



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
“ARAGÓN”

## USO DE LAS FIBRAS DE CARBONO PARA REFORZAR ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

***GARCÍA ELENO ANGEL***

ASESOR: Mtro. JOSÉ PAULO MEJORADA MOTA

San Juan de Aragón, Estado de México, Febrero de 2009.





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# AGRADECIMIENTOS

## **A mis Padres.**

Quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino así como también darme la libertad de tomar mis propias decisiones.

## **A mi Hermano.**

Por ayudarme en mi camino y brindarme todo su apoyo,  
Tanto en las buenas como en las malas  
siempre incondicional.

## **A mi Familia.**

Por que siempre me han apoyado  
y me seguirán apoyando.

## **A mis Amigos.**

Por que siempre han estado ahí  
para brindarme su apoyo y amistad.



**A la Universidad.**

Por permitirme estudiar en sus aulas  
Y ayudarme en mi formación como profesionista.

**Al Instituto de Ingeniería, UNAM**

Por todo su apoyo, para que pudiera  
Realizar este trabajo



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**



**A mis Profesores, FES Aragón.**

Porque cada uno de ellos me asesoraron,  
con sus valiosas aportaciones,  
me ayudaron a crecer como persona  
y sobre todo por brindarme su amistad.

**A la empresa:**

**RECUBRIMIENTOS DE PROTECCIÓN, S.A de C.V**

Al personal Administrativo y Obrero  
Por brindarme su apoyo en la elaboración de esta  
Tesis y sobre todo...su amistad.



Para todos lo que confiaron en mi... y para los que no, pues también... **GRACIAS!**

INDICE.

**CAPITULO I** Introducción

Estructura de la tesis.

**CAPITULO II** Generalidades.

Contexto.

Marco Histórico

Planteamiento del problema.

Objetivo del trabajo.

**CAPITULO III** Factores que dañan las estructuras de concreto.

Definición: Concreto

Deformaciones en el concreto.

Resistencia del concreto

Agrietamientos.

Influencia de los agregados pétreos gruesos en la resistencia del concreto.

Calidad del agua.

El acero de refuerzo.

La corrosión.

Sismicidad.

Daños en estructuras

**CAPITULO IV.** Fibras de carbono para reforzamiento de estructuras de concreto.

Antecedentes.

Características de las fibras de carbono.

Características de la matriz de polímeros.

Compuestos del sistema de reforzamiento.

Aplicación de las fibras

Código ACI, para el uso de fibras de carbono

## **CAPITULO V** Aplicación en columnas de concreto en la Facultad de Derecho.

Historia de la Facultad de Derecho.

Técnica de aplicación con fibra de carbono en columnas de Facultad de Derecho.

## **CAPITULO VI.** Conclusiones y recomendaciones.

### **BIBLIOGRAFIA.**

**ANEXO 1**

**ANEXO 2**

**ANEXO 3**

**ANEXO 4**

**ANEXO 5**

**ANEXO 6**

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito describir un proceso de aplicación para el reforzamiento de estructuras de concreto empleando la colocación de fibras de carbono y polímeros (sistema MBrace), dicho sistema propone una nueva alternativa al refuerzo con cinturón o plancha de acero o también a la forma tradicional de aumentar la sección de la viga y columnas en reparaciones estructurales y en proyectos para aumentar la capacidad estructural.

El sistema se basa en la colocación de láminas de fibras de carbono y polímeros, que son sus dos componentes principales; con tecnología de punta, es decir, los materiales están diseñados con la mejor calidad y que dependiendo de la falla pueden ser adecuados para la reparación del concreto; las fibras son no corrosivas, debido a su compuesto de fibra de carbono no sufren daños por humedad. La fibra llega a la obra en forma de láminas secas y flexibles que se conforman a la estructura y se saturan con polímeros no curados, a medida que el polímero se endurece, se forma un compuesto rígido que se conforma en la estructura y se adhiere monolíticamente a la misma. Esto permite una instalación durable y resistente, ya que ofrece características de flexibilidad, facilidad de construcción y tiempos de instalación cortos que disminuyen los costos de mano de obra y los tiempos de ejecución.

#### I.1 ESTRUCTURA DE LA TESIS.

En el capítulo I, la introducción donde se expone una alternativa al reforzamiento de estructuras de concreto y los alcances del mismo.

En el capítulo II, las generalidades de este trabajo, una cronología de este material y su uso en la ingeniería civil, así como su aplicación en el mundo y en México.

En el capítulo III, describir los factores que afectan las propiedades del concreto así como sus daños que se suscitan en las estructuras de concreto, tanto interno como externo, durabilidad, estados límite de falla y servicio, fallas por sismo, así como las zonas de sísmicas de la República Mexicana y Valle de México, y los daños estructurales a los que están sometidas las estructuras de concreto, estos son la torsión, problemas geotécnicos, columnas cortas y pisos blandos.

En el capítulo IV, detallamos los materiales que componen las fibras de carbono para reforzar estructuras de concreto; los polímeros que lo componen, usos y aplicaciones del sistema; así como donde se pueden aplicar estos refuerzos con fibras.

En el capítulo V, describimos el proceso de aplicación de fibras de carbono y polímeros en el reforzamiento de las columnas de la Facultad de Derecho, en Ciudad Universitaria.

En el capítulo VI, podemos concluir, evaluar cuáles son las ventajas y desventajas de el uso de esta alternativa de fibras de carbono y polímeros (Sistema MBrace) para el reforzamiento de estructuras.

## **CAPITULO II**

### **GENERALIDADES**

#### **II.1.CONTEXTO.**

Los materiales compuestos de fibra de carbono y polímeros se han utilizado por más de 35 años en aplicaciones aeroespaciales y manufactureras que requieren pesos livianos y altas resistencias. Dentro de la ingeniería civil se han utilizado durante años para refuerzo de adhesión externa, el primer trabajo donde se realizo el sistema de reforzamiento con materiales compuestos fue en Japón, en puentes de concreto en el año de 1985.

En América, la empresa Structural Preservation System, instala unos de los primeros sistemas de reforzamiento con materiales compuestos de fibras de carbono y polímeros en el año de 1994, este sistema causa una gran sensación dentro de la industria de la construcción, siendo la empresa Master Builders, quien laza el sistema de reforzamiento MBrace al mercado estadounidense obteniendo ventas hasta de 93 mil m<sup>2</sup> para el año 2000.

La primera obra en España con este tipo de sistema fue en el año de 1996, en Puente del Dragón en Barcelona, que consistió en el refuerzo de una serie de vigas del puente que habían sido dañadas, esto fue un sistema innovador en el reforzamiento de estructuras que a partir de entonces se ha ido popularizando y haciéndose práctica común en España.

En México, se realizó el primer trabajo de Mbrace, en la reparación del mercado de la Merced en 1998, ya que en este lugar se suscitó un incendio y debilitó la estructura de la losa; también la reparación de una viga en la Torre Esmeralda 1, en las Lomas de Chapultepec; reforzamiento de columnas y vigas en el Hipódromo de las Américas; losa (plafón) del puente de Polotitlan, en la autopista México-Querétaro; reparación de columnas en el WTC de Veracruz; reforzamiento de vigas en la Universidad Autónoma del Estado de México, campus Toluca; reforzamiento de columnas en oficinas corporativas de Procter & Gamble, en Cuajimalpa; reforzamiento de losa en zona de instalaciones eléctricas en el Banco BBV Bancomer en Montes Urales, Lomas de Chapultepec; reforzamiento con cinturones de fibra de carbono en la parte superior de la chimenea del corporativo Inbursa, en la colonia Peña Pobre; entre otros trabajos.

Para la Universidad Nacional Autónoma de México, se realizaron también trabajos de reforzamiento con este sistema, en columnas de la Biblioteca de Facultad de Derecho, así como también columnas en el Instituto de Investigaciones Jurídicas y el trabajo más reciente y que explicaremos en este trabajo, reforzamiento de columnas en la Facultad de Derecho, en Ciudad Universitaria.

El uso de un sistema compuesto con fibra de carbono y polímeros para aplicación estructural y específica deberá el ingeniero evaluar con criterio la estructura implicada, para establecer de la manera más exacta posible y con margen de seguridad confiable su capacidad de resistencia en aquel instante, identificar lo más completamente posible cualquier deficiencia o anomalía que exista y que

pueda influenciar significativamente en su seguridad, determinar sus orígenes (causas) e investigar la integridad (condiciones) del substrato de concreto.

El proceso de evaluación estructural debe necesaria y obligatoriamente minuciosas investigaciones de campo, estudios y evaluaciones de los diseños existentes de las formas y de los armazones, informaciones de obra relevantes y significativas, documentación de cómo esta construido, croquis e informes que oriente y corroboren la evaluación de la resistencia estructural, que deberá ser hecha de acuerdo con las normas técnicas vigentes.

## II.2 MARCO HISTORICO.

Los egipcios en la antigüedad utilizan paja para reforzar ladrillos prensados en seco (primeros compuestos artificiales conocidos).

Hacia el año de 1900, comienza el desarrollo de los polímeros sintéticos.

En la década de 1930, los primeros productos fabricados con polímeros reforzados con fibras, son los cascos de los barcos y para ellos e utilizo la fibra de vidrio.

En la década de 1940, comienza el uso de polímeros reforzados con fibras en aplicación de defensa.

En la década de 1950, comienzan las investigaciones del uso de polímeros reforzados con fibras como refuerzo al concreto.

Para la década de 1960 y mediados de 1970, el uso de los polímeros con fibras se comercializa en los artículos deportivos y su introducción comercial de estos polímeros para el refuerzo de concreto.

En el año de 1983, inician trabajos de adhesión de laminas de fibras de carbono con polímeros para el concreto.

En 1984, los japoneses desarrollan el concepto de adhesión de laminas de fibras de carbono con polímeros “fabricados in situ”.

Para el año de 1985, los japoneses instalan los primeros sistemas de reforzamiento, en puentes japoneses.

En 1994, Estados Unidos instala uno de los primeros sistemas de reforzamiento de fibras de carbono con polímeros a cargo de la empresa Structural Preservation System.

Para 1998, se introduce el sistema de reforzamiento al mercado mexicano, con el nombre de Mbrace.

### II.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las estructuras de concreto se diseñan y construyen para que cumplan con su función y alcancen su vida útil de una manera segura, ya que implica que en el diseño, construcción, mantenimiento y operación se consideren aspectos de capacidad estructural, así como de durabilidad de los materiales. Cuando las estructuras sufren modificaciones, sea por razones arquitectónicas o de tipo de uso, se deterioran los materiales, o bien sufren daños, como los producidos por los temblores, es necesario pensar en la rehabilitación de la estructura. Este término implica, de manera general, la reparación y el refuerzo. En la reparación se busca

dejar a la estructura con sus capacidades originales; con el refuerzo se mejoran estas propiedades. Así nos planteamos el siguiente problema:

**¿Cuál es la técnica que emplea los materiales adecuados para el reforzamiento de elementos estructurales en obras de edificación?**

Existen varias alternativas de construcción para resolver esta problemática.

El uso de las fibras de carbono con polímeros puede ser utilizado para reforzar las estructuras de concreto armado, dando una alternativa más a los sistemas de reforzamientos tradicionales y de nuevas técnicas que se están dando para el refuerzo, o bien la inyección con resinas epóxicas, grouts, lechadas, entre otros.

En la actualidad, en la bibliografía internacional se dispone de un amplio número de guías y metodologías para evaluar y rehabilitar las estructuras, dado que en ellas se identifican, de manera muy sencilla y breve, las varias técnicas de rehabilitación que se han estudiado, especialmente mediante ensayos de laboratorio, o que se han aplicado en soluciones reales. Sin embargo, estas guías adolecen de lineamientos dirigidos a la práctica profesional que señalen las ventajas y desventajas de las técnicas, y muy importante que recomienden cómo analizar, diseñar y detallar una técnica.

#### II.4. OBJETIVO DEL TRABAJO.

El objetivo de este trabajo es describir una técnica de aplicación con el uso de fibras de carbono y polímeros para el reforzamiento de estructuras de concreto a

partir de un diagnóstico por parte del Ingeniero en Estructuras, donde se integren sus observaciones y recomendaciones, así como la aplicación de estos materiales en la estructura. El beneficio de contar con nuevos métodos y recomendaciones de uso y colocación de fibras de carbono y polímeros para el reforzamiento de estructuras es que los ingenieros dispongan de información moderna y confiable sobre la idoneidad de las técnicas de rehabilitación, especialmente en lo relacionado con su aplicación.

## CAPITULO III

### FACTORES QUE DAÑAN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO

#### III.1. CONCRETO.

Antes de analizar los factores que afectan a las estructuras de concreto reforzado, explicare que es el concreto; el concreto hidráulico es una mezcla de agregados pétreos naturales, procesados o artificiales, cementos y agua; generalmente esta mezcla es dosificada en unidades de masa en plantas de premezclado y en masa y/o en volumen en las obras. Los estados del concreto son: estado fresco, que es cuando la mezcla esta blanda y es trabajable; fraguado, cuando el concreto empieza a ponerse rígido y deja su estado blando; y endurecido, cuando empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades básicas de cualquier concreto deben ser: Trabajabilidad, consistencia, resistencia y durabilidad.

La Trabajabilidad es la facilidad con la que puede mezclarse los ingredientes de la mezcla aunada a la capacidad de ésta para manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. Dentro de este punto se mide la consistencia o fluidez con la obtención del revenimiento, como lo semana la NMX-C-156-ONNCE.

La consistencia se refiere al carácter de la mezcla respecto a su fluidez tanto en su estado seco como fluido, ya que muchas ocasiones el concreto al no tener una mezcla adecuado de sus materiales, también puede ocasionar fallas dentro de la estructuras.

La durabilidad es la capacidad de resistencia a la intemperie, a la congelación y descongelación, a la relación de los agentes químicos y el desgaste.

La resistencia se determina mediante la prueba de revenimiento se hace para asegurar que una mezcla de concreto sea trabajable, esta prueba es realizada en campo cuando se esta efectuando la mezcla; posteriormente de la muestra obtenida se realiza el revenimiento y corroborar si el concreto esta dentro de los estándares que requiere la obra, una vez hecho esto se procede a llenar unos cilindros para la prueba de compresión y comprobar su mejor resistencia posible que puede alcanzar el concreto en condiciones perfectas. Las pruebas siempre deben hacerse cuidadosamente y en un laboratorio fuera de obra. Los resultados de la prueba de compresión es una medida de la capacidad del concreto para resistir cargas que tienden a aplastarlo.

Otra forma de evaluación de resistencia de concreto es por medio de ensayos de corazones de concreto, estos especímenes tienen forma y tamaño definidos y se moldean, curan y ensayan de acuerdo a sus métodos estándar; pero la resistencia a compresión a partir de la extracción de corazones es menor que la suministrada por los cilindros moldeados, curados en húmedo y ensayados a la misma edad, y probablemente, nunca alcancen la resistencia obtenida en forma estándar a 28 días, aun a edades posteriores.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Muria Vila David/Mendoza E. Carlos Javier. Artículo: **Evaluación de la resistencia del concreto en la estructura por medio de ensayos de corazones.** Revista Construcción y Tecnología / marzo,1991 México Pag. 6

Se establecen casos en las que se requieren determinar la resistencia a compresión del concreto en la estructura, a partir de el ensaye de corazones, estos deben hacerse con mucho cuidado, en muchos casos los corazones no alcanzan el nivel de resistencia a compresión especificado,  $f'_c$ , en los que se basan los cálculos de diseño, la mayor parte de las veces, no es motivo para alarmarse, al menor que la deficiencia sea excesiva, si la deficiencia es de gran magnitud y la seguridad de la estructura esta en duda, se requieren de medidas correctivas, como pueden ser reforzar la estructura.

La resistencia de los especímenes de ensaye a tensión y compresión son muy similares, sin embargo no ahí una proporcionalidad directa. La relación entre ambas resistencias depende del nivel de resistencia del concreto, o sea que a medida de que la resistencia a compresión se incrementa, la resistencia tensión aumentará también, pero a una velocidad menor.

La relación está afectada también por la granulometría de los agregados, probablemente por que las relaciones superficiales, volumen para vigas y los especímenes de compresión son distintas, de ahí que se requieren distintas cantidades de mortero para alcanzar la compactación completa.

La edad también es un factor en la relación entre las resistencias a tensión y compresión. Después de un mes, la resistencia a tensión se incrementa de manera más lenta que la resistencia a la compresión, por lo que la relación entre ambas resistencias decrece con el tiempo.

Los concretos Utilizados en México son dos, el de clase 1 para el grupos A y B1 (normal y alta resistencia),y clase 2, que son concretos ligeros, que esta estipulados en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en su Titulo Sexto, Capitulo I, Articulo 139.

Los concretos clase 1 tendrán una resistencia a compresión especificada,  $f'c$ , igual o mayor a  $250 \text{ kg/cm}^2$ , para los concretos clase 2 será inferior a  $250 \text{ kg/cm}^2$ , pero no menor a  $200 \text{ kg/cm}^2$ , y una resistencia a tensión se considera la medio de la compresión de por lo menos 5 cilindros cargados diametralmente, esto de acuerdo a la norma NMX-C-163, o a falta de información se puede estimar para el concreto clase 1 con la siguiente formula:  $1.5\sqrt{f'c}$ , en  $\text{kg/cm}^2$ . Y para clase 2 con  $1.2\sqrt{f'c}$ , en  $\text{kg/cm}^2$ . El módulo de elasticidad  $E_c$  se supondrá igual a  $14,000\sqrt{f'c}$  en  $\text{kg/cm}^2$ , para concretos con agregados calizos y  $11,000\sqrt{f'c}$  en  $\text{kg/cm}^2$  para concretos con basalto; concretos de clase 2 se supondrá igual a  $8,000\sqrt{f'c}$  en  $\text{kg/cm}^2$ , esto establecido por las NTC-Estruc. De Concreto.<sup>(2)</sup>

En problemas de revisión estructural de consecuencias existentes, puede aplicarse el módulo de elasticidad de terminado en corazones de concreto extraídos de la estructura, que formen una muestra representativa de ella, en todos los casos  $E_c$ , se determina con la norma NMX-C-128, y para extracción de corazones de acuerdo a la norma NMX-C-169.

