**

**Condición de almacenamiento: 28 días de curado estándar y 28 días de secado.**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	27-Jun-06	24-Jul-06		28-Jul-06		31-Jul-06		21-Ago-06	
1	2.344	2.348	-0.002	2.302	0.017	2.296	0.019	2.236	0.043
2	0.430	0.428	0.001	0.39	0.016	0.382	0.019	0.308	0.049
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	1.387	1.388	0.000	1.346	0.016	1.339	0.019	1.272	0.046
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES									

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno**  
Fecha de elaboración: **Junio 29, 2006**  
Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán**  
Arenas Utilizadas: **100 % Cedros**  
Agua: **Potable**  
No. de mezcla: **CTC-153**

Relación A/C: **0.77**  
Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
Revenimiento: **15 cm**

Condición de almacenamiento: **28 días de curado estándar y 28 días de secado.**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	30-Jun-06	27-Jul-06		31-Jul-06		03-Ago-06		24-Ago-06	
1	3.190	3.184	0.002	3.134	0.022	3.124	0.026	3.042	0.059
2	3.716	3.704	0.005	3.666	0.020	3.652	0.026	3.556	0.064
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	3.453	3.444	0.004	3.400	0.021	3.388	0.026	3.299	0.062
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno**  
 Fecha de elaboración: **Junio 29, 2006**  
 Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán**  
 Arenas Utilizadas: **100 % San Simón**  
 Agua: **Potable**  
 No. de mezcla: **CTC-154**

Relación A/C: **0.72**  
 Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
 Revenimiento: **15 cm**

**Condición de almacenamiento: 28 días de curado estándar y 28 días de secado.**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	30-Jun-06	27-Jul-06		31-Jul-06		03-Ago-06		24-Ago-06	
1	2.196	2.206	-0.004	2.174	0.009	2.148	0.019	2.070	0.050
2	0.166	0.174	-0.003	0.132	0.014	0.108	0.023	0.020	0.058
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	1.181	1.190	-0.004	1.153	0.011	1.128	0.021	1.045	0.054
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES									

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno** Relación A/C: **0.69**  
 Fecha de elaboración: **Junio 29, 2006** Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
 Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán** Revenimiento: **15 cm**  
 Arenas Utilizadas: **100 % V. de Álvarez**  
 Agua: **Potable** **Condición de almacenamiento: 28 días de curado estándar y 28 días de secado.**  
 No. de mezcla: **CTC-155**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	30-Jun-06	27-Jul-06		31-Jul-06		03-Ago-06		24-Ago-06	
1	1.280	1.292	-0.005	1.258	0.009	1.224	0.022	1.172	0.043
2	0.974	0.988	-0.006	0.948	0.010	0.922	0.021	0.850	0.050
3			0.000		0.000		0.000		
Promedio:	1.127	1.140	-0.005	1.103	0.010	1.073	0.022	1.011	0.046
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES									

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno** Relación A/C: **0.73**  
 Fecha de elaboración: **Julio 3, 2006** Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
 Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán** Revenimiento: **14 cm**  
 Arenas Utilizadas: **65 % Cedros + 35 % San Simón**  
 Agua: **Potable** Condición de almacenamiento: **28 días de curado estándar y 28 días de secado.**  
 No. de mezcla: **CTC-156**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	04-Jul-06	31-Jul-06		04-Ago-06		07-Ago-06		28-Ago-06	
1	0.604	0.6	0.002	0.552	0.021	0.532	0.029	0.456	0.059
2	1.084	1.076	0.003	1.036	0.019	1.012	0.029	0.942	0.057
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	0.844	0.838	0.002	0.794	0.020	0.772	0.029	0.699	0.058
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES									

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno** Relación A/C: **0.72**  
 Fecha de elaboración: **Julio 3, 2006** Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
 Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán** Revenimiento: **14 cm**  
 Arenas Utilizadas: **50 % Cedros + 50 % San Simón**  
 Agua: **Potable** Condición de almacenamiento: **28 días de curado estándar y 28 días de secado.**  
 No. de mezcla: **CTC-157**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	04-Jul-06	31-Jul-06		04-Ago-06		07-Ago-06		28-Ago-06	
1	0.346	0.344	0.001	0.312	0.014	0.292	0.022	0.220	0.050
2	0.682	0.678	0.002	0.642	0.016	0.618	0.026	0.544	0.055
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	0.514	0.511	0.001	0.477	0.015	0.455	0.024	0.382	0.053
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES									

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno**  
 Fecha de elaboración: **Julio 3, 2006**  
 Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán**  
 Arenas Utilizadas: **35 % Cedros + 65 % San Simón**  
 Agua: **Potable**  
 No. de mezcla: **CTC-158**