<sup>(2)</sup> Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del D.F. Gaceta GDF, México. 2004. Pag. 103,104 –sección 1.5.1.2-, -1.5.1.3-, -1.5.1.4-

### III.2. DEFORMACIONES EN EL CONCRETO.

La relación entre esfuerzo y deformación para el concreto es una función del tiempo, esto si un espécimen de concreto esta bajo esfuerzo, esta sujeto a una deformación constante, la deformación se manifiesta con una disminución progresiva del esfuerzo con el tiempo, Bajo condiciones de carga normales, la deformación registrada depende de la velocidad de aplicación de la carga e incluye no solamente la deformación elástica, sino la deformación diferida.

Uno de los factores más importantes que afectan a la deformación diferida es la humedad relativa del medio alrededor del concreto. Para un concreto dañado, la deformación diferida es más grande a medida que menor es la humedad relativa.

Si por ejemplo se pusiera un espécimen de concreto a curado a una humedad relativa de 100% y luego cargado y expuesto a diferentes humedades, da como resultado contracciones muy grandes debido a la aplicación de las cargas.

La rapidez con la que se incrementa la deformación varia en forma proporcional a la humedad, pero a edades posteriores las velocidades son similares. Así, el secado, mientras se encuentra cargado el espécimen, aumenta la deformación, es decir aumenta una deformación diferida adicional por secado.<sup>(3)</sup>

<sup>(3)</sup> MENDOZA, Carlos Javier. **Propiedades Mecánicas de los Concretos Fabricados en el Distrito Federal**. Instituto de Ingeniería.

En especímenes, donde se alcanza un equilibrio con la humedad ambiente antes de la aplicación de la carga, la influencia de la humedad es mucho más pequeña o nula.

No debe olvidarse que el concreto curado y cargado a una humedad relativa constante presenta deformación diferida, lo que produce una pérdida de agua no significativa del concreto al medio externo que lo rodea; no obstante, durante la recuperación de la deformación diferida, el peso del concreto no se incrementa.

La deformación diferencial también se presenta bajo cargas de torsión y ésta afectada por el nivel de esfuerzos, relación agua-cemento y humedades relativas ambiente.

Las variables que tienen influencia más importante en la contracción y deformación diferida son:

- 1.-La edad a la que se inicia la contracción, edad a la que se aplica la carga.
- 2.-Humedad ambiente..
- 3.-Relación agua-cemento
- 4.- Proporciones de la mezcla, en términos de porcentaje de finos y aire atrapado.<sup>(3)</sup>

### III.3 Resistencia del concreto.

El concreto se considera un material frágil, no obstante que tenga un cierto comportamiento plástico, presenta una buena resistencia a la compresión,

mientras que su resistencia a la tracción es mínima. Normalmente los esfuerzos máximos a tensión que soporta son muy bajos, por lo que para cuestiones de diseño se suelen despreciar, y su resistencia a la atracción es suministrada por las barras de acero que sirven como refuerzo a la estructura. Estos dos materiales (concreto y acero) permite un material compuesto que nos ha permitido construir gran parte de la infraestructura del mundo moderno, estas estructuras son ampliamente usadas en una variedad de situaciones y aplicaciones.

Se sabe que la pasta de cemento tiene numerosas discontinuidades, las cuales podemos mencionar los poros, fisuras y oquedades, este último tal vez no actúa como defecto, aunque puede estar formado por grietas causadas por la contracción o la mala adherencia. La contracción en algunas veces ocurre en la superficie del concreto fresco poco después de haber sido colocado y cuando todavía esta en estado plástico se llama “agrietamiento por plasticidad”<sup>(4)</sup>.

El concreto de resistencia normal empleado para fines estructurales puede ser de dos clases: clase 1, con peso volumétrico en estado fresco superior a  $2.2t/m^3$  y clase 2 con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre  $1.9$  a  $2.2t/m^3$ .<sup>(2)</sup> Para los concretos de alta resistencia, con resistencia especificada de  $f'c$  igual o mayor de  $400kg/cm^2$ .<sup>(2)</sup>

<sup>(4)</sup> **Manual del Constructor**. CEMEX CONCRETOS. México, 2008. Pag.66

<sup>(2)</sup> **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del D.F.** Gaceta GDF, México. 2004. Pag. 103 –sección 1.5-

#### III.4 Agrietamientos.

El agrietamiento por contracción debido a la plasticidad, se asocia usualmente a los colados hechos en tiempo caluroso; sin embargo, pueden ocurrir en cualquier tiempo, cuando las circunstancias producen una rápida evaporación de la humedad en la superficie del concreto, estas pueden ser:

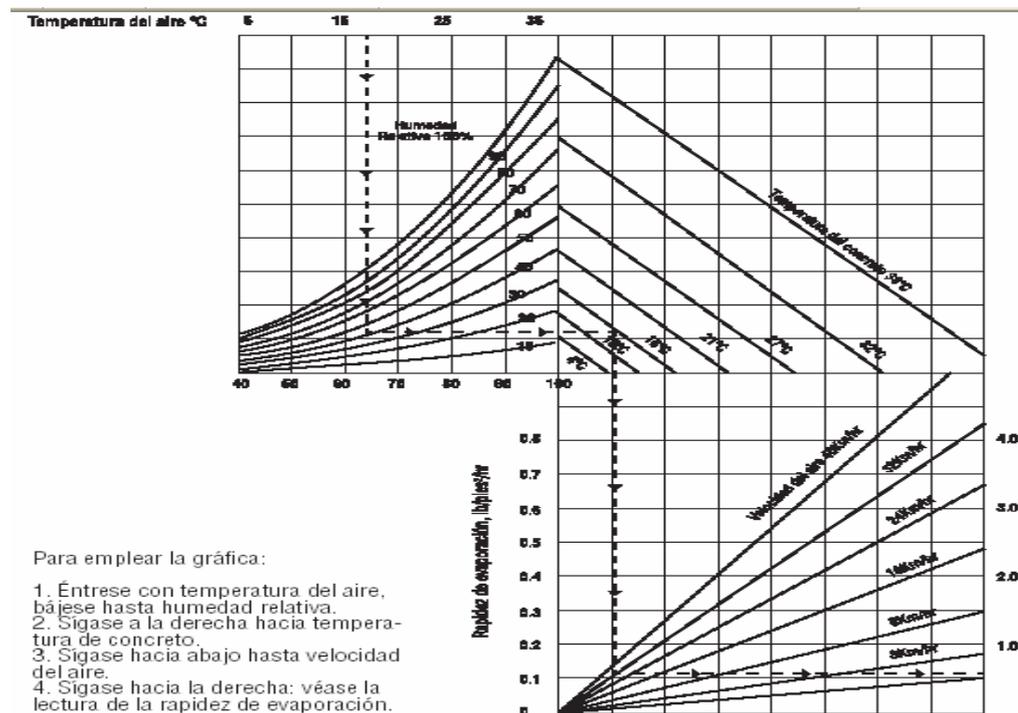
1. La elevada temperatura del concreto.
2. La elevada temperatura del aire.
3. La baja humedad.
4. Vientos fuertes.

No es posible predecir con una certeza cuando ocurrirá una contracción en el concreto, un ejemplo de esto puede ser cuando la temperatura del concreto es de 21°C, y la temperatura del aire sea de 4.5°C, la temperatura de la capa de aire arriba de la losa aumentará, y la humedad relativa se reducirá y con frecuencia aparecen las grietas por contracción.

La siguiente grafica nos será muy útil para poder conocer cuando es necesario tomar precauciones, si la evaporación excede de 0.5 kg/m<sup>2</sup>/hr, aumenta las probabilidades de agrietamiento del concreto.

Algunas de las recomendaciones que podemos tomar para poder disminuir al mínimo los agrietamientos por contracción debido a la plasticidad son:

- 1.- Humedecer la subrasante y los moldes.
- 2.- Humedecer los agregados si están secos y si son absorbentes.
- 3.- Levantar rompe vientos para reducir la velocidad del viento sobre la superficie del concreto.
- 4.- Levantar toldos para reducir la temperatura de la superficie del concreto.
- 5.- Disminuir la temperatura del concreto fresco durante clima caliente.
- 6.- Evitar el excesivo calentamiento del concreto fresco durante tiempo frío.



**Fig. III.4.1. Monograma sobre el efecto de las temperaturas y el concreto y del aire, de la humedad relativa y de la velocidad del viento sobre la intensidad de la evaporación de la humedad superficial del concreto.**

7.- Proteger el concreto con cubiertas mojadas temporales en caso de retraso apreciables en el colado.

8.-Reducir el tiempo de colado

9.- Proteger el concreto después de las primeras horas de colado y acabado para disminuir la evaporación al mínimo. <sup>(4)</sup>

III.5 Influencia de los agregados pétreos gruesos en la resistencia del concreto.

El esfuerzo al que las grietas se forman dependen de los agregados gruesos, si estos son lisos conducen al agrietamiento a esfuerzos más bajos que los requerido por las rocas trituradas, que son ásperas, y en estas su adherencia es mejor ya que por las propiedades de la superficie son angulosas; la influencia en este tipo de agregados con el concreto varia en la magnitud de la mezcla de agua/cemento, así como también de la humedad de los mismos agregados.

<sup>(4)</sup> **Manual del Constructor.** CEMEX CONCRETOS. México. 2008. Pag. 67,68.

---

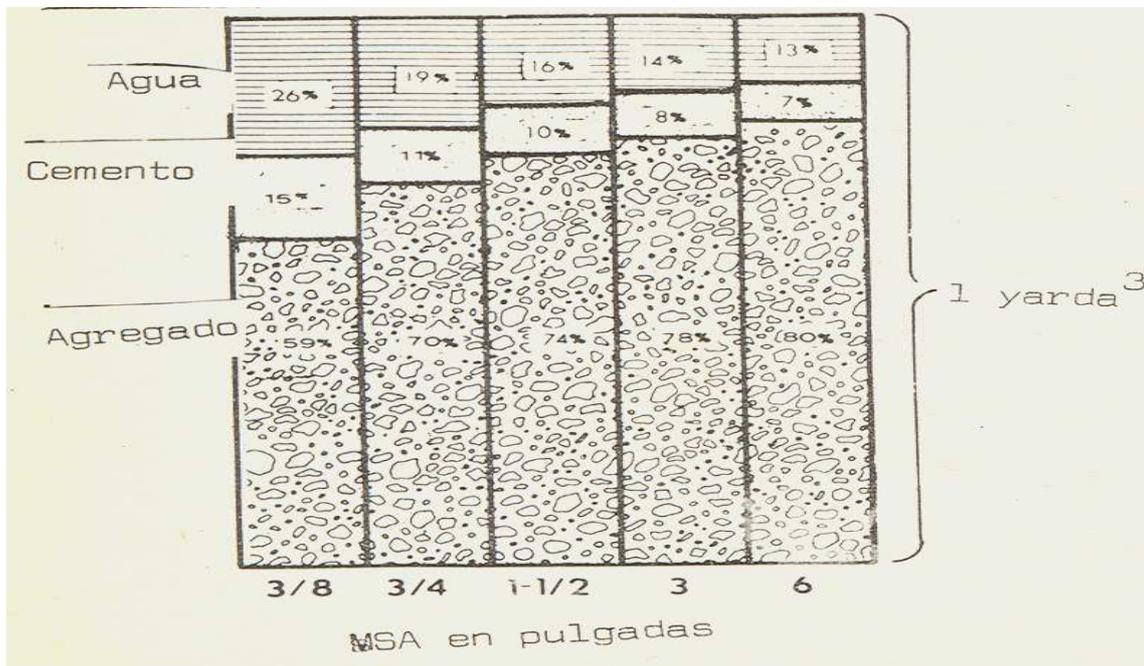


Fig. III.5.1 Representación Volumétrica de los Materiales en una mezcla de Concreto.

En pruebas de laboratorio se toma la humedad y la absorción de los agregados pétreos, para poder tomar hacer un buen diseño de la mezcla de concreto, ya que estos contienen tres cuartas partes del volumen del concreto, esto representa entre un 60 y 80% del volumen del concreto ordinario (ver figura III.5.1).

Considerando que estos ocupan tal cantidad de volumen, sus propiedades son muy importantes con relación a sus efectos sobre el concreto. Los agregados tienen que ser inertes, que es esto, que sean inactivos químicamente una vez que estén incorporados al concreto, sin embargo, existen unos tipos de rocas y que bajo ciertas condiciones, reaccionan en el concreto endurecido ocasionando grietas, fisuras, reventones y desintegración de otra clase; por eso es esencial hacer pruebas a los agregados y hacer una identificación de las características de los agregados para poder un concreto de buena calidad, durable y económico.

Para realizar el diseño de una mezcla de concreto necesitamos determinar el contenido de humedad de los agregados, la arena debe de estar en un estado húmedo o mojado al momento de realizar la mezcla. El agregado grueso debe estar en un estado seco en la superficie pero con cierta humedad interior o también que los agregados se encuentren húmedos. Pero una condicional ideal para su buen diseño de la mezcla seria que el agregado este en un estado Saturado y Superficialmente Seco (SSS), donde los agregados no absorben ni ceden agua a la mezcla.

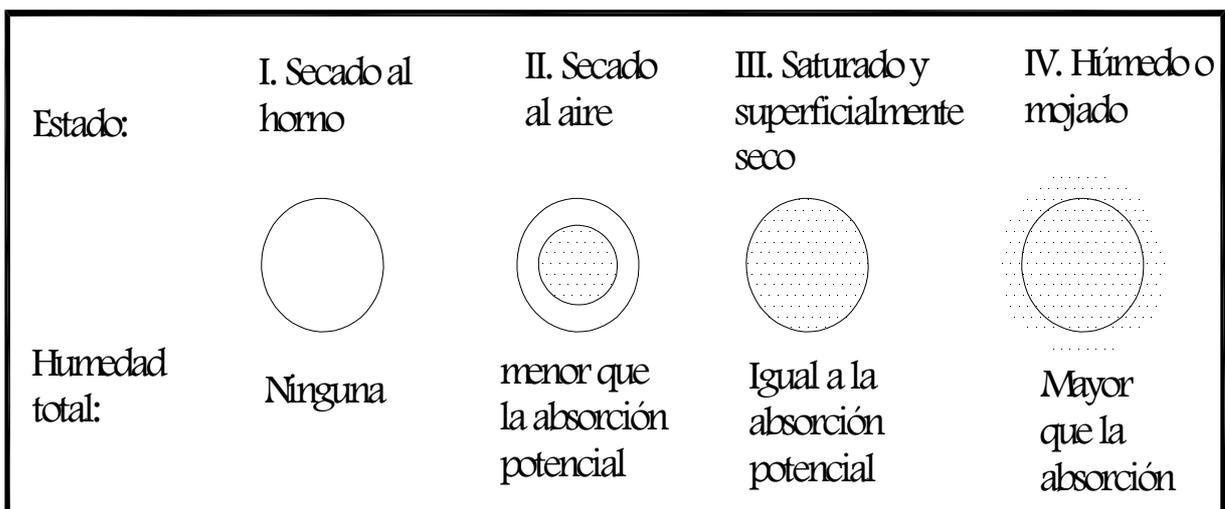


Figura III.5.2: Representación esquemática del contenido de humedad de un agregado pétreo.

El propósito de hacer pruebas a los agregados pétreos es conocer sus características, tamaño de los agregados, que tengan la resistencia adecuada y una uniformidad, deben estar exentos de arcillas, materiales orgánicos y sustancia nocivas, si los agregados no cumplen con estos requisitos, la mezcla de concreto

tendra mala calidad, baja resistencia, agrietamiento, oquedades, etc., y puede suscitarse el colapso de la construcción.<sup>(5)</sup>

Los agregados cumplirán con la norma NMX-C-111, establecida en la sección 14.3.1 de las NTC-Estruc. Concreto, en calidad y proporciones.

TAMAÑO NORMAL	100 (4")	90 (3 1/2")	75 (3")	63 (2" 1/2")	50 (2")	37.5 (1" 1/2")	25 (1")	19 (3/4")	12.5 (1/2")	9.5 (3/8")	4.75 (no.4)	2.36 (no.8)	1.18 (no.16)
90 a 37.5 (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
63 a 37.5 (2 1/2" a 1 1/2")	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
50 a 25 (2" a 1")	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
50 a 4.75 (2" a no.4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-
37.5 a 19 (1 1/2" a 3/4")	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-
37.5 a 4.75 (1 1/2" a no.4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 4	-	-
20 a 12.5 (1" a 1/2")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
25 a 9.5 (1" a	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-

3/8")							0							
25.5 a 4.75  (1" a no. 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 10 0	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	
19 a 9.5  (3/4" a 3/8")	-	-	-	-	-	-	10 0	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	
19 a 4.75  (3/4" a no.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	
12.5 a 4.75  (1/2" a no. 4)	-	-	-	-	-	-	10 0	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	
9.5 a 2.35  (3/8" a no.4)	-		-	-	-	-	-	-	100	85 a 10 0	10 a 30	0 a 10	0 a 5	

Tabla.III.5.1. Límites granulométricos de los agregados gruesos (porcentaje de masa que pasa por los tamices).

El concreto clase 1 se fabricará con agregados con peso específico superior a 2.6 (caliza, basalto, etc.) y el concreto clase 2 con agregados superior a 2.3, como adésita.<sup>(2)</sup>

<sup>(2)</sup> Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del D.F., Gaceta GDF, México. 2004. Pag. 103 –sección 1.5-, 187- sección 14.3-

<sup>(5)</sup> MEJORADA Mota José Paulo. Manual de Prácticas de Laboratorio de Construcción de Estructuras. FES ARAGÓN. UNAM. 2007. Pag. 4-6.

### III.6 Calidad del Agua.

El agua es un líquido que está presente de manera importante en la elaboración de concretos, morteros, mezclas, en el lavado de agregados, curado y riego del concreto; por consiguiente debe ser un insumo limpio, libre de aceite, ácidos, álcalis, sales, y, en general de cualquier material que pueda ser perjudicial, según el caso para el que se utilice, por esta razón el agua que se coloca en los concretos debe ser completamente potable.

En caso de que el agua este sucia, el concreto puede tener mala calidad, esto se puede comprobar con pruebas de laboratorio a los concretos, para examinar su resistencia con agua no potable y agua completamente potable, si al realizar la prueba se comprueba que el concreto estaba bajo en resistencia, se procede a demoler la estructura con este concreto, por consecuencia se realizara un concreto con mejores condiciones.

La Norma Oficial Mexicana da unas recomendaciones sobre la calidad del agua que se debe utilizar en la elaboración de concretos que a continuación se presenta en la tabla Tabla.III.6.1.

USO	CONTENIDO ORGANICO Y CARACTERISTICAS	CANTIDAD (PARTES POR MILLON)
AGUA PARA ELABORAR CONCRETO Y MEZCLAS	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SOA) Cloruros convertidos a (NaCl)MAX Materia orgánica (oxígeno consumido en medio ácido) Sólidos totales en solución Sólidos totales en suspensión Turbidez máxima PH no menor a	300 ppm 300 ppm 10 ppm 1500 ppm 2000 ppm 1500 ppm 7
AGUA PARA CURADO DE CONCRETO	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SOA) Cloruros convertidos a (Na Cl)MAX	1500 ppm 2000 ppm
AGUA USADA PARA RIEGO	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SOA) Cloruros convertidos a (Na Cl)MAX	400 ppm 500 ppm
AGUA USADA PARA COMPACTACIÓN	Debe ser incolora, no debe contener sólidos orgánicos en suspensión visibles y no debe usarse agua estancada	

**Tabla.III.6.1. Requisitos de la composición química del agua.**

ppm: partes por millón.

Fuente: Norma Mexicana NMX-C-122. Agua para la elaboración del concreto hecho en obra y plantas de concreto.

Cuando no se tenga la posibilidad de efectuar el análisis de calidad del agua o aún después de haber realizado las pruebas y cuyos resultados no hayan sido satisfactorios, se puede usar el agua de otra fuente que sea aprobada después del muestreo. El resultado de las pruebas se compararan entre si con los cilindros de concreto de agua dudosa no debe ser menor al 90% de la resistencia obtenida con los otros cilindros fabricados con el agua adecuada.<sup>(6)</sup>

La norma oficial NMX-C-122 establece las cantidades de impurezas máximas que son tolerables en el agua de mezclado en la elaboración del concreto.

### III.7.EL ACERO DE REFUERZO.

El acero de refuerzo debe estar libre de oxidación, sin grasa, quiebres, escamas, deformaciones e imperfecciones que afecten su uso que es absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas y cambios volumétricos por temperatura. El acero de refuerzo es la varilla corrugada o lisa; además de los torones y cables utilizados para pretensados y postensados. Otros elementos fabricados de acero se utilizan como refuerzo del concreto: castillos y cadenas electrosoldadas, todos estos elementos son prefabricados.<sup>(6)</sup>

La varilla de acero corrugado se fabrica para especialmente para usarse como refuerzo en el concreto. Estas tienen corrugaciones para evitar el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que lo rodea.

<sup>(6)</sup> Manual Técnico de Construcción, México. 2002 Pag. 93-95 y 47.

La varilla tiene unas medidas comerciales que van desde el no. 3 (3/8”) al no.12 (1 ½”). El alambrcn esta desprovista de rebabas o salientes o si los tiene, no cumple con las especificaciones de corrugaci3n.

Las cadenas y castillos electrosoldados son elementos fabricados en acero grado 60, corrugado y electrosoldado, est3n formados por 2, 3 o 4 alambres corrugados calibre 14 y por alambres transversales corrugados con las mismas caracter3sticas, espaciados a 25 cm, todo unido por soldadura el3ctrica.

El acero de refuerzo consiste de varillas corrugadas con resistencia a la fluencia fy no menor de 4,200 kg/cm<sup>2</sup>, de acuerdo con la normas NMX-B-294 o NMX-B-457 y NMX-C-407-ONNCCE, se tomara en cuenta algunas restricciones al uso de algunos de estos aceros incluidos en las normas. El modulo de elasticidad del acero de refuerzo, Es, se supondr3 igual a 2x10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>.<sup>(2)</sup>

NO. DE DESIGNACION	DI3METRO NOMINAL		PESO kg/m	N3MERO DE BARRAS									
	pulg	mm		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1/4	6.4	0.248	0.32	0.64	0.96	1.28	1.60	1.92	2.24	2.56	2.88	3.20
2.5	5/16	7.9	0.388	0.49	0.98	1.47	1.96	2.45	2.94	3.43	3.92	4.41	4.90
3	3/8	9.5	0.559	0.71	1.42	2.13	2.84	3.55	4.26	4.97	5.68	6.39	7.90
4	1/2	12.7	0.993	1.27	2.54	3.81	5.08	6.35	7.62	8.89	10.16	11.43	12.70
5	5/8	15.9	1.552	1.98	3.96	5.94	7.92	9.90	11.88	13.86	15.84	17.82	19.80
6	3/4	19.0	2.235	2.85	5.70	8.55	11.40	14.25	17.10	19.95	22.80	25.65	28.50
7	7/8	22.2	3.042	3.88	7.76	11.64	15.52	19.40	23.28	27.16	31.04	39.42	38.80
8	1	25.4	3.973	5.07	10.14	15.21	20.28	25.35	30.42	35.49	40.56	45.63	50.70
9	1 1/8	28.6	5.028	6.41	12.82	19.23	25.64	32.05	38.46	44.87	51.28	57.69	64.10
10	1 1/4	31.8	6.207	7.92	15.84	23.76	31.38	39.60	47.52	55.44	63.36	71.28	79.20
11	1 3/8	34.9	7.511	9.58	19.16	28.74	38.22	47.90	57.48	67.06	76.64	86.22	95.80
12	1 1/2	38.1	8.938	11.40	22.80	34.20	45.60	57.00	68.40	79.80	91.20	102.60	114.00

Áreas de acero, en cm<sup>2</sup>

**Tabla.III.7.1.Diametros, pesos y 3reas de varillas de acero corrugado.**

<sup>(2)</sup>Normas T3cnicas Complementarias para el Dise3o y Construcci3n de Estructuras de Concreto del D.F. Gaceta GDF, M3xico.

### III.8. LA CORROSIÓN.

La corrosión es un proceso de deterioro y destrucción de un material, generalmente un metal, o de sus propiedades, debido a su reacción con el medio ambiente.

La interacción del concreto para con el acero de refuerzo se basa en que el concreto provee al refuerzo una protección tanto química como física en contra de la corrosión. La protección química se debe a la alcalinidad del concreto, la cual produce una capa de óxido en la superficie del acero impidiendo que el acero continúe corroyéndose. A este fenómeno se le denomina pasividad, ya que la capa de óxido evita la propagación de la corrosión del acero. Esta alcalinidad del concreto, es debida principalmente al hidróxido de calcio (CH) que se forma durante la hidratación de los silicatos (C2S, C3S, C3A, C4AF) del cemento y a los álcalis (sodio y potasio), que pueden estar incorporados como sulfatos en el clinker. El concreto también funciona como una capa física protectora en contra de los agentes ambientales (oxígeno, agua, cloruros, dióxido de carbono) que puedan despasivar al acero e iniciar su corrosión.<sup>(14)</sup>

Sin embargo en un ambiente marino, los iones cloruro del agua de mar se acumulan en la superficie del concreto y lentamente se transportan a través del recubrimiento de concreto hasta llegar a la armadura.

<sup>(14)</sup> Andrés A. Torres Acosta, Miguel Martínez Madrid. **Diseño de estructuras de concreto con criterio de durabilidad**. Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Publicación Técnica No. 181, Querétaro, México. 2001. Pag. 2-3.

Cuando la concentración de los iones cloruro en la superficie del acero de las armaduras alcanza valores que exceden un nivel crítico, la protección de la armadura corre el peligro de desaparecer y la corrosión puede desencadenarse.

La corrosión puede clasificarse de acuerdo a la manera de producirse y entre los tipos mas comunes se pueden mencionar los siguientes:

a) Corrosión por picaduras. Se forman por la disolución de la película pasiva; típicamente resulta de la disolución de los iones cloruros al medio, ya sea porque proviene del medio exterior o porque son incorporados en la masa de concreto, se forma una celda de corrosión donde existe un área pasiva intacta, actuando como cátodo, en la cual se reduce el oxígeno; y una pequeña área donde se ha perdido la película, actuando como ánodo en el cual ocurre la disolución del acero.

b) Corrosión uniforme/generalizada. Es el resultado de la pérdida generalizada de la capa pasiva del acero, provocada por la carbonatación del concreto, por el exceso de iones cloruros y por percolación o lixiviación.

c) Corrosión-erosión. Es el aumento de la velocidad en el deterioro que sufre un metal debido al movimiento relativo entre un fluido corrosivo y la superficie metálica.

d) Corrosión bacteriológica. Es la generada por microorganismos de diversas variedades, los cuales actúan de una manera sinérgica.<sup>(7)</sup>

<sup>(7)</sup> Aquino Bolaños Luisa Alba *Artículo: Estudio de Factibilidad de un Sistema Experto para Monitoreo de la Corrosión en Estructuras de Concreto Armado Expuestas a un Medio Marino* Universidad Tecnológica de la Mixteca. México. Pag. 1-3

El volumen ocupado por dicho óxido es mayor que el que ocupaba el acero original creando presiones contra el concreto, que rodea al acero, esto propiciando la formación de grietas y desprendimientos del concreto. Estas grietas y/o desprendimientos del recubrimiento de concreto además de ser antiestéticas, pueden disminuir el anclaje del acero y, potencialmente, la resistencia del elemento estructural.



**Fig. III.8.1 Agrietamiento por corrosión de acero de refuerzo en una columna**

En las zonas costeras los principales agentes agresores son cloruros, sulfatos y humedad los cuales penetran a través de la red de poros del concreto. Algunos de estos agentes provocan daños directamente al concreto pero principalmente producen la corrosión del acero de refuerzo; esto provoca disminución de la resistencia de los elementos por pérdida de área de acero y posteriormente, el agrietamiento y desprendimiento del concreto.

En el caso de viviendas de interés social el problema es aún más crítico debido a que las especificaciones de los materiales son menos rigurosas que las que se exigen para otros tipos de edificios de uso no habitacional. Además, por lo regular

se utilizan elementos con secciones relativamente pequeñas, por lo que el recubrimiento del acero suele ser insuficiente para garantizar la vida útil de diseño de la estructura, periodo en el que estructura conserva los requisitos de seguridad, funcionalidad y estética, sin costos inesperados de mantenimiento.<sup>(12)</sup>

El diseño y la construcción de vivienda tradicionalmente han dado énfasis a las condiciones de seguridad sin considerar su durabilidad. Esto ha ocasionado gran variabilidad en la calidad de estas construcciones, dependiendo del nivel tecnológico de las constructoras, así como también de sus propios intereses y experiencias.<sup>(8)</sup>



**Fig III.8.2 (Izquierda).** Fotografía de una zapata de un puente en donde se muestra el sensor utilizado para determinar la velocidad de corrosión de una de las varillas afectadas por corrosión.

**Fig III.8.3 (Derecha).** Estado que presenta un puente en donde se aprecia el daño tan avanzado de la losa producto de la corrosión de la varilla de refuerzo.

<sup>(12)</sup> Romel G. Solís Carcaño, Eric Iván Moreno, Pedro Castro Borges. **Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera.** Artículo de Divulgación, México. 2005, Pag. 1.

<sup>(8)</sup> Torres Acosta Andrés A. y Martínez Madrid Miguel. **Diseño de Estructuras de Concreto con Criterio de Durabilidad.** Secretaria de Comunicaciones y Transportes, *Publicación Técnica No. 181*, Sanfandilla, Qro. México. 2001. Pag. 2-7

Como un ejemplo en la Figura III.8.2 una fotografía tomada de la subestructura de un puente en Tampico, la cual presenta fisuras o grietas en la superficie del concreto en una zapata. Estas grietas aparentemente fueron producidas por que las barras de refuerzo ya se encontraban corroyéndose. El sensor mostrado en las Figuras III.8.2 y III.8.3, pertenece al equipo utilizado para determinar si la varilla se encontraba en el proceso de corrosión.

Si se sigue la definición “al pie de la letra” de vida útil, es decir si la estructura careciera de seguridad, funcionalidad y estética, esta ya sobrepasó el periodo de vida útil de servicio, por lo que esta zapata puede conservar su seguridad y funcionalidad, pero no es estética por la apariencia de dicha grieta. Por lo tanto, ese elemento en particular podría haber sobrepasado su vida útil y necesitaría ser reparado.

Con este ejemplo, podemos definir que la funcionalidad (o capacidad de carga) se basa en el tiempo que se pretende que dure la estructura y esta a su vez esta relacionada con la durabilidad de la estructura, esta se puede definir como la habilidad de mantener la funcionalidad requerida y evitar la degradación, que es el decremento gradual de la funcionalidad de la estructura con el tiempo. Cuando la estructura alcanza una vida residual es cuando llega al fin de su servicio útil, en este periodo la estructura necesita reparación, remodelación o completa renovación para que regrese a su estado de servicio original; esto que sea segura, funcional y estética.

En la figura III.8.3, la losa mostrada, presenta el notorio desprendimiento del recubrimiento, producido por una corrosión severa de la varilla de refuerzo, y esta losa se encuentra más allá de su vida útil, ya que su degradación puede hacer que sufra una falla local en ese puente, y es recomendada una reparación, antes que se produzca un colapso de la losa.

Los estados mínimos de servicio son llamados límites de la durabilidad de una estructura y son principalmente dos: 1) Estado Límite de Servicio y 2) Estado Límite Último.

El Estado Límite de Servicio (ELS) correspondería al punto en el tiempo el cual la estructura ha llegado a su vida útil, o sea, “es el estado en el cual los requerimientos de servicio de una estructura o elemento estructural (seguridad, funcionalidad y estética) ya no se cumplen.” En este trabajo el ELS será el tiempo en el que la manifestación de daños externos por la formación de grietas con ancho no mayor a 0.1mm es visible.

El Estado Límite Falla ó Último (ELU), en el segundo caso, es el estado en que la estructura o elemento estructural “se encuentra asociado con colapso u otra forma similar de falla estructural.” En este reporte, se define al ELU como al tiempo en el cual la estructura llega a un estado de degradación inaceptable antes de que sufra un colapso inminente:  $ELU < T_{COLAPSO}$ .<sup>(14)</sup>

<sup>(14)</sup> Andrés A. Torres Acosta, Miguel Martínez Madrid. **Diseño de estructuras de concreto con criterio de durabilidad**. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Publicación Técnica No. 181, Queretaro, México. 2001. Pag. 2-3.

Podemos encontrar más información en las NTC-Estruc. De Concreto, en el Punto No. 2, Estados Límite de Falla, y en el punto No. 3, Estados Límite de Servicio, así como en el punto No. 9 Concreto Presforzado, donde se deben tomar en cuenta las concentraciones de los esfuerzos debidos al presfuerzo.

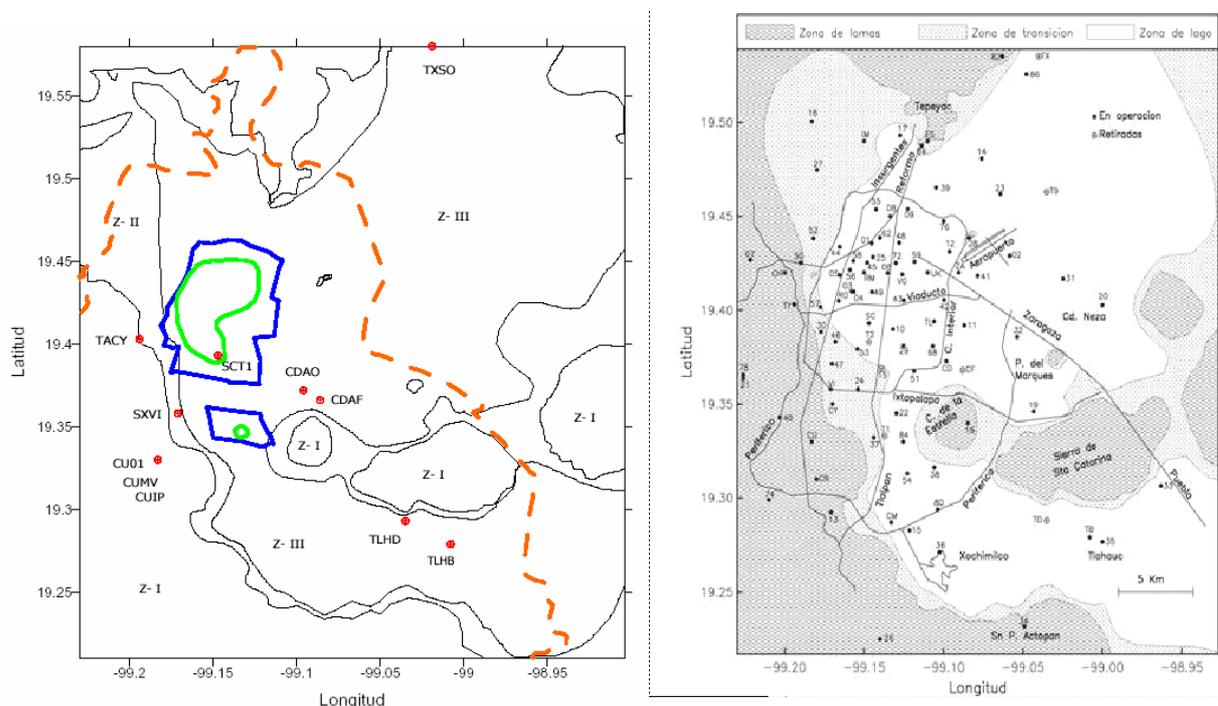
### III.9 Sismicidad.

También dentro de los factores que consideremos para las estructuras de concreto, es el que sean resistentes o que sufran el menor daño posible por los sismos; considerando que la República Mexicana registra anualmente alrededor de mil movimientos telúricos con magnitudes mayores a 3.5 grados Richter. Solo algunos superan los 6 grados, estos datos de acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional.

Las cinco placas tectónicas sobre las que se ubica el territorio nacional son: la de Norteamérica, la del Pacífico, la de Cocos y el Caribe. La mayoría de los sismos en nuestro país se originan a lo largo de las fronteras entre estas placas, sin embargo, otros se inician en las zonas donde se concentra la mayor población.

Hablar de sismos en México, remite al recuerdo del terremoto de 1985; los daños causados sobre todo el Distrito Federal, evidenciaron la necesidad de actualizar el reglamento de construcción; un ejemplo de ese cambio en el reglamento es la cantidad de acero dentro de las estructuras, mejorar el concreto, un concreto de una alta especificación, realizar un análisis muy detallado del subsuelo.