Relación A/C: **0.71**  
 Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
 Revenimiento: **14 cm**

**Condición de almacenamiento: 28 días de curado estándar y 28 días de secado.**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	04-Jul-06	31-Jul-06		04-Ago-06		07-Ago-06		28-Ago-06	
1	1.548	1.54	0.003	1.516	0.013	1.482	0.026	1.420	0.051
2	0.214	0.21	0.002	0.176	0.015	0.152	0.025	0.086	0.051
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	0.881	0.875	0.002	0.846	0.014	0.817	0.026	0.753	0.051
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES									

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: Interno Relación A/C: 0.73  
 Fecha de elaboración: Julio 7, 2006 Contenido de álcalis del cemento: N.A.  
 Cemento empleado: CPC 40 Tecomán Revenimiento: 14 cm  
 Arenas Utilizadas: 65 % Cedros + 35 % V. de Álvarez  
 Agua: Potable Condición de almacenamiento: 28 días de curado estándar y 28 días de secado.  
 No. de mezcla: CTC-159

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	08-Jul-06	04-Ago-06		08-Ago-06		11-Ago-06		01-Sep-06	
1	0.916	0.904	0.005	0.858	0.023	0.839	0.031	0.778	0.055
2	0.932	0.926	0.002	0.88	0.021	0.858	0.030	0.806	0.050
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	0.924	0.915	0.004	0.869	0.022	0.849	0.030	0.792	0.053
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES									

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno** Relación A/C: **0.71**  
 Fecha de elaboración: **Julio 7, 2006** Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
 Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán** Revenimiento: **16 cm**  
 Arenas Utilizadas: **50 % Cedros + 50 % V. de Álvarez**  
 Agua: **Potable** **Condición de almacenamiento: 28 días de curado estándar y 28 días de secado.**  
 No. de mezcla: **CTC-160**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	08-Jul-06	04-Ago-06		08-Ago-06		11-Ago-06		01-Sep-06	
1	1.878	1.882	-0.002	1.84	0.015	1.830	0.019	1.778	0.040
2	1.676	1.678	-0.001	1.638	0.015	1.622	0.022	1.564	0.045
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	1.777	1.780	-0.001	1.739	0.015	1.726	0.020	1.671	0.042
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES

# Holcim Apasco

## Centro Tecnológico del Concreto

Prol. Isidro Fabela No. 1517 Nte. Toluca, Edo. de México. Tel. ( 722 ) 2 79 29 00

### REPORTE DE VARIACIÓN DE LONGITUD DE ESPECIMENES DE CEMENTO Y CONCRETO ENDURECIDO

Normas de Referencia : NMX-C-173-1990

No. de solicitud: **Interno** Relación A/C: **0.71**  
 Fecha de elaboración: **Julio 7, 2006** Contenido de álcalis del cemento: **N.A.**  
 Cemento empleado: **CPC 40 Tecomán** Revenimiento: **16 cm**  
 Arenas Utilizadas: **35 % Cedros + 65 % V. de Álvarez**  
 Agua: **Potable** Condición de almacenamiento: **28 días de curado estándar y 28 días de secado.**  
 No. de mezcla: **CTC-161**

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 28 días (C. Húmedo)	Cambio de longitud, %	Lectura a 4 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 7 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 28 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :	08-Jul-06	04-Ago-06		08-Ago-06		11-Ago-06		01-Sep-06	
1	1.480	1.482	-0.001	1.436	0.018	1.406	0.030	1.376	0.042
2	2.244	2.254	-0.004	2.202	0.017	2.178	0.026	2.148	0.038
3			0.000		0.000		0.000		0.000
Promedio:	1.862	1.868	-0.002	1.819	0.017	1.792	0.028	1.762	0.040
Ensayó:	JAS								

No. de espécimen	Lectura inicial	Lectura a 56 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 112 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 224 días (Secado)	Cambio de longitud, %	Lectura a 448 días (Secado)	Cambio de longitud, %
Fecha :									
1									
2									
3									
Promedio:									
Ensayó:									

OBSERVACIONES									

---

# **ANEXO E**

## **MÓDULO DE ELASTICIDAD**

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Junio 26, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-152</b>	FECHA DE PRUEBA: <b>Julio 24, 2006</b>
ALTURA ENTRE ANILLOS: <b>152</b>	EDAD: <b>28</b> DIAS