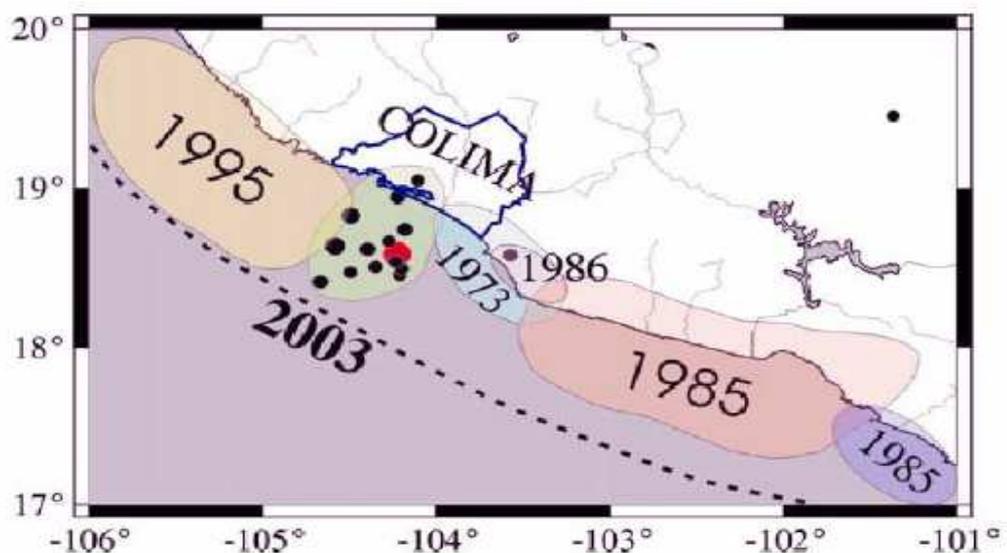
A diferencias de otras zonas del país, la Ciudad de México, exige más trabajos de prevención, debido al suelo arcilloso que genera el efecto de gelatina, este efecto oscila por un cierto tiempo; dado este fenómeno en el subsuelo de la ciudad, es inevitable o impredecible saber cuando sucederá un efecto así, ya que también contar con estructuras mejor construidas, no es suficiente. Por ello, también es importante la cultura de la prevención es clave entre la población.



**Fig. III.9.1 Estaciones de la red acelerometrica de la Ciudad de México. Del lado izquierdo las estaciones existentes en 1985. Del lado derecho, las que existen actualmente.**

De acuerdo al Atlas de riesgos del Distrito Federal, las zonas más vulnerables a un terremoto son las Delegaciones Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Iztapalapa, Xochimilco y Coyoacán; para quienes viven y trabajan en estos lugares saber que hacer antes, durante y después de un sismo es vital, ya que pueden salvarse más de un 90% de personas de sufrir un accidente.

La red sismológica del Valle de México cuenta a la fecha con 11 estaciones digitales y una análoga. La mayoría de estas estaciones se localizan en el Estado de México. Aunque la mayoría de los temblores que producen daños en la Ciudad de México, ocurren en las costas del Pacífico, a 350 Km, de distancia aproximadamente, pero no todos, unos son originados también dentro de la república, que son no provenientes de costas, estos pueden ser por alguna acción volcánica. Las ubicaciones epicentrales del evento mayor y de las réplicas principales se indican en forma gruesa en la Figura III.9.2. Se nota la ubicación dentro de una brecha sísmica carente de sismos en años.<sup>(9)</sup>



**Figura III.9.2 Ubicaciones epicentrales del evento mayor y réplicas principales (sitio Web, Servicio Sismológico Nacional, UNAM)**

<sup>(9)</sup> Investigación: Conti González Báez. Sismológico Nacional. Cápsula 165 del 17 de Septiembre de 2005. México.

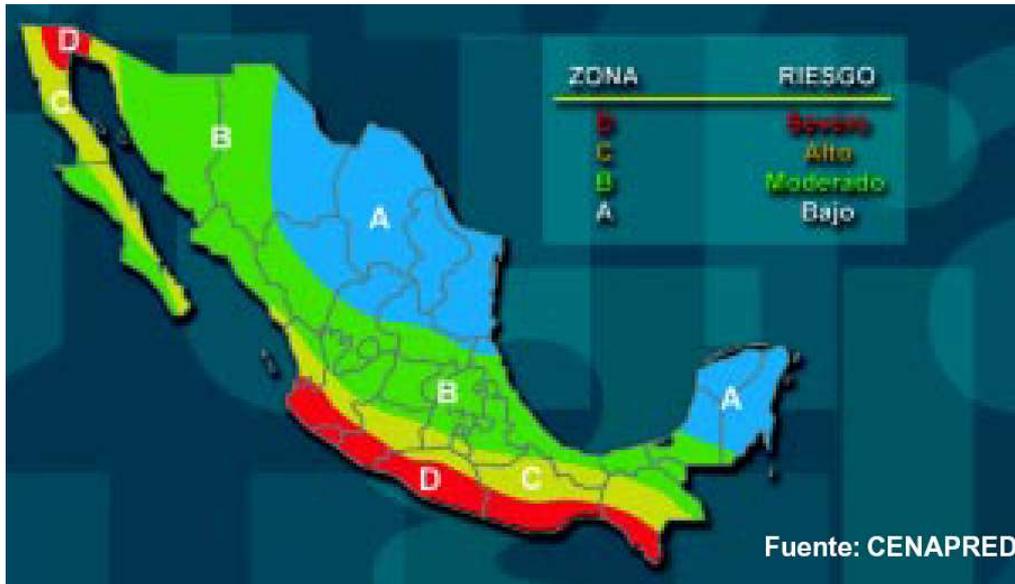


Figura III.9.3. Ubicaciones de las zonas de Sismicidad y el Riesgo de cada una.

En los últimos años, el Instituto de Geofísica de la UNAM se dio a la tarea de instalar una red de estaciones sismológicas equipadas con nuevos digitalizadores en diferentes sitios rodeando al Distrito Federal, con el objetivo de mejorar la calidad de los datos y localizaciones de los temblores originados en el Valle de México. Desde su instalación, la Red Sismológica del Valle de México ha detectado eventos originados en éste, que por su magnitud no son detectados por la red convencional del Servicio Sismológico Nacional.

La Red Sismológica Nacional está formada por 15 estaciones telemétricas distribuidas dentro del territorio nacional que envían su señal en tiempo real a la Estación Central del Instituto de Geofísica en la UNAM para su registro, procesamiento y distribución. En ello trabajan especialistas en análisis de sismogramas, instrumentación electrónica, cómputo y sistemas.<sup>(13)</sup>

<sup>(13)</sup> Conti González Báez **SISMOLOGICO NACIONAL**. Cápsula 165. México. Septiembre de 2005

El Instituto de Geofísica, concentrado en el Departamento de Sismología y Vulcanología, realiza labores de investigación y se encarga de establecer los parámetros sismológicos nacionales.

Una de ellas es la escala de intensidad sísmica de Mercalli, que dentro de sus parámetros de intensidad son los siguientes:

I. No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.

II. Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.

III. Sentido muy claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.

IV. Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.

V. Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables

volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.

VI. Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.

VII. Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas.

VIII. Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.

IX. Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.

X. Algunas estructuras bien construidas en madera, destruidas; la mayoría de estructuras de mampostería y marcos destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.

XI. Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos.

XII. Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.<sup>(10)</sup>

Las fuerzas de sismo actuantes en el centro de gravedad de cada piso crean un momento torsional que se incrementa durante la respuesta dinámica de la estructura, llegando a cargar excesivamente determinados elementos estructurales, situación causante de muchas fallas estructurales.

El Instituto de Ingeniería enfoca su trabajo principalmente a problemas de riesgo sísmico y maneja una red de estaciones telemétricas, ubicadas en Iguala, Guerrero; Santa Rita, Toluca, Texcoco, Popocatépetl y La Marquesa, en el Estado de México; Ciudad Serdán y San Bernardino, en Puebla; la UNAM, el Ajusco y el Pico de Tres Palos, en el Distrito Federal.

<sup>(10)</sup> **Guía para la Identificación Rápida de Peligros Naturales.** SEDESOL. México. 2004. Pag. 26-29.



**Fig.III.9.4. Daños en edificación donde se usó sistemas de piso de vigueta y bovedilla. Se aprecia el inadecuado diseño de los elementos estructurales de los marcos, y el adecuado comportamiento rígido del sistema de piso de vigueta y bovedilla (Sismo de Tehuacan, Puebla, 1999)**

### III.10. DAÑOS EN ESTRUCTURAS.

Una vez ya establecidos cuales son los factores ó causas que afectan a las estructuras de concreto, ahora describiremos las consecuencias de esos factores, un ejemplo claro fue durante los fuertes sismos de septiembre de 1985 muchos edificios de la Ciudad de México resultaron seriamente dañados, por lo que varios de ellos tuvieron que ser demolidos y en algunos casos reparados y/o reforzados, el mundo de la ingeniería cambio con la creación de leyes y reglamentos para las estructuras, en su elaboración y mantenimiento, con el fin de prevenir nuevos sucesos lamentables, aplicando nuevas técnicas mas seguras para la construcción.<sup>(15)</sup>

<sup>(15)</sup> Carlos Reyes Salinas. **Segundo informe sobre condiciones de seguridad estructural de edificios.** CENAPRED. México. 2004.

La mayoría de los edificios que presentaron un mal comportamiento durante los sismos de 1985, fueron aquellos de 6 a 15 pisos cuyos periodos de vibración natural (fenómeno de resonancia) coincidieron con los del subsuelo y de manera particular aquellas edificaciones cuyas cimentaciones estaban resueltas con losas o cajones de cimentación, apoyadas en pilotes de fricción.

No solo en cuestiones de sismos, también encontramos otro tipo de fallas en las estructuras que son provocadas por corrosión del acero de refuerzo en las estructuras de concreto, como puentes y edificaciones en la costa, el problema de las estructuras de concreto debido a procesos de corrosión es serio y de implicaciones económicas mayores.

No obstante los grandes avances tecnológicos mundiales, el problema de la corrosión sigue sin ser entendido completamente, debido principalmente a la complejidad del proceso de corrosión en sí mismo.

También aquellas estructuras donde por el propio peso sufrieron daños, ya que muchas estructuras fueron creadas para casa habitación y fueron habilitadas como oficinas u bodegas, estos edificios fueron diseñados con un propósito y cumplieron otro, así que las estructuras incrementaron sus cargas vivas y muertas en toda la estructura, al incrementar estas cargas, exceden las originales de diseño para las cuales fueron diseñadas y las estructuras se debilitan.

El viento también es uno de los factores que provoca daños en estructuras, en la actualidad la lucha por construir edificaciones muy altas también tienen sus

grandes riesgos, donde los vientos son muy fuertes y también pueden provocar daños en las bases de columnas, debido a las fuertes ráfagas de viento.

En la actualidad, se realizan prototipos de las estructuras a escala y sometidos a pruebas en túneles de viento, teniendo como referencia un promedio de velocidad máxima del viento en la zona donde se construye el edificio, estas pruebas dan como resultado que se realice el mejor diseño de la estructura, ya sea en su estructura como en su forma estética y no tener un muy mínimo daño.

En el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, actual a esta fecha de trabajo en su Título Sexto, nos habla sobre la seguridad estructural de las construcciones, el tipo de estructura (capítulo 1), las características de los edificios (capítulo 2), criterios de diseño (capítulo 3), cargas muertas (capítulo 4), cargas vivas (capítulo 5), diseño por sismo (capítulo 6), diseño por viento (capítulo 7), cimentación (capítulo 8 y 9), construcciones dañadas (capítulo 10), obras provisionales (capítulo 11) y pruebas de carga en estructuras (capítulo 12), así como también el uso de las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto.

Las estructuras de concreto se diseñan y construyen para que cumplan con su función y alcancen su vida útil de una manera segura. Esto implica que en el diseño, construcción, mantenimiento y operación se consideren aspectos de capacidad estructural, así como de durabilidad de los materiales. Cuando las estructuras sufren modificaciones, sea por razones arquitectónicas o de tipo de uso, se deterioran los materiales, o bien sufren daños, como los producidos por los

temblores, es necesario pensar en la rehabilitación de la estructura. Este término implica, de manera general, la reparación y el refuerzo. En la reparación se busca dejar a la estructura con sus capacidades originales; con el refuerzo se mejoran estas propiedades.



Fig.III.10.1 Paquete de cargas en las estructuras de concreto.

En los tipos de fallas estructurales que se producen durante un sismo para diferentes configuraciones:

- 1.-Configuración del Edificio en Planta (Torsión)
- 2.-Problemas Geotécnicos
- 3.-Columnas Cortas
- 4.-Piso Blando

#### III.10.1.1.- Configuración del Edificio en Planta (Torsión)

Algunos de los mayores problemas de la ingeniería antisísmicas son originados por un diseño conceptual inapropiado que es trasladado por los arquitectos a los ingenieros (por favor arquitectos no molestarse).

Los aspectos de forma deseables de un edificio son: simplicidad, regularidad y simetría. Ningún cálculo puede salvar un edificio diseñado a partir de un mal concepto estructural, lo que se hace más crítico por el hecho de que los códigos sísmicos siguen estando basados en configuraciones de edificios simples y regulares.

Las fuerzas de sismo actuantes en el centro de gravedad de cada piso crean un momento torsional que se incrementa durante la respuesta dinámica de la estructura, llegando a cargar excesivamente determinados elementos estructurales, situación causante de muchas fallas estructurales.

#### III.10.1.2.-Problemas Geotécnicos

Dedicados por entero al diseño al diseño de la "superestructura", los diseñadores a menudo olvidan que las cargas sísmicas en último término se transmiten al suelo, y no se prevén efectos como el de la tixotropía (típico en suelos conformados por arcillas sensitivas), o el de licuefacción (típico de suelos friccionantes). Se dieron dramáticos ejemplos de fallas estructurales de éste tipo en los sismos de Ciudad de México en 1985.

### III.10.1.3.- Columnas Cortas

Un principio básico en ingeniería estructural es diseñar para que ante un evento sísmico las vigas se comporten plásticamente antes que las columnas, ya que cuando una viga empieza a fallar pasando de un estado elástico a inelástico absorbe parte de la energía del sismo; en cambio, si una columna falla primero y empieza a pandearse y deformarse, las cargas verticales de compresión pueden provocar un rápido colapso estructural.

Para las columnas se asume en forma práctica que este elemento estructural alcanza el máximo de su capacidad de flexión en ambos extremos y bajo curvaturas opuestas, y la fuerza cortante resultante en el entrepiso es  $V=2M/L$ , donde "L" es la longitud de la columna. Es por esto que si un elemento no estructural entra en contacto directo (sin ninguna junta) con la columna y hace que esta altura libre se reduzca por ejemplo hasta  $h/4$ , tendremos que la fuerza cortante excedería hasta cuatro veces el valor de diseño.



**Fig.III.10.3.1. Falla en columnas cortas durante sismos, por estructuras aporricadas con tabiques de albañilería como relleno.**

#### III.10.1.4.-Piso Blando

Una característica esencial de cualquier sistema estructural destinado a absorber cargas laterales es permitir una ruta continua de transmisión de las mismas a la cimentación. Las cargas inerciales que se desarrollan debido a las aceleraciones de elementos estructurales individuales deben ser transferidas desde estos a los diafragmas de entrepiso, luego a los elementos verticales, de ahí a la cimentación y luego al terreno. Fallar al momento de proveer la adecuada resistencia a los elementos individuales del sistema o fallar al "amarrar" elementos individuales entre sí pueden terminar con el colapso total de la estructura.

Las fallas debidas a la discontinuidad de los elementos verticales se encuentran entre las más espectaculares. Una falla común de este tipo ocurre cuando los muros de corte que se disponen en los pisos superiores pierden continuidad en los inferiores, lo que se conoce en el medio como "piso blando". Estos sistemas estructurales se suelen utilizar en edificios con primera planta destinada a estacionamiento, tales como centros comerciales, restaurantes con amplios frentes expuestos, etc.

## CAPITULO IV

### FIBRAS DE CARBONO PARA REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

#### IV.1 ANTECEDENTES.

Por siglos, el concreto de cemento Portland ha comprobado que es uno de los materiales de construcción más económicos, durables y versátiles disponibles en el mercado de la construcción, puesto que el concreto esta frecuentemente expuesto a condiciones mecánicas, físicas, químicas y biológicas que comprometen y amenazan su desempeño, puesto que en otros casos, el diseño, la calidad de la mezcla o la mano de obra inadecuados ponen en peligro la integridad del concreto.

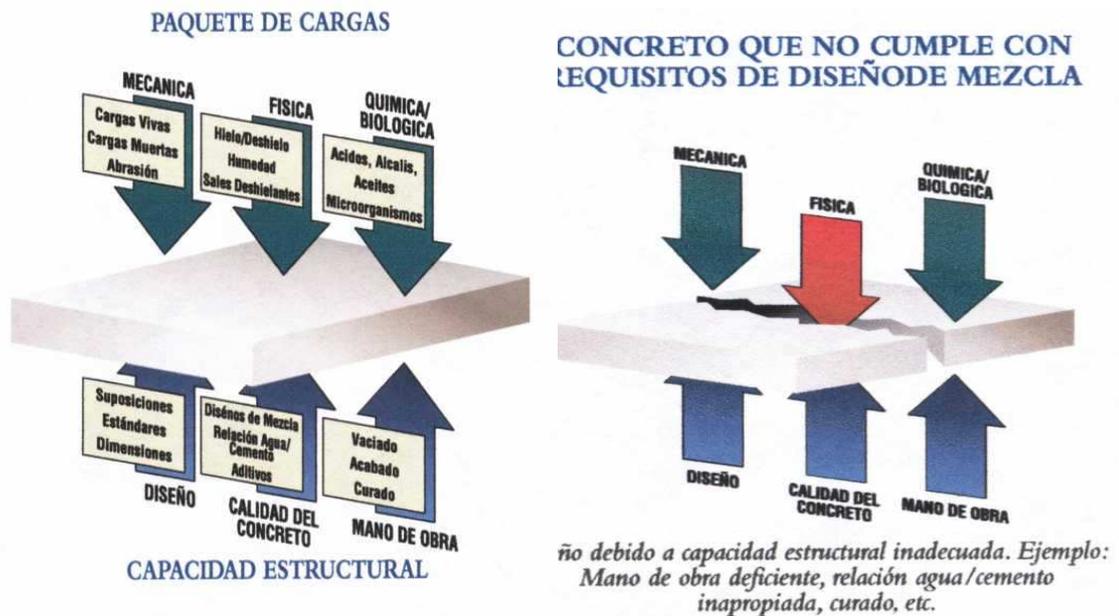


Fig. IV.1.1. Cargas que afectan a las estructuras de concreto y daños que puede sufrir las estructuras debido a una mala mezcla.

Cuando en una edificación no se toman las previsiones necesarias durante el diseño de los elementos, entonces los resultados pueden generar un colapso en las estructuras, de ahí que sea indispensable contar con un método de reforzamiento que sea idóneo, eficiente y práctico.

Para decidir si un edificio se refuerza es necesario considerar los siguientes aspectos:

- 1.- Reforzamiento contra el costo del remplazo de elementos.
- 2.- Relación entre el nivel de reforzamiento y el impacto futuro de los daños sísmicos.
- 3.- Materiales para el reforzamiento y técnicas disponibles en el mercado.
- 4.- Consecuencias de la evacuación parcial o total del edificio.
- 5.- Duración de las operaciones de reparación o reforzamiento adicional.
- 6.- Restricciones de espacio en las zonas adyacentes a la del reforzamiento o restauración.
- 7.- Restricciones sociales, políticas o históricas de la estructura.
- 8.- Requerimiento de más reparaciones o del retiro del refuerzo en el futuro.

Una técnica que presenta ventajas en la mayoría de los aspectos antes mencionados es el refuerzo a base de materiales compuestos, que están formados por dos componentes, la matriz y las fibras, que actúan de manera conjunta; existen diferentes tipos de materiales compuestos, pero vamos a hablar de uno que está compuesto de polímeros reforzados con fibras de carbono.<sup>(11)</sup>

Los materiales compuestos de polímeros reforzados con fibra (FRP, por sus siglas en inglés) se han utilizado durante casi 30 años en aplicaciones aeroespaciales y manufactureras que requieren pesos ligeros y propiedades estructurales de alta resistencia a la tracción y a la corrosión. El rendimiento de los materiales FRP viene siendo comprobado durante años en aplicaciones de ingeniería civil tales como estructuras de concreto, como columnas, trabes, vigas, silos, etc.

La gran eficacia de los materiales FRP en todas las aplicaciones anteriores se debe a sus propiedades de baja fluencia, además de tener menos espesor y ser más ligeros que el acero y poseer una resistencia a la tensión 10 veces superior. Los materiales de FRP se han utilizado en todas estas aplicaciones porque presentan baja fluencia y comparados con el acero, son de menor espesor, más ligeros y con una resistencia a tracción 10 veces superior.

El uso de las bandas de fibra de carbono presenta diversas ventajas sobre otros tipos de reforzamientos tales como: la rapidez del proceso de colocación, al ser un proceso relativamente limpio, ya que no hay desperdicios, fácil de obtener

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado** "Estudio Exploratorio". Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.1

comercialmente, es durable si se le tiene su cuidado, no aumenta el peso de la estructura (en masa) la cual es primordial importancia ante la acción sísmica, los elementos a reforzar o a rehabilitar no requieren procesos de preparación complicados.<sup>(11)</sup>

El uso de esta técnica esta teniendo un gran auge en México, ya que el uso de este material también tiene la ventaja que se puede seguir usando el edificio mientras se esta realizando la reparación y además se obtienen las resistencias máxima de los materiales

en poco tiempo por lo que no se requieren largos periodos de tiempo para tener los beneficios del reforzamiento; pero también podemos mencionar sus desventajas tales como el costo relativamente alto de los materiales, su sensibilidad ante altas temperaturas, así como la adherencia en el concreto.



**Fig. IV.1.2. Reparación de la estructura de concreto**

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado

Rehabilitar es hacer que una Obra Civil vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil. Las técnicas de rehabilitación pueden ser reversibles o irreversibles, en la primera se trata de que la edificación obtenga nuevamente su capacidad portante reforzando los elementos sin intervención de elementos nuevos, solo reparación de elementos dañados, que en su conjunto mejoran la ductilidad de la edificación, la resistencia y rigidez de los diafragmas. Las técnicas irreversibles comprenden la adherencia de elementos nuevos para reforzar la obra evaluada con inyecciones y vaciados, elementos adheridos, morteros, reparación de juntas de construcción, reconstrucción de partes, incorporación de barras de presfuerzo y reforzamiento de fundaciones.

#### IV.2. CARACTERISTICAS DE LAS FIBRAS DE CARBONO.

Existen tres tipos principales de fibras, las cuales es posible utilizar para reforzar elementos de concreto que han sufrido daño o que presentan deficiencias; en primer lugar se tiene las fibras de vidrio cuya resistencia a tensión está entre 19000 y 48000 Kg/cm<sup>2</sup>, las segundas por las fibras de aramida las cuales tienen una resistencia a tensión entre 35000 y 41000 Kg/cm<sup>2</sup>, y finalmente las fibras de carbono cuya resistencia a tensión oscila entre 21000 y 60000 Kg/cm<sup>2</sup>. Las fibras de vidrio al tener una resistencia relativamente baja, aporta pocos beneficios como refuerzo, en tanto que las fibras de aramida son económicamente prohibitivas y difíciles de conseguir comercialmente; por lo tanto, la opción más factible es el

refuerzo con fibras de carbono, las cuales se encuentran disponibles comercialmente y tienen una resistencia superior a las demás.<sup>(11)</sup>

CARACTERISTICA DEL PRODUCTO	CF – 130	CF – 160
PRESENTACION EN ROLLOS	0.61 M X 0.81 M.	0.50M X 0.50M.
AREA	48.60 M2	25 M2
PESO POR AREA	300 G/M2	600 G/M2
ESPESOR NORMAL	0.165 MM/LAMINA	0.330 MM/LAMINA
RESISTENCIA MAXIMA A TENSION	3800 MPA	3800 MPA
MODULO DE ELASTICIDAD	227 GPA	227 GPA
RESISTENCIA MAXIMA POR ANCHO	0.625 KN/MM/LAMINA	1250KN/MM/LAMINA
ELOGACION MAXIMA	1.67%	1.67%

**Fig.IV.2.1. Propiedades físicas de las Fibras de Carbono (MBrace).**

Las fibras de carbono, formadas a partir de un copolímero (poliacrilonitrilo) y mediante una gran aportación de energía en forma de calor (hasta 2000°C), se han usado desde ya hace varios años en la industria aeronáutica y espacial como material idóneo por su bajo peso y alta resistencia. Fue hasta en la década de 1990 cuando los costos de producción de estos materiales permitieron su empleo en otros sectores de la industria como son el de la construcción y se observó que este tipo de materiales, aporta grandes beneficios al incrementar las características de resistencia y de desplazamiento de elementos de concreto reforzado; por eso que el uso de las fibras de carbono es cada vez más común como sistema de reforzamiento adicional en la rehabilitación en las estructuras.<sup>(11)</sup>

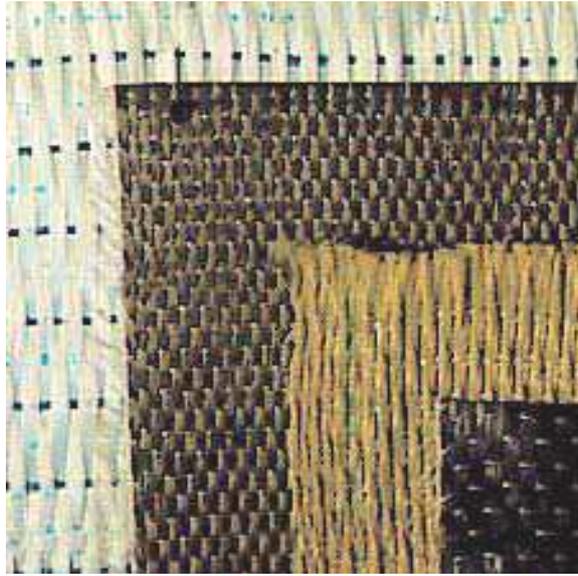
<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado “Estudio Exploratorio”**. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.7-8



**Fig. IV.2.2. Rollo de tela de Fibra de Carbono.**

Las fibras de carbono pueden ser rígidas o flexibles y generalmente vienen en dos presentaciones: en forma de tejidos en los cuales entre el 95 y 98% de las fibras están orientadas en la dirección longitudinal y entre un 2 y 5% están orientadas en su sección transversal con la finalidad de mantener unidas a las primeras; la otra presentación es en forma de placas rígidas las cuales son elementos laminados en los que se encuentran las fibras y la matriz. Este tipo de elementos rígidos tienen espesores entre 1.2 y 1.4 mm y anchos de 5 a 20 mm.<sup>(11)</sup>

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado** “Estudio Exploratorio”. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.8-9



**Fig.IV.2.3. Fibras de Carbono**

#### IV.3. CARACTERISTICAS DE LA MATRIZ DE POLIMEROS.

Un material compuesto se compone de dos o más elementos que, en el caso de las fibras de carbono, son la matriz y las fibras. Como se mencionó anteriormente la importancia y características principales de las fibras, las cuales presentan una parte esencial en el buen comportamiento y desempeño de este tipo de refuerzo; sin embargo, no debemos pasar por alto la importancia que tiene la matriz de polímeros que se emplean para hacer funcionar el sistema de refuerzo adicional como un solo elemento. Un polímero se define como una larga cadena de moléculas que tienen una estructura química similar.

El empleo de este material permite tener un compuesto con propiedades mecánicas superiores a las que se tendrían con el acero, principalmente por tener módulos de elasticidad mayores. La función de la matriz de polímeros dentro del material compuesto es la de transferir los esfuerzos entre la estructura a la cual

esta adherida y las fibras que sirven de refuerzo; así mismo, protege a las fibras de los posibles daños mecánicos y ambientales; para el caso de las cargas axiales, la matriz impide que las fibras presenten pandeo. No obstante las ventajas que poseen estos materiales existen algunos aspectos que hay que tener en consideración cuando se emplean este tipo de materiales, ya que sus características se ven fuertemente afectadas por los cambios en la temperatura ambiental y por la velocidad de aplicación de carga.<sup>(11)</sup>

Existen tres clases de resinas poliméricas que pueden usarse para formar la matriz de un material compuesto, estas son:

-Resinas de poliéster: Estas resinas son usadas en la elaboración de grandes elementos compuestos para estructuras y se presentan en líquidos viscosos. Para su uso y aplicación se requieren del empleo de aditivos o procesos de tratamiento que le permitan alcanzar un nivel de fluencia adecuado, por lo tanto no son una opción viable para la rehabilitación y el reforzamiento adicional de estructuras.

-Resina de vinil: Tienen características similares a las resinas de polyester, tienen mejores características debido a su dureza, mayor flexibilidad y mejor comportamiento ante ambientes agresivos como en los que predominan altas concentraciones de álcalis; sin embargo su costo es mayor que las resinas de

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado** “Estudio Exploratorio”. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.9

polyester y sus características no son tan buenas como las que presentan las resinas epóxicas, no obstante, se considera una buena alternativa para su aplicación en técnicas de reforzamiento adicional para las estructuras de concreto.

-Resinas epóxicas: Estas resinas están disponibles en una gran variedad de viscosidades, lo que les proporciona atributos que pueden ser útiles en una gran variedad de circunstancias. También se pueden combinar con aditivos para mejorar su viscosidad. La resina epóxicas utilizada cuenta con un 100% de sólidos epóxicos, por lo que tiene bajo olor y bajo nivel de compuestos orgánicos volátiles.<sup>(11)</sup>

Las resinas también fueron desarrolladas para ser fácilmente manipuladas y aplicadas. Sus cualidades y características necesarias básicas son las siguientes:

- 1.- Compatibilidad con el substrato de concreto y resistencia elevada del pegado.
- 2.- Resistencia adecuada a los agentes ambientales; temperatura, agua salada, presión de vapor y otros agentes químicos.
- 3.- Capacidad de rellenar vacíos.
- 4.- Compatibilidad y adherencia con la fibra
- 5.- Propiedades mecánicas del compuesto.<sup>(25)</sup>

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (cfrp) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado “Estudio Exploratorio”**. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.1

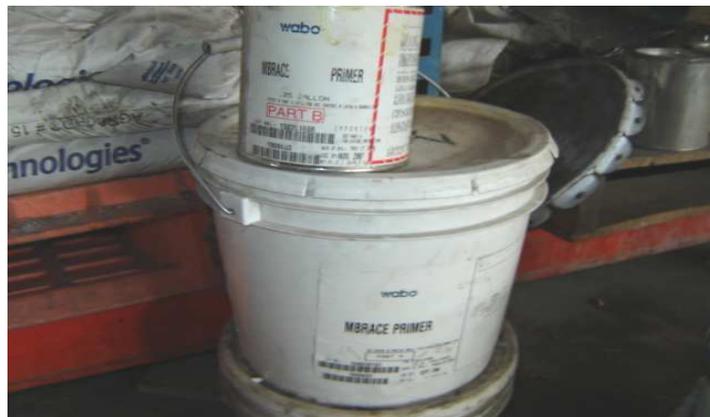
<sup>(25)</sup> Ari de Paula Machado, **Fibras de Carbono, Dimensionamiento Práctico**. BASF The Chemical Company Latin America. México. 2003.

## IV.4 COMPUESTOS DEL SISTEMA DE REFORZAMIENTO.

### IV.4.1 MBRACE PRIMER.

Es un compuesto epóxico de baja viscosidad. Es el primer componente que se aplica en el Sistema MBrace y se utiliza para penetrar la estructura porosa del concreto y proporcionar una capa base de alta adherencia.<sup>(16)</sup>

Para la colocación de este material el sustrato del concreto debe de estar limpio, sano y seco, con una buena superficie de adherencia o anclaje, ya que de lo contrario, si el elemento esta dañado o sucio este sistema no sirve, previamente tendría que repararse para utilizar el sistema, y crearle las condiciones adecuadas para su tratamiento, este primario tal vez sea el principal trabajo del sistema, por que si no cumple con la adherencia o anclaje, el sistema queda obsoleto. (ver anexo 1)



**Fig.IV.4.1. MBraces Primer**

<sup>(16)</sup> **Ficha técnica MBrace Primer.** BASF The Chemical Company Latin America.México. 2006. Pag. 1/3

#### IV.4.2.MBRACE PUTTY.

MBrace Putty es una pasta epóxica que no escurre conteniendo 100% de sólidos diseñada para nivelar pequeños defectos en las superficies y proporcionar una superficie lisa para la aplicación del sistema.<sup>(17)</sup>

La aplicación de este material se realiza sobre el sustrato haya sido imprimado con el primer, no importa si el primer ya haya curado por completo, pero si debe de tener también una limpieza, eliminando de la superficie, polvo o aceite que pueda contaminar, su colocación es con una llana de acero para tapar o rellenar pequeños huecos de la superficie y darle una forma lisa a la estructura, ya que engrosarlo se consumirá mas producto y también preparar la cantidad de pasta que se vaya a requerir, ya que son productos que contienen catalizadores, su secado es rápido y si no se aplica, se desperdicia mas material. (ver anexo 2)



**Fig.IV.4.2. MBraces Putty**

<sup>(17)</sup> **Ficha técnica MBrace Putty.** BASF The Chemical Company Latin America.México. 2006. Pag. 1/3

### III.4.3 MBRACE SATURANTE.

MBrace Saturante es una resina epóxica de baja viscosidad conteniendo 100% de sólidos que se utiliza para encapsular laminas de fibra de carbono proporcionando una lámina FRP de alto desempeño. El resultado es una lámina que proporciona resistencia adicional a elementos estructurales de concreto.<sup>(18)</sup>

En su aplicación, al igual que los sistemas anteriores, debe de tenerse una superficie limpia de polvo y aceites o cualquier otro contaminante, para poder aplicar la resina con un rodillo mediano de 3/8" a un espesor de 18 a 22 milésimas, en lo mínimo, dependiendo las propiedades de las láminas, tal vez se requiera mas saturante, y se colocan las fibras antes que el saturante, este pegajoso, ya colocada la fibra, se procede a colocar otra capa de saturante, en caso de que se requiera mas capas , se vuelve a repetir el proceso. (ver anexo 3)

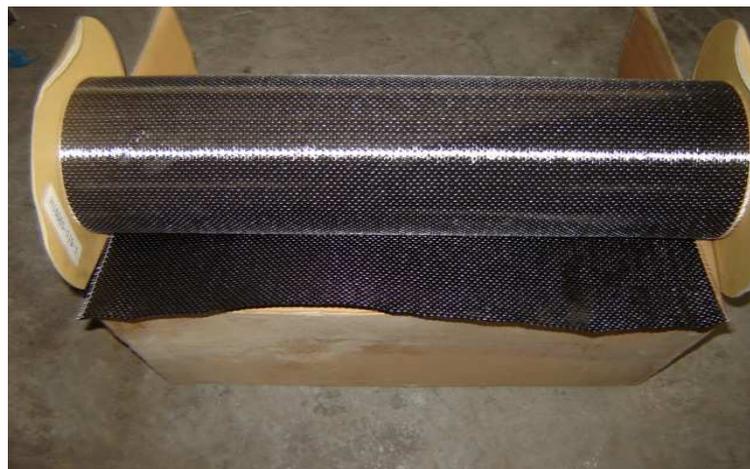


**Fig.IV.4.2. MBraces Saturant**

<sup>(18)</sup> **Ficha técnica MBrace Saturant.** BASF The Chemical Company Latin America.México. 2006. Pag. 1/3

#### III.4.4 MBRACE CF 130 Y CF 160.

Mbrace CF 130 es una lámina de fibra de carbono grado aeroespacial unidireccional de muy alta resistencia estas láminas se aplican en las superficies de estructuras ya existentes en edificios, puentes y otras estructuras que usan la familia de polímeros Mbrace de alto desempeño. Esto da por resultado un sistema de refuerzo FRP (polímero reforzado con fibras) de adhesión externa diseñado para incrementar la resistencia y desempeño estructural de estos elementos.<sup>(19)</sup>  
(ver anexo 4)



**Fig.IV.4.2. Mbrace**

**CF 130**

<sup>(19)</sup> **Ficha técnica Mbrace CF 130.** BASF The Chemical Company Latin America.México. 2006. Pag. 1/3

MBRACE CF 160 es un tejido seco construido con fibras de carbono, grado aeroespacial de muy alta resistencia. Se aplica en la superficie de elementos estructurales existentes en construcciones, puentes y otras estructuras para incrementar la resistencia y desempeño estructural de estos elementos para su larga duración. MBrace CF 160 tiene el doble de espesor que MBrace CF 130. Dos capas de MBrace 130 pueden reemplazar una capa de MBrace CF 160.<sup>(20)</sup> (ver anexo 5).