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	<b>10</b>	Cilindro N°:	<b>10</b>
Diámetro, cm	<b>15.0</b>	Volumen, cm³	<b>5336</b>
Altura, cm	<b>30.2</b>	Peso volumétrico, kg/m³	<b>2282</b>
Área, cm²	<b>176.7</b>	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	<b>328</b>
Masa kg	<b>12.18</b>		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO			(DUL)		
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2000	0.014	0.012	0.012				39.5	s1=	14.34
3000	0.020	0.018	0.018				59.2		2533.33
4000	0.026	0.024	0.024				78.9	d1=	0.00005
5000	0.033	0.031	0.031				102.0		
10000			0.065				213.8	s2=	131.2
15000			0.096				315.8	d2=	0.00052694
20000			0.136				447.4		
25000			0.174				572.4	23183	
30000			0.219				720.4	MODULO	
35000			0.270				888.2	(kg/cm²)=	<b>245,025</b>
40000									
45000								K=	<b>13,529</b>
50000									
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS

DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO

Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Junio 29, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-153</b>	FECHA DE PRUEBA: <b>Julio 27, 2006</b>
ALTURA ENTRE ANILLOS: <b>152</b>	EDAD: <b>28 DIAS</b>

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	<b>10</b>	Cilindro N°:	<b>10</b>
Diámetro, cm	<b>15.0</b>	Volumen, cm³	<b>5319</b>
Altura, cm	<b>30.1</b>	Peso volumétrico, kg/m³	<b>2291</b>
Área, cm²	<b>176.7</b>	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	<b>282</b>
Masa kg	<b>12.19</b>		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO			(DUL)		
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2000	0.012	0.012	0.012				39.5	s1=	13.58
3000	0.020	0.020	0.020				65.8		2400.00
4000	0.026	0.026	0.026				85.5	d1=	0.00005
5000	0.033	0.033	0.033				108.6		
10000	0.068	0.068	0.068				223.7	s2=	112.8
15000			0.103				338.8	d2=	0.00045887
20000			0.140				460.5		
25000			0.183				602.0	19932	
30000			0.235				773.0	MODULO (kg/cm²)=	<b>242,666</b>
40000									
45000								K=	<b>14,451</b>
50000									
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS

DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO

Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Junio 29, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-154</b>	FECHA DE PRUEBA: <b>Julio 27, 2006</b>
ALTURA ENTRE ANILLOS: <b>152</b>	EDAD: <b>28 DIAS</b>

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	<b>10</b>	Cilindro N°:	<b>10</b>
Diámetro, cm	<b>15.0</b>	Volumen, cm³	<b>5283</b>
Altura, cm	<b>29.9</b>	Peso volumétrico, kg/m³	<b>2236</b>
Área, cm²	<b>176.7</b>	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	<b>313</b>
Masa kg	<b>11.81</b>		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO			(DUL)		
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2000	0.012	0.012	0.012				39.5	s1=	13.91
3000	0.019	0.019	0.019				62.5		2457.14
4000	0.026	0.026	0.026				85.5	d1=	0.00005
5000	0.033	0.033	0.033				108.6		
10000	0.071	0.071	0.071				233.6	s2=	125.2
15000			0.110				361.8	d2=	0.00057411
20000			0.155				509.9		
25000			0.201				661.2	<b>22123</b>	
30000			0.249				819.1	MODULO	
35000			0.307				1009.9	(kg/cm²)=	<b>212,348</b>
40000									
45000								K=	<b>12,003</b>
50000									
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS

DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO

Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Junio 29, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-155</b>	FECHA DE PRUEBA: <b>Julio 27, 2006</b>
ALTURA ENTRE ANILLOS: <b>152</b>	EDAD: <b>28 DIAS</b>

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	<b>10</b>	Cilindro N°:	<b>10</b>
Diámetro, cm	<b>15.0</b>	Volumen, cm³	<b>5301</b>
Altura, cm	<b>30.0</b>	Peso volumétrico, kg/m³	<b>2341</b>
Área, cm²	<b>176.7</b>	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	<b>344</b>
Masa kg	<b>12.41</b>		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO			(DUL)		
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2000	0.012	0.012	0.012				39.5	s1=	13.91
3000	0.018	0.019	0.019				62.5		2457.14
4000	0.024	0.025	0.025				82.2	d1=	0.00005
5000	0.031	0.032	0.032				105.3		
10000			0.066				217.1	s2=	137.6
15000			0.097				319.1	d2=	0.00055431
20000			0.134				440.8		
25000			0.174				572.4	<b>24314</b>	
30000			0.218				717.1	MODULO	
35000			0.269				884.9	(kg/cm²)=	<b>245,272</b>
40000									
45000								K=	<b>13,224</b>
50000									
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS

DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO

Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Julio 3, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-156</b>	FECHA DE PRUEBA: <b>Julio 31, 2006</b>
ALTURA ENTRE ANILLOS: <b>152</b>	EDAD: <b>28 DIAS</b>

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	<b>10</b>	Cilindro N°:	<b>10</b>
Diámetro, cm	<b>15.0</b>	Volumen, cm³	<b>5319</b>
Altura, cm	<b>30.1</b>	Peso volumétrico, kg/m³	<b>2279</b>
Área, cm²	<b>176.7</b>	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	<b>288</b>
Masa kg	<b>12.12</b>		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL (DUL)		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO					
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2000	0.014	0.012	0.012				39.5	s1=	13.58
3000	0.021	0.020	0.020				65.8		2400.00
4000	0.028	0.027	0.027				88.8	d1=	0.00005
5000	0.036	0.034	0.034				111.8		
10000	0.071	0.070	0.070				230.3	s2=	115.2
15000			0.106				348.7	d2=	0.00048422
20000			0.144				473.7		
25000			0.189				621.7	20356	
30000			0.240				789.5	MODULO (kg/cm²)=	234,024
35000									
40000									
45000								K=	13,790
50000									
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS

DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO

Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Julio 3, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-157</b>	FECHA DE PRUEBA: <b>Julio 31, 2006</b>
ALTURA ENTRE ANILLOS: <b>152</b>	EDAD: <b>28</b> DIAS

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	<b>9</b>	Cilindro N°:	<b>9</b>
Diámetro, cm	<b>15.0</b>	Volumen, cm³	<b>5354</b>
Altura, cm	<b>30.3</b>	Peso volumétrico, kg/m³	<b>2321</b>
Área, cm²	<b>176.7</b>	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	<b>278</b>
Masa kg	<b>12.43</b>		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL (DUL)		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO					
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2000	0.014	0.014	0.014				46.1	s1=	12.45
3000	0.020	0.020	0.020				65.8		2200.00
4000	0.026	0.026	0.026				85.5	d1=	0.00005
5000	0.034	0.034	0.034				111.8		
10000	0.074	0.074	0.074				243.4	s2=	111.2
15000			0.114				375.0	d2=	0.00050346
20000			0.156				513.2		
25000			0.210				690.8	19649	
30000			0.258				848.7	MODULO (kg/cm²)=	217,769
35000									
40000									
45000								K=	13,061
50000									
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS

DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO

Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Julio 3, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-158</b>	FECHA DE PRUEBA: <b>Julio 31, 2006</b>
ALTURA ENTRE ANILLOS: <b>152</b>	EDAD: <b>28 DIAS</b>

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	<b>10</b>	Cilindro N°:	<b>10</b>
Diámetro, cm	<b>15.0</b>	Volumen, cm³	<b>5319</b>
Altura, cm	<b>30.1</b>	Peso volumétrico, kg/m³	<b>2222</b>
Área, cm²	<b>176.7</b>	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	<b>299</b>
Masa kg	<b>11.82</b>		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO			(DUL)		
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2000	0.014	0.014	0.014				46.1	s1=	12.45
3000	0.020	0.020	0.020				65.8		2200.00
4000	0.026	0.026	0.026				85.5	d1=	0.00005
5000	0.035	0.034	0.034				111.8		
10000	0.072	0.071	0.071				233.6	s2=	119.6
15000			0.107				352.0	d2=	0.00051382
20000			0.146				480.3		
25000			0.191				628.3	<b>21133</b>	
30000			0.242				796.1	MODULO (kg/cm²)=	<b>231,018</b>
35000									
40000									
45000								K=	<b>13,360</b>
50000									
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS

DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO

Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Julio 7, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-159</b>	FECHA DE PRUEBA: Agosto 4, 2006
ALTURA ENTRE ANILLOS: 152	EDAD: 28 DIAS

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	10	Cilindro N°:	10
Diámetro, cm	15.0	Volumen, cm³	5336
Altura, cm	30.2	Peso volumétrico, kg/m³	2310
Área, cm²	176.7	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	373
Masa kg	12.33		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO			(DUL)		
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2500	0.014	0.014	0.014				46.1	s1=	15.21
5000	0.030	0.030	0.030				98.7		2687.50
10000	0.062	0.062	0.062				203.9	d1=	0.00005
15000	0.094	0.091	0.091				299.3		
20000			0.123				404.6	s2=	149.2
25000			0.156				513.2	d2=	0.00054904
30000			0.196				644.7		
35000			0.237				779.6	26364	
40000			0.283				930.9	MODULO (kg/cm²)=	268,495
45000									
50000								K=	13,902
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS  
DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO  
Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Julio 7, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-160</b>	FECHA DE PRUEBA: Agosto 4, 2006
ALTURA ENTRE ANILLOS: 152	EDAD: 28 DIAS

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	10	Cilindro N°:	10
Diámetro, cm	15.0	Volumen, cm³	5319
Altura, cm	30.1	Peso volumétrico, kg/m³	2332
Área, cm²	176.7	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	342
Masa kg	12.40		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO			(DUL)		
PRECARGAS	1	2	BUENA						
2500	0.014	0.016	0.016				52.6	s1=	13.48
5000	0.031	0.033	0.033				108.6		2382.35
10000	0.064	0.066	0.065				213.8	d1=	0.00005
15000	0.095	0.096	0.095				312.5		
20000			0.129				424.3	s2=	136.8
25000			0.163				536.2	d2=	0.00051768
30000			0.204				671.1		
35000			0.251				825.7	24173	
40000								MODULO	
45000								(kg/cm²)=	263,682
50000									
55000								K=	14,258

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS  
DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO  
Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

**HOLCIM APASCO**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CONCRETO

**REGISTRO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y  
RELACIÓN DE POISSON EN EL CONCRETO**

NMX-C-128-1997

CLIENTE: <b>CTC</b>	FECHA DE MUESTREO: <b>Julio 7, 2006</b>
MUESTRA N°: <b>CTC-161</b>	FECHA DE PRUEBA: Agosto 4, 2006
ALTURA ENTRE ANILLOS: 152	EDAD: 28 DÍAS

DATOS DE ESPECIMENES

Cilindro N°:	10	Cilindro N°:	10
Diámetro, cm	15.0	Volumen, cm³	5301
Altura, cm	30.0	Peso volumétrico, kg/m³	2291
Área, cm²	176.7	Resistencia Obtenida, Kg/cm²	345
Masa kg	12.14		

LECTURAS DE DEFORMACIÓN

CARGA, Kg	DEFORMACIÓN EN mm						DEFORMACIÓN UNITARIA		
	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			LONGITUDINAL		
	LECTURA EN MICRÓMETRO			LECTURA EN MICRÓMETRO			(DUL)		
PRECARGAS	1	2	BUENA						
1000	0.006	0.006	0.006				19.7	s1=	14.34
2000	0.012	0.012	0.012				39.5		2533.33
3000	0.018	0.018	0.018				59.2	d1=	0.00005
4000	0.024	0.024	0.024				78.9		
5000			0.031				102.0	s2=	138
10000			0.064				210.5	d2=	0.00053396
15000			0.096				315.8		
20000			0.129				424.3	24385	
25000			0.167				549.3	MÓDULO	
30000			0.208				684.2	(kg/cm²)=	255,525
35000			0.257				845.4		
40000								K=	13,757
45000									
50000									
55000									

Dul = DEFORMACIÓN LONGITUDINAL / 2) / ALTURA ENTRE ANILLOS

DUT= ( DEFORMACIÓN TRANSVERSAL / 2) / DIAMETRO

Nota: Para ambos cálculos ver puntos 4.3 y 4.4 del Método de Prueba SAC-ME-LB-027

OBSERVACIONES:	ENSAYÓ: J. Prado
	REVISÓ: J. Andrade

---

# **ANEXO F**

## **FICHAS TÉCNICAS DE LOS ADITIVOS EMPLEADOS**

# EUCON MR 370

## ADITIVO REDUCTOR DE AGUA Y RETARDANTE DE MEDIO RANGO

### DESCRIPCION

**EUCON MR 370**, es un aditivo reductor de agua y plastificante de medio rango para concreto y mortero.

El concreto con **EUCON MR 370** facilita su colocación en sitios difíciles y lo hace apto para el bombeo o colocación.

El aditivo **EUCON MR 370** cumple con la norma **ASTM C-494 TIPO D**.

### APLICACIONES PRINCIPALES

- **EUCON MR 370** se usa para hacer entregas de concreto a sitios distantes de la planta de concreto premezclado.
- Concretos que requieran un tiempo de manejabilidad prolongado, descimbrados y desarrollo temprano de resistencias a compresión.
- Es indicado para colados de concreto Tremi.
- Para colados de elementos de concreto altamente reforzado
- Permite ofrecer reducciones de agua de mezcla entre un 8% y un 12%

### BENEFICIOS

#### EN CONCRETO PLÁSTICO

- Mejora la manejabilidad
- Mejora el acabado de concretos
- Ofrece concretos de alta fluidez
- Reduce los agrietamientos prematuros
- Reduce la segregación
- Mejora los tiempos de fraguado

#### EN CONCRETO ENDURECIDO

- Incrementa todas las resistencias
- Reduce la permeabilidad
- Mejora el terminado y apariencia del concreto
- Reduce el agrietamiento
- Incrementa la durabilidad
- No mancha el concreto.