**Fig.IV.4.2. MBraces CF 160**

#### IV.4.5. MBRACE TOPCOAT ATX ó FRL

MBrace Topcoat ATX es un recubrimiento protector de color gris-concreto oculta el Sistema MBrace y lo protege de la radiación ultravioleta y de abrasión moderada.<sup>(21)</sup>

<sup>(20)</sup> **Ficha técnica MBrace CF 160.** BASF The Chemical Company Latin America.México. 2006. Pag. 1/3

<sup>(21)</sup> **Ficha técnica MBrace Top Coat ATX.** BASF The Chemical Company Latin America.México. 2006. Pag. 1/2

MBrace Topcoat FRL es un recubrimiento intumescente en base agua que imparte excelentes características ignífugas al Sistema de Refuerzo MBrace.<sup>(22)</sup> (ver anexo 6)

#### IV.5 APLICACIÓN DE LAS FIBRAS

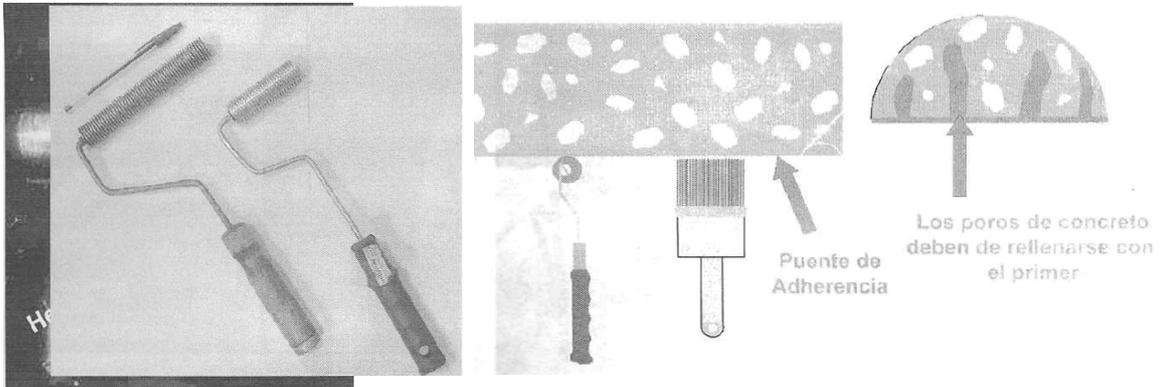
La técnica mas usada para la colocación de las fibras se realiza manualmente y consiste en la colocación de los tejidos(o placas rígidas), según sea el caso, sobre la superficie del elemento de concreto a reforzar, que previamente se a liberado de cualquier impureza de pintura o material que lo cubra, este proceso puede realizarse manualmente ó por medio de técnicas a base de arena silica y aire a presión (SandBlas)(Fig. IV.5.1) las aristas de los elementos con geometría rectangulares se desbastan y se impregnan en todo el elemento con una capa de resina como primario (MBrace Primer), para que tenga buena adherencia el recubrimiento, la capa de resina debe de impregnarse muy bien entre los



**Fig. III.5.1. Limpieza del concreto antes de la aplicación de la fibra de carbono.**

<sup>(22)</sup> Ficha técnica MBrace Top Coat FRL. BASF The Chemical Company Latin America.México. 2006. Pag. 1/2

poros de la estructura de concreto, para una mejor penetración de la resina, es recomendable usar un rodillo medio de poco pelo o una brocha(Fig.IV.5.2.);<sup>(11)</sup>



**Fig.IV.5.2. Aplicación del primario para una buena adherencia y rodillos metálicos.**

se procede a colocar la capa de pasta (MBrace Putty)(Fig.IV.5.3), para darle una uniformidad a la estructura y pueda tener una igualdad, esto se hace utilizando una llana o rastrillo de goma, además de tener un soporte liso y regular, garantiza un buen anclaje;



**Fig.IV.5.3. Aplicación del putty en columnas.**

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado** “Estudio Exploratorio”. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.10

se coloca una primera capa de la resina epoxi (MBrace Saturante), seguidamente se procede a colocar la primera capa de fibra de carbono (MBrace CF130 o CF160) sobre la capa de resina(Fig IV.5.4); se le pasa un rodillo metálico para eliminar cualquier irregularidad o la presencia de aire sobre la capa de resina y el elemento de rehabilitación; hecho esto se procede a colocar la otra capa de resina epoxi (MBrace Saturante) y otra capa de fibras si fuera necesario (Fig.IV.5.5).



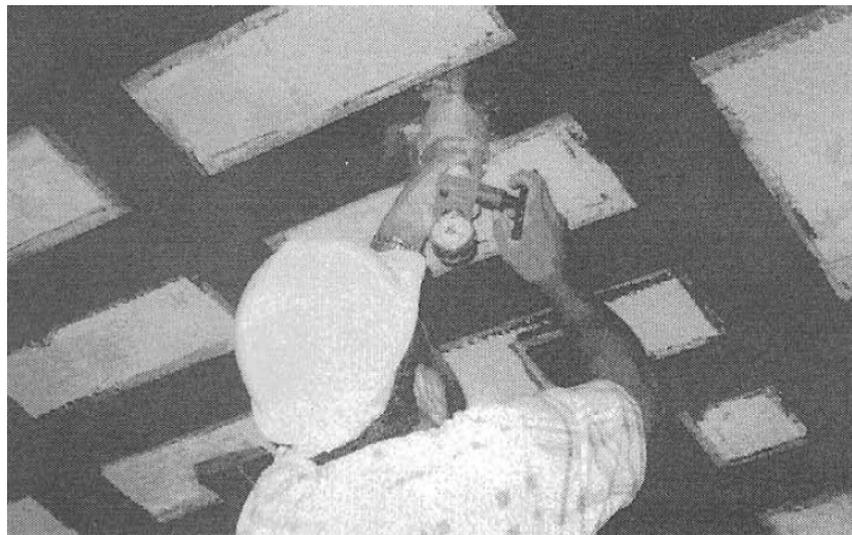
**Fig. IV.5.4.Colocación de la fibra**

Y por ultimo, se realiza una prueba de adherencia de los materiales con el concreto, esta es una prueba importante, ya que si no contiene una buena adherencia el material, el refuerzo no funciona a su capacidad, puede sufrir daños y romperse(Fig IV.5.6.). <sup>(11)</sup>

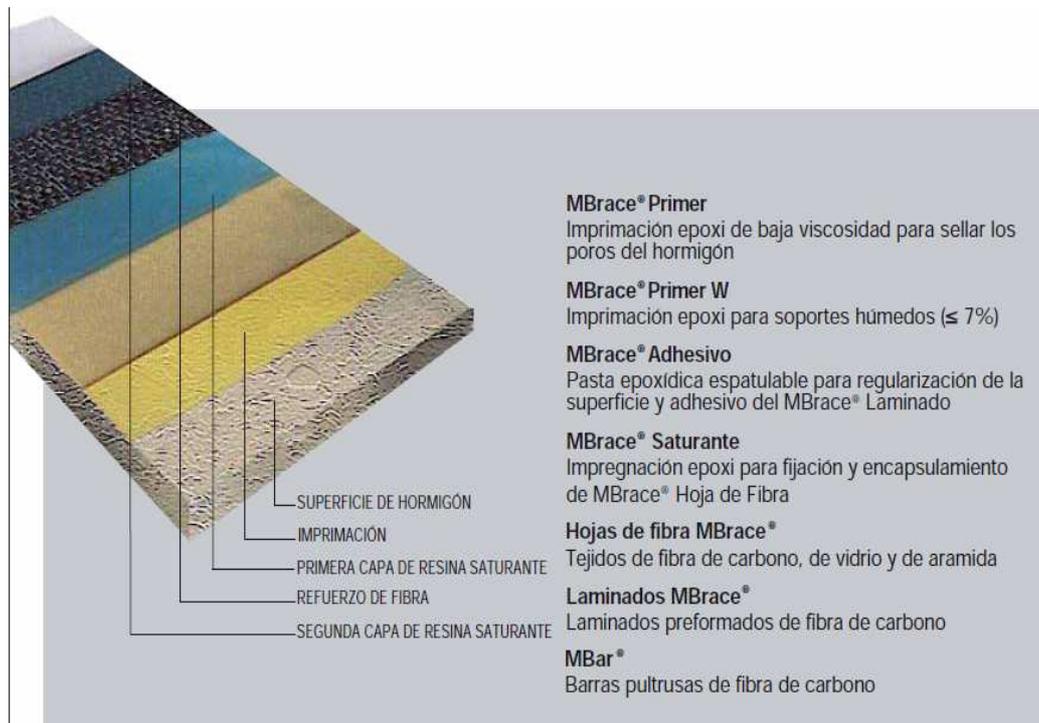
<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado** “Estudio Exploratorio”. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.10



**Fig. IV.5.5. Segunda capa de saturación sobre la fibra, para que este encapsulada.**



**Fig.IV.5.6. Prueba de adherencia de la fibra con el concreto.**



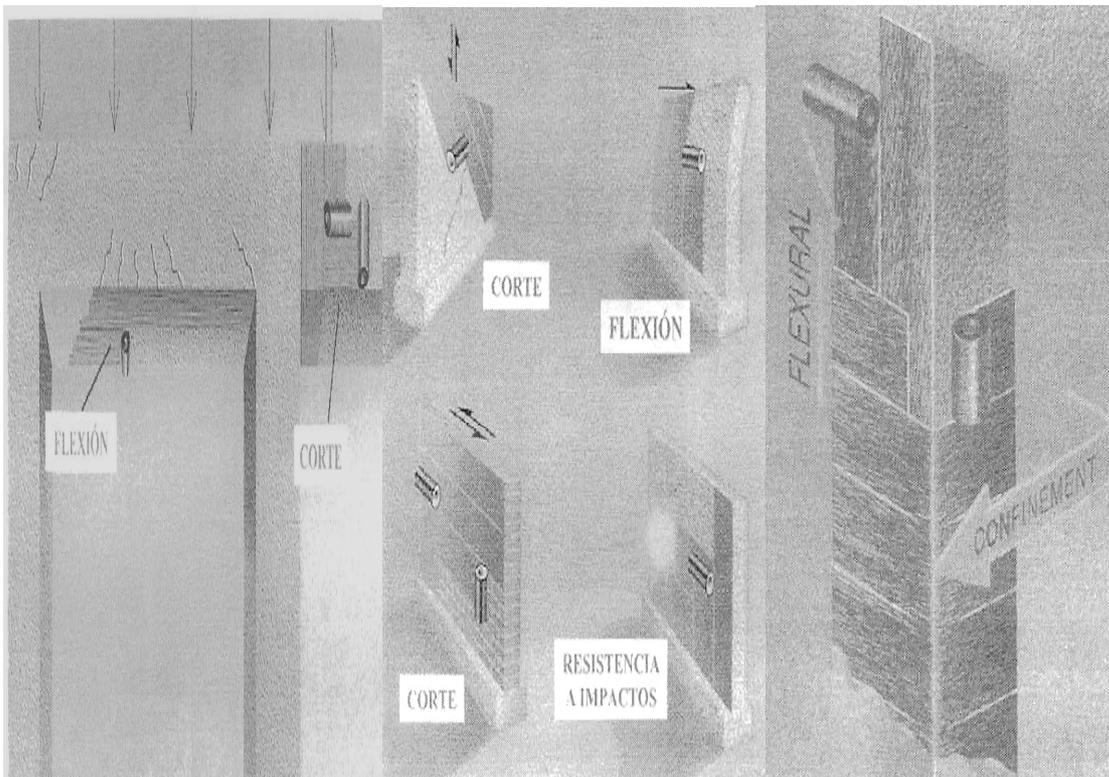
**Fig.IV.5.7. Esquema de los componentes del sistema de reforzamiento.**

#### IV.5.1 TIPOS DE REFUERZOS

Las fibras de carbono que tienen un gran módulo de elasticidad y debido también a que es un sistema liviano pueden usarse para reforzar estructuras que están sometidas a diferentes tipos de cargas, ya que dependiendo de la dirección de su colocación, se pueden orientar las fibras en las direcciones que sean más adecuadas para el reforzamiento o rehabilitación; es decir, se pueden orientar las fibras para alcanzar una mayor capacidad por flexión (tensión), o bien se puede orientar de modo que se alcancen una mayor resistencia ante fuerzas cortantes;

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Reforzamiento con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado** "Estudio Exploratorio". Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag. 10

también, se pueden colocar en forma que se tenga la mayor capacidad de desplazamiento de los elementos o de manera que se tenga el mayor confinamiento de los elementos. Se usa principalmente como refuerzo a tensión, no se recomienda para el refuerzo en zonas sometidas a compresión debido a su baja capacidad ante este tipo de esfuerzos.<sup>(11)</sup>



**Fig.IV.5.3. Refuerzos de fibra de carbono, según el tipo de carga que se ejerce a estructuras de concreto reforzado y muros de mampostería.**

---

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado “Estudio Exploratorio”**. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.10

#### IV.5.1.1 REFUERZO POR FLEXIÓN.

Se puede lograr un refuerzo por flexión más eficaz en vigas y losas mediante la colocación de las fibras en direcciones paralelas a las del esfuerzo en tensión generados en este tipo de elementos. Este tipo de esfuerzo hay que tener en cuenta que se pueden presentar dos modos de falla, uno en el que concreto en la zona de compresión llegue a su límite y por tanto se aplaste al mismo tiempo que se genere una falla en la zona de tensión que es donde se encuentra el material compuesto (fibra de carbono); y otro en el que las fibras colocadas en la zona de tensión fallen por desprendimiento del adhesivo; para que esta última falla suceda es necesario tomar en consideración en el diseño de refuerzo, la longitud del desarrollo de la banda de fibra para que no ocurra un desprendimiento prematuro de ésta, así mismo, en algunos casos también conviene colocar anclas de fibras en el concreto para aumentar la adherencia de los tejidos de fibras con el concreto.<sup>(11)</sup>



**Fig.IV.5.1.1. Refuerzo al esfuerzo por flexión en una viga.**

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado “Estudio Exploratorio”**. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.11

#### IV.5.1.2 REFUERZO POR CORTANTE.

La capacidad por cortante de una columna o de un muro de cortante se puede incrementar con el uso de fibras de carbono colocándolas en dirección de los estribos; esto provoca el mismo efecto que el colocar estribos internos en el elemento, sin embargo, las ventajas son mayores ya que debido a la naturaleza de las fibras de carbono no se tienen problemas de corrosión ni realiza un proceso complicado para su colocación.

Si bien se sabe que los esfuerzos de tensión diagonal actúan a un ángulo de  $45^\circ$  con respecto al eje axial del elemento, es más cómodo y práctico colocar el refuerzo de fibras orientadas en dirección perpendicular al eje axial, (además esto proporciona un refuerzo adecuado si se invierte el sentido de los esfuerzos). En vigas se puede colocar este esfuerzo en forma de “U” o bien usar un refuerzo cerrado (en forma “O”). En este caso de las columnas, se puede colocar los refuerzos cubriendo toda la longitud de la columna con las fibras o en bandas con una separación entre cada una de ellas dictada por el diseño previo.<sup>(11)</sup>



**Fig. IV.5.1.2. Refuerzo al esfuerzo cortante de una viga de concreto reforzado.**

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado** “Estudio Exploratorio”. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.11

#### IV.5.2.3 CONFINAMIENTO.

Se puede conseguir un aumento en la capacidad de carga axial en columnas si se colocan las fibras alrededor de las mismas en toda su longitud; esto conduce a que el concreto esté mejor confinado y por lo tanto la capacidad de carga axial de la columna es significativamente aumentada, respecto a su capacidad de carga adicional; este reforzamiento adicional permite obtener una mayor capacidad de desplazamiento lateral, ya que se retrasa el aplastamiento del concreto en la unión con las vigas o losas.<sup>(11)</sup>



**Fig. IV.5.2.3. Confinamiento de columna con fibras de carbono**

---

<sup>(11)</sup>Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado**

#### IV.6. CODIGO ACI, PARA EL USO DE FIBRAS DE CARBONO.

El reglamento del ACI, plantea una filosofía de diseño con base en los niveles de esfuerzos y deformación que sufren las fibras con el concreto y el equilibrio de fuerzas en estos elementos; el código ACI, para reforzamiento de estructuras de concreto reforzado utilizando fibras de carbono es el ACI 440.2R-02, Ya que en esta explica por que estos compuestos han incrementado su uso en la rehabilitación de estructuras de concreto reforzado es debido a que es un sistema liviano, con una densidad de cuatro a seis veces menor a la del acero y una alta resistencia a la tensión, su disponibilidad en hojas o laminas flexibles con diferentes dimensiones lo convierten en un sistema fácil de manipular y aplicar en zonas difíciles acceso al sitio de reparación.<sup>(23)</sup>

En este trabajo se hace énfasis al sistema compuesto de CFRP con resina epóxica como saturante. En México, las Normas Técnicas Complementarias del RCDF no plantean ecuaciones para hacer diseños con fibras de carbono, pero existe la posibilidad de usar expresiones que pueden estar incluidas en otros reglamentos reconocidos, como los ya antes mencionados.<sup>(11)</sup> Y como ya antes se menciono este trabajo es de su aplicación y no su cálculo, de eso se encargara el ingeniero (estructurista) si este es un sistema viable para el refuerzo estructural antes que sea decidido y escogido el tipo de sistema a utilizar.

<sup>(11)</sup> Durán Quintal Carlos Iván. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado "Estudio Exploratorio"**. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008 .Pag.12

<sup>(23)</sup> Castillo Manzano Carlos Alejandro. Mtro en Ing. **Estudio analítico y experimentales de ménsulas en extremos de vigas de concreto reforzado**. Instituto de Ingeniería. UNAM. México, 2007. Pag. 29.

## **CAPITULO V**

### **APLICACIÓN EN COLUMNAS DE CONCRETO EN LA FACULTAD DE DERECHO.**

#### **V.1. HISTORIA DE LA FACULTAD DE DERECHO**

En el Diario Oficial de la Federación, el 6 de abril de 1946, siendo Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, Manuel Ávila Camacho, se decretó la Ley sobre Fundación y Construcción de la Ciudad Universitaria. El desarrollo de las obras tuvo una duración de tres años, de marzo de 1949 a mayo de 1952. La Escuela Nacional de Jurisprudencia ocupó las instalaciones en Ciudad Universitaria en 1951.

“Una vez aprobado por el Consejo Universitario el estatuto del Doctorado en Derecho (1949), se comprendió la necesidad de elevar a la Escuela Nacional de Jurisprudencia a la categoría de facultad, pues de acuerdo a la tradición universitaria de todo mundo civilizado, solamente las facultades están capacitadas para conceder grados académicos superiores a la licenciatura .”