### INFORMACION TECNICA

Densidad: 1.20 kg/mL.  
Color: Café  
Contenidos de cloruros: ninguno

RESULTADOS DE RESISTENCIAS A COMPRESION COMPARADOS CON UN CONCRETO DE REFERENCIA:

EDAD	REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ASTM	EUCON MR 370
3 días	125 %	125 %
7 días	115 %	116%
28 días	110 %	110%

Los resultados de resistencias a compresión pueden variar y dependen de las características de los materiales, diseño del concreto, preparación de las mezclas y curado de las mismas.

Los tiempos de fraguado pueden variar de acuerdo con la dosis, diseño de la mezcla, tipo de cemento y temperatura ambiente.

### INSTRUCCIONES DE USO

El **EUCON MR 370** debe ser adicionado al agua de mezcla o al concreto húmedo y antes de su colocación. No se debe adicionar directamente al cemento o al mismo tiempo con otros aditivos.

El **EUCON MR 370** puede ser dosificado con equipo automático para garantizar uniformidad en el trabajo.

### DOSIFICACION

El aditivo **EUCON MR 370** se recomienda en dosis comprendidas entre 5 y 9 mL/kg de cemento. La dosis depende de las características de los materiales que se usen en el diseño, así como también de la temperatura y humedad relativa del medio ambiente.

Para definir la dosis óptima se recomienda efectuar ensayos previos.

### ENVASE

- A Granel.
- Tambor de 200 L.
- Garrafas de 20 L.

### RECOMENDACIONES ESPECIALES

- La dosis óptima se debe establecer haciendo ensayos previos en el sitio de trabajo
- Se debe adicionar por separado de otros aditivos
- El empleo del **EUCON MR 370** en dosificaciones mayores a las recomendadas puede ocasionar retardo en el fraguado del concreto que no afecta la resistencia final.
- La elaboración de concreto o mortero fluido con **EUCON MR 370**, exige una adecuada distribución granulométrica y un contenido de finos suficientes para lograr mezclas cohesivas con buena trabajabilidad.

- 
- El concreto elaborado con **EUCON MR 370** requiere de la misma práctica y supervisión en la colocación, acabado y curado que la indicada por el **ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)**.
  - Puede tener problemas de compatibilidad en combinación con aditivos base policarboxilatos.
  - Usar guantes de hule y gafas de seguridad durante su manipulación

#### **ALMACENAMIENTO**

El aditivo **EUCON MR 370** debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y en áreas ventiladas.

**Vida útil:** 12 meses en el envase original cerrado.

**Nota:** Para mayor información sobre este producto diríjase al Departamento de Atención a Clientes The Euclid Chemical Company, México o a su representante técnico en la Región.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los sustratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previas a su empleo en gran escala.

The Euclid Chemical Company se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo. La única garantía sobre los productos Euclid, fabricados o comercializados por The Euclid Chemical Company, se describe en la página 1 de este catálogo.

# EUCON MR 400

## ADITIVO REDUCTOR DE AGUA Y RETARDANTE DE MEDIO RANGO PARA CONDICIONES CRÍTICAS DE CLIMA Y AGREGADOS

### DESCRIPCIÓN

**EUCON MR 400** es un aditivo reductor de agua y plastificante de medio rango para concreto y mortero.

Especialmente formulado para desempeñarse bien bajo condiciones críticas de materiales, arenas y agregados con altos contenidos de arcillas en sus finos, manteniendo el comportamiento normal de un Medio Rango.

**EUCON MR 400** cumple con la norma ASTM C 494 como aditivo tipo A y G.

**EUCON MR 400** no contiene cloruros adicionados en su formulación.

### APLICACIONES PRINCIPALES

- **EUCON MR 400** se emplea donde por condiciones de ubicación geográfica no se cuenta con materiales óptimos, (arenas y agregados con contenidos de arcillas bajos), que permitan el buen desempeño del concreto.
- Donde se requiera altas reducciones de agua, por encima de 15%.
- Concretos con alta trabajabilidad y bajos retardos en el fraguado, generados por las arcillas.
- Concreto con altas resistencia a todas las edades.

**EUCON MR 400** es compatible con aditivos, retardantes, plastificantes, reductores de alto rango base naftaleno, inclusores de aire y acelerantes. No es compatible con aditivos base Policarboxilato.