La iniciativa fue aprobada el 29 de marzo de 1955 por el Consejo Universitario a partir de entonces la Escuela Nacional de Jurisprudencia se denomina Facultad de Derecho, desde allí se ha convertido en la principal fuente de investigación y estudios jurídicos del país; destaca la presencia de sus egresados en el ámbito nacional e internacional, además ha colaborado con instituciones mexicanas de los sectores público, social y privado, también son numerosas las instancias en los tres niveles de gobierno que han acudido a la Facultad de Derecho mediante

convenios generales y específicos de colaboración, para recibir de los académicos cursos, talleres, diplomados y demás actividades de actualización y especialización.



**Fig. V.1. Construcción del edificio que ocuparía la Facultad de Derecho en Ciudad Universitaria**

Las instalaciones en Ciudad Universitaria designadas para la Facultad Derecho fueron planeadas para dar cabida a 3,000 alumnos, actualmente el número de alumnos supera los 10,000 y la planta docente está constituida por poco más de 1000 profesores, el edificio original de tres plantas se volvió insuficiente por esta razón se construyó una unidad de posgrado y un anexo. Todo el conjunto alberga

los salones de la licenciatura, unidades de seminarios y doctorado, laboratorios de idiomas, salones de profesores, biblioteca, hemeroteca y auditorios.



**Fig.V.2. Facultad de Derecho en la actualidad.**

La Facultad de Derecho se encuentra en Ciudad Universitaria entre la Facultad de Filosofía y Letras y la Facultad de Economía.<sup>(32)</sup>



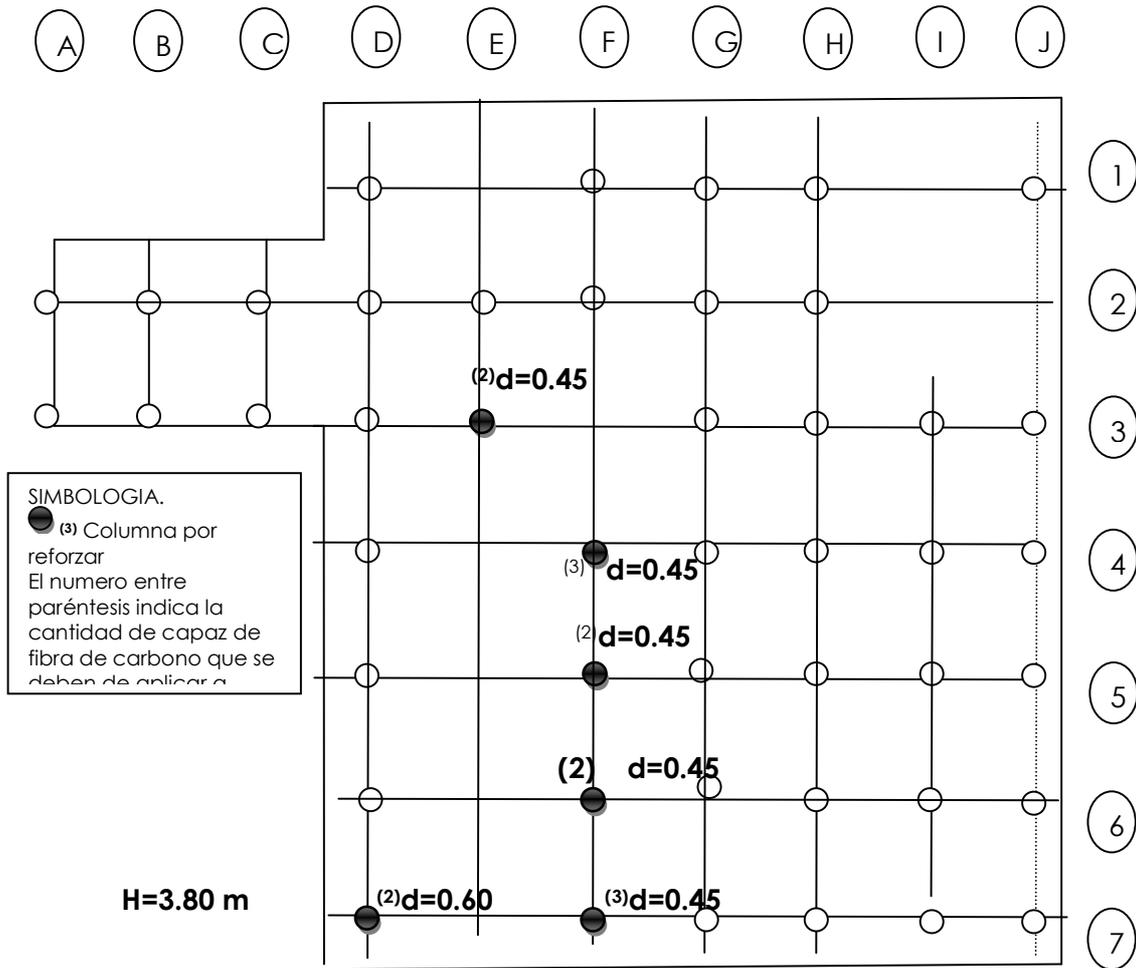
**Fig.V.3. Localización de la Facultad de Derecho en Ciudad Universitaria.**

<sup>(32)</sup> [www.derecho.unam.mx](http://www.derecho.unam.mx) Pagina web Facultad de Derecho. UNAM. México. 2008

## V.2. TECNICA DE APLICACIÓN CON FIBRA DE CARBONO EN COLUMNAS DE FACULTAD DE DERECHO.

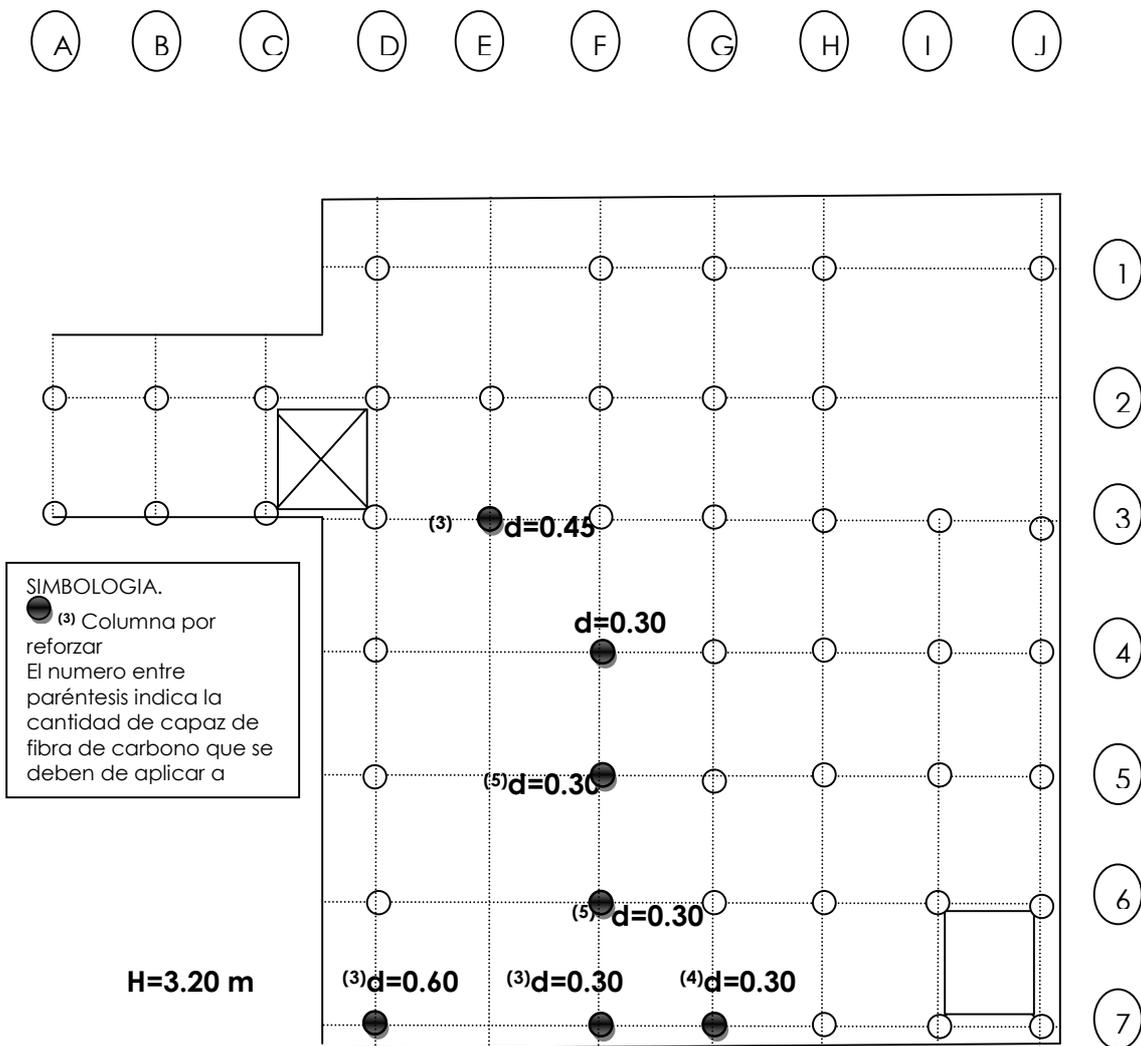
En Facultad de Derecho, en Ciudad Universitaria, sus columnas principales empezaban a sufrir fisuras, debido a el incremento de cargas vivas en la estructura, ya que originalmente la Facultad en su construcción fue diseñada para una carga en cuestión de alumnos de 3000, y en la actualidad los alumnos son aproximadamente de más de 10,000, incrementando la carga original en un 70% de la planeada.

La Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Dirección de General de obras y conservación, contratan a la empresa Recubrimientos de Protección S.A de C.V., para reforzar los daños en 13 columnas en el entrepiso de planta baja y entrepiso 1 del edificio principal, con el sistema de reforzamiento MBrace (fibra de carbono) que produce y vende la empresa BASF Chemical Company; para esto se contrataron los servicios de el Ingeniero Estructuralista Gerardo Elizarragas B., para que realizara los cálculos de el material y que tipo de reforzamiento a realizar, su recomendación fue, hacer confinamiento a las 13 columnas, en diferentes capaz para cada columna, esto lo especifico en el plano estructural de cada planta con la ubicación de las columnas, diámetros y alturas de las mismas.



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b> EDIFICIO DE LA FACULTAD DE DERECHO.	
	UBICACIÓN: CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.	
PROYECTO: ING. GERARDO ELIZARRAGAS	PROYECTO: <b>REFUERZO ESTRUCTURAL</b>	
ING. GERARDO ELIZARRAGAS	CONTENIDO: COLUMNAS PARA REFORZAR CON FIBRAS DE CARBONO CF-130 ENTREPISO PLANTA BAJA	
ING. ALFONSO RODRIGUEZ	<b>AGOSTO2007</b>	CLAVE DEL PLANO: ES-03

**Fig. V.2.1** Plano estructural donde se indica la ubicación de las columnas y las capas de fibra a colocarse.



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b> EDIFICIO DE LA FACULTAD DE DERECHO.	
	UBICACIÓN: CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.	
PROYECTO: ING. GERARDO ELIZARRAGAS	PROYECTO: <b>REFUERZO ESTRUCTURAL</b>	
ING. GERARDO ELIZARRAGAS	CONTENIDO: <b>COLUMNAS PARA REFORZAR CON FIBRAS DE CARBONO CF-130 ENTREPISO 1</b>	
ING. ALFONSO RODRIGUEZ	<b>AGOSTO2007</b>	CLAVE DEL PLANO: ES-04

**Fig. V.2.2 Plano estructural donde se indica la ubicación de las columnas y las capas de fibra a colocarse.**

### V.2.1. TRATAMIENTO A LA COLUMNA DE CONCRETO.

La limpieza de las 13 columnas se realizó con esmeril y disco de tungsteno, para dejar una superficie escarificada y libre de lechadas y contaminantes superficiales que estén sujetas al concreto, esta limpieza se realiza a lo largo del elemento; también es recomendado utilizar el Sand Blas (limpieza a presión con arena), para tener mejor limpieza del elemento, pero en este caso se considero la limpieza con esmeril, ya que se produce menos polvo. Enseguida describiremos la técnica de aplicación empleando términos de la marca "MBRACE" para el reforzamiento de estructuras de concreto.



**Fig.V.2.1. Limpieza del concreto con esmeril con disco de tungsteno.**

### V.2.2. APLICACIÓN DEL PRIMER (CAPA BASE) SOBRE LA SUPERFICIE DEL ELEMENTO.

El Primer, se utiliza para llenar huecos de aire y oquedades en la superficie de concreto; para este sistema se mezcla la resina (parte A) con el catalizador (parte B), en una proporción de 3:1 por volumen; ya mezclado el Primer, su tiempo de

Trabajabilidad o aplicación a una temperatura de 25° C, es de 20 a 25 min por galón (3.8 L.), su secado es de 3 horas como mínimo, su máximo es de 24 hrs.

Algunas propiedades físicas son:

- ❖ Modulo Elástico a Flexión : 7170 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ Resistencia a Flexión: 240 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ Modulo de Flexión: 5930 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ Resistencia a Compresión: 240 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ Modulo de Compresión: 6690 Kg/cm<sup>2</sup>.

El rendimiento del Primer por galón es de 4.9 – 6 m<sup>2</sup>/L, dependiendo de la rugosidad de la superficie del elemento; la impregnación del Primer se realiza con rodillo de felpa delgada o corta.

### V.2.3. APLICACIÓN DEL PUTTY (RESANADOR) SOBRE LA SUPERFICIE DEL PRIMER.

La pasta puede aplicarse antes o después de que el imprimante haya curado por completo, previamente deberá ligarse y limpiarse para eliminar polvo o cualquier otro contaminante de la superficie.

El mezclado de este sistema es 3:1, siendo este 3 partes de A por 1 parte de B por volumen, siendo el tiempo de Trabajabilidad de la mezcla es de 20 min a 25° C aproximadamente, la aplicación es con una llana de acero y solo se utilizara para rellenar pequeños huecos en la superficie del elemento y darle una apariencia lisa.

Sus propiedades mecánicas son:

- ❖ Propiedades a Tensión: modulo elástico de 18,000 Kg/cm<sup>2</sup>. Resistencia Máxima a 152.0 Kg/cm<sup>2</sup>. a ruptura.
- ❖ Propiedades a Compresión: Modulo Elástico de 10,760 Kg/cm<sup>2</sup>. Resistencia Máxima a Rotura de 228.0 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ Propiedades a Flexión: Modulo elástico 8950 Kg/cm<sup>2</sup>. Resistencia Máxima Ruptura de 276.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

Su rendimiento es de 4.9 a 6.1 m<sup>2</sup>/L; dependiendo de la rugosidad de la superficie.



**Fig. V.2.3.1. Aplicación de Putty (resanador) sobre Primer en columna.**

#### V.2.4. APLICACIÓN DEL SATURANTE SOBRE LA SUPERFICIE DEL PUTTY.

La aplicación del Saturante, puede realizarse antes o después del secado del primer o el putty, al igual que en los sistemas anteriores debe de limpiarse eliminando el polvo y agentes contaminantes.

El mezclado de este sistema Saturante es de 3:1, este es 3 partes de A por 1 parte de B por volumen, siendo el tiempo de Trabajabilidad de la mezcla es de 45 min a 25° C aproximadamente, la aplicación es con un rodillo de lanilla de 3/8" para dar un espesor de 18 a 22 milésimas, una vez aplicado el saturante se colocara la fibra en horizontal en columnas empezando de la parte superior a la parte inferior de la columna, una vez colocada la capa superior la capa subsecuente se colocara a paño o tope de la capa anterior o superior sin hacer traslape.

Sus propiedades mecánicas son:

- ❖ Propiedades a Tensión: modulo elástico de 30,340 Kg/cm<sup>2</sup>. Resistencia Máxima a 552.0 Kg/cm<sup>2</sup>. a ruptura.
- ❖ Propiedades a Compresión: Modulo Elástico de 26,200 Kg/cm<sup>2</sup>. Resistencia Máxima a Rotura de 862.0 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ Propiedades a Flexión: Modulo elástico 37,240 Kg/cm<sup>2</sup>. Resistencia Máxima Ruptura de 1380 Kg/cm<sup>2</sup>.

Su rendimiento del Saturante es dependiendo de los diferentes tipos de fibras del sistema, en este caso la fibra que se utiliza es CF 130 y su rendimiento es de 5.1 m<sup>2</sup>/L; los metros cuadrados se basan por la cantidad de fibra.



**Fig. V.2.4.1 Terminando de colocar el Saturante se procede a colocar la Fibra CF130.**

#### V.2.5. APLICACIÓN DEL CF 130 (FIBRA DE CARBONO) SOBRE EL SATURANT.

La colocación de la fibra CF130 en las columnas que se trataron fueron de diferentes medidas; las telas se cortan in situ para tener mayor exactitud en cortes, los cortes de la fibra se realizan con tijeras normales.

Una vez colocada la fibra sobre la capa de saturante se recomienda un empalme o traslape de 10 cm., en la parte horizontal; en la capa subsecuente deberá de colocarse el empalme del lado contrario al anterior y así sucesivamente para toda

la columna, se procede a pasar el rodillo metálico con el fin de eliminar los aires en la tela y proporcionar una mejor adherencia con el saturante, este proceso se realiza capa por capa para evitar que el aire pase de una capa a otra; una vez concluido este proceso se realiza una segunda aplicación de Saturante con el propósito de encapsular la tela.

El espesor de la fibra más la resina saturada es de 1.2 a 1.7 mm, en promedio

Dependiendo el número de capas se repetirá el mismo proceso de saturante y fibra

Las propiedades mecánicas de la Fibra CF 130 son:

- ❖ Carbono de Alta Resistencia
- ❖ Propiedades Mecánicas a 0°(indica la dirección Longitudinal a lo largo del rollo) : Resistencia Máxima a Tensión por unidad de área 38,000 Kg/cm<sup>2</sup>.  
Modulo Elástico a Tensión por área es de 227 GPa.
- ❖ Elongación Máxima es de 1.7%
- ❖ Propiedades a Mecánicas a 90°(indica la dirección Transversal a lo ancho del rollo): Resistencia Máxima a Tensión por unidad de área 0 Kg/cm<sup>2</sup>.  
Modulo Elástico a Tensión por área es de 0.