### BENEFICIOS

**EUCON MR 400** proporciona los siguientes beneficios:

En estado plástico:

- Reduce la alta demanda de agua generada por la presencia de arcillas en la mezcla y genera una reducción adicional en el concreto.
- Mejora los tiempos de fraguado.
- Es un aditivo para altas solicitudes en su desempeño.
- Disminuye el riesgo de agrietamiento por contracción plástica en condiciones extremas, viento temperatura y materiales.
- Proporciona alta fluidez inicial al concreto.

En estado endurecido:

- Mejora la resistencia del concreto a todas las edades.
- Incrementa durabilidad.
- Reduce la permeabilidad.
- Reduce drásticamente el agrietamiento.

### INFORMACION TECNICA:

Densidad: 1.21 a 1.25 Kg / L  
pH: 4.50 a 8.50  
Color: Café  
Contenido de Cloruros: Ninguno

Los resultados abajo reportados están basados en un una mezcla base empleando cemento CPC 40 y arenas con contenidos de arcilla.

Tiempo de fraguado

Fraguado Inicial: 1h a 2 h respecto al testigo  
Fraguado Final: 1h a 2 h respecto al testigo

Los tiempos de fraguado cambian de acuerdo a la dosis de aditivo empleada

Reducción agua:

12 % - 15 % respecto al testigo.

Resistencias:

3 días:	incremento	135 %
7 días:	Incremento	150 %
28 días:	Incremento	135 %

### INSTRUCCIONES DE USO

**Dosificación.- EUCON MR 400** se dosifica a razón de 5 a 9 mL/kg de cemento. Debe ser adicionado al agua de mezcla o al concreto húmedo y antes de su colocación. No se debe adicionar directamente al cemento o al mismo tiempo con otros aditivos.

**EUCON MR 400**, puede se dosificado con equipo automático para garantizar uniformidad en el trabajo

Dado que la dosis del aditivo depende de las características de los materiales que se usen en el diseño, así como de la temperatura y humedad relativa del medio ambiente recomendamos enfáticamente consultar con el representante técnico de Euclid Chemical, para efectuar las mezclas previas necesarias y determinar la dosificación óptima en función de sus materiales.

### ENVASE

- A granel
- Tambores de 200 L.

### RECOMENDACIONES ESPECIALES

- 
- El empleo del **EUCON MR 400** en dosificaciones mayores a las recomendadas puede ocasionar retardo en el fraguado del concreto que no afecta la resistencia final.
  - La elaboración de mezclas de concreto con una temperatura mayor a los 32° C ocasionará rápida pérdida de trabajabilidad debido a la evaporación del contenido de agua en el concreto, asimismo los agregados demasiado absorbentes si no se dosifican en estado SSS ocasionaran pérdida rápida del revenimiento que desmeritaría el buen desempeño de los aditivo.

#### **ALMACENAMIENTO**

- El aditivo **EUCON MR 400** debe almacenarse en envase original herméticamente cerrado.

**Vida útil:** 12 meses en el envase original.

**Nota:** Para mayor información sobre este producto dirjase al Departamento de Atención a Clientes The Euclid Chemical Company, México o a su representante técnico en la Región.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los substratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previas a su empleo en gran escala.

The Euclid Chemical Company se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo. La única garantía sobre los productos Euclid, fabricados o comercializados por The Euclid Chemical Company, se describe en la página 1 de este catálogo.

---

## Glosario de términos

- Absorción:** Es la capacidad del agregado para absorber agua, hasta alcanzar el estado de saturado y superficialmente seco. Generalmente se expresa como un porcentaje de su masa seca del material.
- Humedad:** Masa de agua que tiene un agregado tanto dentro de los poros de sus granos como rodeando su superficie referida a su masa en estado seco.
- Aire atrapado:** Son los vacíos que se crean el concreto de forma natural durante el proceso de mezclado.
- Aire incluido:** Son burbujas de aire que incorporan intencionalmente en el mortero o concreto durante el mezclado, usualmente empleando un agente químico.
- Contracción:** Disminución de volumen en el concreto o mortero causado por pérdida de humedad, cambios químicos y temperatura a lo largo del tiempo.
- Criba o malla:** Placa metálica o lámina, una tela de alambre tejida, con espacios abiertos regulares de tamaño uniforme, montados en un marco o soporte apropiado para usarse en la separación de materiales de acuerdo a su tamaño.
- Grieta:** Abertura en el concreto de magnitud importante que puede ser indicativa de una falla estructural.
- Fisura:** Abertura superficial del concreto que no tiene consecuencias estructurales.
- Durabilidad:** Es la capacidad del concreto hidráulico para resistir satisfactoriamente durante un tiempo determinado (vida útil) la acción ambiental, ataque químico o abrasión y de proteger al acero de refuerzo y demás elementos metálicos de la corrosión o cualquier otro proceso de deterioro, para mantener su forma original, condición de servicio y propiedades mecánicas.
- Reacción**
- Álcali-Agregado:** Reacción entre los álcalis (potasio y sodio) del cemento Pórtland y ciertas rocas de origen sílico o carbonatadas presentes en algunos agregados, principalmente en la caliza dolomítica. La consecuencia de estas reacciones puede ser la expansión anormal y incluso destrucción paulatina del concreto.

---

<b>Capilaridad:</b>	Es el movimiento de un líquido a través de un sistema poroso debido a tensión superficial.
<b>Espécimen:</b>	Parte representativa de un material que se emplea para determinar sus características.
<b>f'c:</b>	Es la resistencia a la compresión del concreto determinada en cilindros estándar de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, a la edad de 28 días.
<b>Sangrado:</b>	Es la migración de una parte del agua de mezclado hacia la superficie del concreto.
<b>Variación de Longitud:</b>	Es el aumento o disminución de longitud de un espécimen que ha sido sometido a cambios de humedad y temperatura, sin estar sometido a fuerzas o cargas exteriores.
<b>Plastificante:</b>	Moléculas orgánicas que se agregan a un polímero para reducir las interacciones intermoleculares entre las cadenas de polímero. El efecto del plastificante es hacer que el material sea más maleable.

---

## Abreviaturas

a/c	relación agua-cemento
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
°C	grado centígrado
cm	centímetro
cm <sup>2</sup>	centímetro cuadrado
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico
CPC 40	Cemento Portland Compuesto, con resistencia a los 28 días de 40 N/mm <sup>2</sup>
cxs	contracción por secado
E	módulo de elasticidad
f'c	resistencia a la compresión
F.I.	fraguado inicial
g	gramo
kg	Kilogramo
k	constante para calcular el módulo de elasticidad
Mr	módulo de ruptura del concreto
m	metro
m <sup>3</sup>	metro cúbico
min	minuto
mm	milímetro
ml	mililitros
N	Newton
ONNCCE	Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
P. Grava	porcentaje de grava

---

P. Arena	porcentaje de arena
PV	peso volumétrico
PVSC	peso volumétrico seco suelto de los agregados
PVSC	peso volumétrico seco compactado de los agregados
sss	saturado y superficialmente seco
t	tonelada
l	litro
TMA	tamaño máximo del agregado
$\geq$	mayor o igual que

---

## Bibliografía

1. American Concrete Institute ACI 224R-01. **Control of Cracking in Concrete Structures.**
2. Concrete Society Technical Report No. 22. **Non structural cracks in concrete.**
3. Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: **Diseño y Control de Mezclas de Concreto.** Portland Cement Association, EE.UU., 2004.
4. Villareal, Víctor Hugo. **Building Better Pavements Through Internal Hydration a Work in Progress.** International Symposium on Durability of Concrete, Monterrey, N. L. México, Mayo, 2005.
5. American Concrete Institute (ACI). **Elaboración, colocación y protección del concreto en clima caluroso ACI-305R-99 y frío 306-88.** Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., IMCYC, México, 2004.
6. Hoff, G. C. **Internal Curing of Concrete Using Lightweight Aggregates.** International Conference Montreal, Canada, 2006.
7. Nelly, Joe W. (1964). **Agrietamiento del Concreto: Causas y Soluciones.** Revista IMCYC, Vol. 2, No. 8.
8. Flores, Castro Lorenzo; Sáenz Miera Manuel. **El agrietamiento en losas de concreto apoyadas sobre el suelo.** Construcción y Tecnología, IMCYC, México, diciembre de 2003.
9. Gobierno del Distrito Federal. **Normas Técnicas complementarias para Diseño y Construcción de estructuras de Concreto.** Gaceta Oficial del Distrito Federal, décima cuarta época, 6 de octubre de 2004, Tomo I No. 103-BIS.
10. American Concrete Institute (ACI) 302. **Construcción de Losas y Pisos de Concreto.** Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., IMCYC, México, 2002.
11. American Concrete Institute (ACI) 304. **Bombeo de Concreto.** Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., IMCYC, México, 1999.
12. Quinto, Balcázar Daniel. **Concreto de Baja Contracción en Pisos Industriales.** Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México, México, 2005.