El rendimiento de este material CF130 es de 50 m<sup>2</sup> .

Una vez terminado este procedimiento se procede a limpiar la zona de trabajo y equipo utilizado, para esto se requiere solvente T-471, metil etil cetona o acetona, para ocupar el equipo en otra reparación.

Este trabajo realizado en la Facultad de Derecho en el año 2007, durante el semestre activo, esto puede ser una alternativa a las reparaciones convencionales, ya que no se requirió evacuar el edificio para realizarlas, los productos en su aplicación no desprenden olores tóxicos.



**Fig. V.2.5.1 Acabado de una columna por confinamiento.**

Las imágenes presentadas en este trabajo son de columnas rectangulares, en la Facultad de Derecho las columnas son circulares, pero no se tomaron evidencia fotográfica de las mismas en el proceso de reforzamiento, pero es el mismo

sistema, no varia, solo se cuenta con fotografías en su acabado final y como pueden verse en la actualidad.



**Fig. V.2.5.2 Acabado de una columna por confinamiento con el sistema MBrace en la Facultad de Derecho (Entrepiso Planta Baja), localizada frente a ventanillas de Servicios Escolares.**



**Fig. V.2.5.3. Columnas por confinamiento con el sistema MBrace en la Facultad de Derecho (Entrepiso Planta Baja), localizadas en la salida a la zona de Islas.**



**Fig. V.2.5.4. Columna por confinamiento con el sistema MBrace en la Facultad de Derecho (Entrepiso 1), escaleras sur (salida a zona de Islas).**



**Fig. V.2.5.5. Detalle de la columna por confinamiento (Entrepiso 1), localizada escaleras sur.**



Recubrimientos de Protección S.A. de C.V  
Presa Escame #32, Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo.  
C.P. 11500 Tel. 55-76-26-16.

Obra: Reforzamiento de Columnas con Mbrace (Fibra de Carbono)  
Lugar : Facultad de Derecho.  
Ciudad : Ciudad Universitaria, México, D.F.

Duración: 10 Días.

PRESUPUESTO DE TRABAJO.

CODIGO.	CONCEPTO	UNIDAD	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE
LIMPMAN	Limpieza de columnas de concreto por medios manuales. Incluye: mano de obra, herramienta y equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m2	\$130	59,65	<b>\$7,755.00</b>
REFMB	Aplicación del Sistema de Reforzamiento Mbrace en columnas de concreto.	m2	\$2.500	264,32	<b>\$660,800.00</b>

**TOTAL SIN IVA = \$668.555.00**

(\*SEISCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.)

**Fig. V.2.5.6. Presupuesto del Trabajo con Fibra de Carbono**

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El sistema de reforzamiento a estructuras de concreto tiene como ventaja:

- ❖ Una forma más rápida y limpia de colocación.
- ❖ Tiene la facilidad de ser manipulable y ser colocado en lugares estrechos.
- ❖ La Fibra es cortada in situ, para su colocación con las medidas exactas.
- ❖ No ahí la necesidad de evacuar el edificio, solo el confinar la pequeña área de trabajo donde se va a realizar el trabajo
- ❖ Las resinas de este material son bajas en solventes volátiles, así que puede haber transito de personas.
- ❖ Una columna reforzada con este material que requiera hasta 4 capas, se podrá realizar en un lapso de 2 días totalmente terminada.

Las desventajas de este sistema son:

- ❖ El personal debe tener supervisión técnica para su colocación.
- ❖ No debe ser colocado a altas temperaturas o con humedad excesiva, ya que la resina tarda en curar.

Con este trabajo quiero dar a conocer este sistema de reforzamiento en su proceso de aplicación, en México se han realizado trabajos con este sistema, desafortunadamente para muchos es desconocido, hasta el punto de ser novedoso, el Instituto de Ingeniería de la UNAM ha realizado estudios exploratorios del material ya colocado en estructuras de concreto, uno de ellos es el realizado por el Ingeniero Carlos Iván Durán Quintal titulado Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado "Estudio Exploratorio" donde se arrojaron resultados aceptables del mismo y dando sus recomendaciones para diferentes usos así como sus restricciones.

Este material por su composición de fibras de carbono a comparación de otras fibras sintéticas (fibra de vidrio y aramida), tiene una gran resistencia y capaz de soportar hasta el ambiente marino, ya que no tiene punto de oxidación y su mantenimiento del sistema es realmente bajo.

También quiero dejar abierto estudios subsecuentes sobre este material, que otros usos y aplicaciones tiene dentro del ramo de la Ingeniería Civil y seguir realizando pruebas a las estructuras como a los materiales, en este caso de la fibra de carbono.

También su uso y aplicación sobre mampostería, si es recomendable este sistema o no, y que otro tratamientos podríamos hacer para el reforzamiento de estructuras.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Andrés A. Torres Acosta, Miguel Martínez Madrid. **Diseño de estructuras de concreto con criterio de durabilidad.** Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Publicación Técnica No. 181, Querétaro, México. 2001.
- 2.- Aquino Bolaños Luisa Alba *Articulo: Estudio de Factibilidad de un Sistema Experto para Monitoreo de la Corrosión en Estructuras de Concreto Armado Expuestas a un Medio Marino* Universidad Tecnológica de la Mixteca. México.
- 3.- Ari de Paula Machado. **Fibras de Carbono, Dimensionamiento Práctico.** BASF The Chemical Company Latín América. México. 2003
- 4.- Carlos Reyes Salinas. **Segundo informe sobre condiciones de seguridad estructural de edificios.** CENAPRED. México. 2004.
- 5.- Castillo Manzano Carlos Alejandro. Mtro en Ing. **Estudio analítico y experimentales de ménsulas en extremos de vigas de concreto reforzado.** Instituto de Ingeniería. UNAM. México, 2007.
- 6.-Codigo ACI Para Uso y Aplicaciones de Fibras ACI 440.2R-02 (2002), **Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures.** Reported by ACI Committee 440. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, USA..
- 7.- Conti González Báez **SISMOLOGICO NACIONAL.** Cápsula 165. México. Septiembre de 2005
- 8.- **Ficha técnica MBrace CF 130.** BASF The Chemical Company Latin America. México. 2006.

- 9.- **Ficha técnica MBrace CF 160.** BASF The Chemical Company Latin America. México. 2006.
- 10.- **Ficha técnica MBrace Primer.** BASF The Chemical Company Latín América. México. 2006.
- 11.- **Ficha técnica MBrace Putty.** BASF The Chemical Company Latin America. México. 2006.
- 12.- **Ficha técnica MBrace Saturant.** BASF The Chemical Company Latín America.México. 2006.
- 13.- **Ficha técnica MBrace Top Coat ATX.** BASF The Chemical Company Latín America.México. 2006.
- 14.- **Ficha técnica MBrace Top Coat FRL.** BASF The Chemical Company Latin America .México. 2006.
- 15.- **Guía para la Identificación Rápida de Peligros Naturales.** SEDESOL. México. 2004.
- 16.- Durán Quintal Carlos Iván. Mtro en Ing.. **Refuerzo con Bandas de Fibra de Carbono (CFRP) en Columnas Cortas de Concreto Reforzado “Estudio Exploratorio”.** Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 2008.
- 17.- Ing. De Paula Machado Ari. **Refuerzo Estructural en Base a Láminas y Barras de Fibra de Carbono.** Ed. World of Concrete. México. 2007.
- 18.- **Manual del Constructor.** CEMEX CONCRETOS. México, 2008.
- 19.- **Manual Técnico de Construcción,** México. 2002

- 20.- **MBrace, Sistema Compuesto de Refuerzo.** Degussa Cosntrucción Chemical. Latín América 2001
- 21.- MEJORADA Mota José Paulo. **Manual de Practicas de Laboratorio de Construcción de Estructuras.** FES ARAGÓN. UNAM. 2007.
- 22.- MENDOZA, Carlos Javier. **Propiedades Mecánicas de los Concretos Fabricados en el Distrito Federal.** Instituto de Ingeniería. UNAM.
- 23.- Muria Vila David/Mendoza E. Carlos Javier. Artículo: **Evaluación de la resistencia del concreto en la estructura por medio de ensayos de corazones.** Revista Construcción y Tecnología/marzo 1991. México
- 24.- **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del D.F.** Gaceta GDF, México. 2004.
- 25.- **Refuerzo de Estructuras Mediante Fibra de Carbono.** ACIES (Asociación de Consultores Independientes de Estructuras de Edificación). Sección técnica monográfica No. 1
- 26.- **Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Título SEPTIMO,** Gaceta GDF, México. 2004.
- 27.- Romel G. Solís Carcaño, Eric Iván Moreno, Pedro Castro Borges. **Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera.** Artículo de Divulgación, México. 2005, Pag. 1.
- 28.- **Sistema Compuesto de Reforzamiento MBrace.** BASF The Chemical Company. Latín América. 2006.

- 29.- **Sistema Integral para refuerzo de estructuras.** Degussa Cosntrucción Chemical. España. 2002.
- 30.- **Soluciones integrales para la Reparación y Protección del Concreto.** Degussa. Construcción Chemicals. Latín América 2001
- 31.- Torres Acosta Andrés A. y Martínez Madrid Miguel. **Diseño de Estructuras de Concreto con Criterio de Durabilidad.** Secretaria de Comunicaciones y Transportes, *Publicación Técnica No. 181*, Sanfandilla, Qro. México. 2001.
- 32.- [www.derecho.unam.mx](http://www.derecho.unam.mx) Pagina web Facultad de Derecho. UNAM. México. 2008
- 33.- [www.obras.unam.mx](http://www.obras.unam.mx) Página Web de Dirección General de Obras y Conservación, de la UNAM
- 34.- [www.basf-cc-la.com](http://www.basf-cc-la.com) Página web de la empresa fabricante de este sistema.
- 35.- [www.reprosa.com.mx](http://www.reprosa.com.mx) Página web de la empresa de aplicación del material.



The Chemical Company

**ANEXO 1.**

This document was created using  
**SOLID CONVERTER PDF**  
To remove this message, purchase the product at  
[www.SolidDocuments.com](http://www.SolidDocuments.com)



The Chemical Company

## MBrace® Primer

Imprimante epóxico de baja viscosidad para el Sistema Compuesto de Refuerzo MBrace®

### USOS RECOMENDADOS

MBrace Primer es el primer componente del Sistema MBrace que se aplica en las superficies de concreto, mampostería y acero para proporcionar una excelente adhesión del Sistema MBrace al sustrato.

#### Emplazamiento

- Vertical
- Horizontal
- Exterior
- Interior

#### Substratos

- Concreto
- Mampostería
- Acero

### DESCRIPCION

MBrace Primer es un compuesto epóxico de baja viscosidad, con 100% de sólidos, curado con poliaminas. Es el primer componente que se aplica en el Sistema MBrace y se utiliza para penetrar la estructura porosa de los substratos cementicios y proporcionar una capa base de alta adherencia para el Sistema MBrace.

### VENTAJAS

- Tiene tolerancia a la humedad, puede aplicarse en algunos substratos húmedos
- Baja viscosidad, penetra fácilmente en la superficie porosa del concreto
- 100% de compuestos epóxicos sólidos, muy bajo olor y COV (Compuestos Orgánicos Volátiles)
- Adecuado para aplicación a baja temperatura, puede ser aplicado hasta a temperaturas de 2°C (35°F) o superiores

### FORMAS DE APLICACION

#### Preparación de la superficie

1. El sustrato debe estar completamente curado, limpio, sano y seco. Cualquier área dañada, desconchada, delaminada o áreas con daños por corrosión deben ser reparadas antes de la aplicación del sistema Mbrace.
2. Para substratos de concreto y mampostería, prepare el sustrato por medios mecánicos para remover de la superficie recubrimientos, lechada y cualquier contaminante de la superficie

y para proporcionar el perfil de superficie correcto. El perfil de la superficie del Concreto (CSP) debe ser como mínimo 3 según ICRI (similar a una lija de papel de grado 80).

3. Para substratos de acero limpie a chorro con material abrasivo hasta obtener una superficie «Blanca Metálica» de conformidad con la Especificación de la Sociedad para Recubrimientos Protectores (SSPC) SP-5-89 o NACE No. 1, usando un abrasivo limpio, seco para obtener un perfil mínimo de 0.076 mm (3.0 mils).

#### Mezclado

1. La relación de mezclado de las partes por volumen es de 3 a 1, es decir 3 Partes de A por 1 Parte de B, y por peso es de 100 a 30, es decir 100 Partes de A por 30 partes de B. Mezcle solamente la cantidad de material que vaya a usar dentro del tiempo trabajable del material. Los tiempos aproximados de trabajabilidad para una unidad de 3.8 litros (1 gal) son:

10°C(50°F)	75min
25°C(77°F)	20min
32°C(90°F)	10min

2. Mida la relación de cada componente con cuidado y después agregue la Parte B (endurecedor) a la Parte A (resina).
3. Mezcle la Parte A con la Parte B usando una mezcladora mecánica de baja velocidad de rotación (600 rpm) con paletas de mezclado (tipo el mezclador Jiffy). Raspe con cuidado los lados y el

**MBrace®**



The Chemical Company

fondo del recipiente mientras esté mezclando. Mantenga la paleta por debajo de la superficie del material para evitar oclusión de aire. Para obtener una mezcla homogénea demorará aproximadamente 3 minutos, que no debe tener estrías ni grumos .

### Aplicación

1. Aplique el producto sobre las áreas que van a recibir el sistema MBrace® usando un rodillo de pelo de 3/8 de pulgadas o con una brocha de cerdas a un espesor de película húmeda de aproximadamente 3 mils.

### Limpieza

Limpie todo el equipo y las herramientas con T-471, metil etil cetona o acetona. Siga las precauciones de salud y contra incendio indicadas por el fabricante del solvente.

### Manutención

Inspecciones periódicamente el material aplicado y repare las áreas localizadas que lo necesiten. Consulte a su representante local de BASF Construction Chemicals para obtener información adicional, o visite nuestro sitio [www.basf-cc-la.com](http://www.basf-cc-la.com).

### LIMITACIONES

- Aplique MBrace Primer solamente cuando la temperatura ambiente se encuentre entre 2 y 50°C (35 a 120°F).
- Los componentes subsecuentes del Sistema MBrace deberán aplicarse dentro de las 48 horas de haber aplicado el imprimante al substrato para asegurar una adhesión adecuada.
- La adecuada aplicación del producto es responsabilidad del usuario. Toda visita de campo realizada por el

personal de BASF Construction Chemicals tiene como fin único el hacer recomendaciones técnicas y no el supervisar o proporcionar control de calidad en el lugar de la obra.

### DATOS TECNICOS

**Composición:** MBrace Primer es un epóxico curado con poliaminas bicomponente.

#### Propiedades de manipulación

<b>Contenido VOC</b> <i>EPAMétodo24</i>	84.1 g/l (0.71 lb/gal)
<b>Punto de inflamación</b> <i>Pensky-Martens, taza cerrada</i>	
Parte A	95°C (204°F)
Parte B	> 93°C (200°F)
<b>Viscosidad (mezcla)</b>	
10°C (50°F)	1,200 cps
25°C (77°F)	400 cps
32°C (90°F)	200 cps
<b>Peso de la mezcla</b>	1003 g/l (9.2 lb/gal)

#### Propiedades físicas

<b>Densidad</b>	1102 kg/m <sup>3</sup> (68.8 pcf)
<b>Espesor, instalado (aprox)</b>	0.075 mm (3 mils)

#### Propiedades de tensión <sup>(1)</sup>

<b>Límite de deformación</b>	14.5 MPa (2100 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	2.0%
<b>Módulo elástico</b>	717 MPa (105 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	17.2 MPa (2,500 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	40%
<b>Índice de Poisson</b>	0.48

#### Propiedades de compresión <sup>(2)</sup>

<b>Límite de deformación</b>	26.2 MPa (3,800 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	4.0%
<b>Módulo elástico</b>	670 MPa (97 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	28.3 MPa (4,100 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	10%

#### Propiedades de flexión <sup>(3)</sup>

<b>Límite de deformación</b>	24.1 MPa (3,500 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	4.0%
<b>Módulo elástico</b>	595 MPa (86.3 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	24.1 MPa (3,500 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	Gran deformación sin rotura

#### Propiedades funcionales <sup>(4)</sup>

<b>Coefficiente de Expansión Térmica (CTE)</b>	35 x 10 <sup>-6</sup> /°C (20 x 10 <sup>-6</sup> /°F)
<b>Conductividad Térmica</b>	0.20 W/m °K (1.39 Btu in/hr ft <sup>2</sup> °F)
<b>Temperatura vítrea de transición, T<sub>g</sub></b>	77°C (171°F)

- (1) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 638 a 20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.
- (2) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 695 a 20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.
- (3) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 790 a 20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.

### EMPAQUE

MBrace Primer está disponible en unidades de 3.8 l (1 gal). Cada unidad viene envasada de la siguiente forma:

	<b>Volumen</b>	<b>Envase</b>	<b>Peso</b>
<b>Parte A</b>	2.84l (3 qts)	Balde 7.57l (2 gal)	3.18kg (7 lbs)
<b>Parte B</b>	0.95l (1 qt)	Lata 0.95l (1 qt)	0.91kg (2 lbs)

### ALMACENAMIENTO

MBrace Primer tiene una vida útil de 18 meses para sus dos componentes cuando se almacenan en una área fresca y seca a una temperatura de entre 10 y 32°C (50 y 90°F). Almacene lejos de la luz directa solar, flamas o



The Chemical Company

cualquier otro material riesgoso.

**Color:** Parte A es ámbar, Parte B es transparente y la mezcla es ámbar.

## RENDIMIENTO

Los índices de rendimiento en las superficies de concreto y mampostería pueden variar en función de la densidad y porosidad de los substratos.

Superficie	Rendimiento
Acero	6.1 a 8.0 m <sup>2</sup> /l (250 a 325 ft <sup>2</sup> /gal)
Concreto	4.9 a 6.1 m <sup>2</sup> /l (200 a 250 ft <sup>2</sup> /gal)
Mampostería (Concreto)	3.8 a 4.9 m <sup>2</sup> /l (150 a 200 ft <sup>2</sup> /gal)
Mampostería (Arcilla)	4.9 a 6.1 m <sup>2</sup> /l (200 a 250 ft <sup>2</sup> /gal)

El rango de cobertura en el concreto y mampostería dependerá de la densidad y porosidad del substrato.

## SEGURIDAD

### Riesgos

La inhalación de vapores puede causar daño. El producto contiene resinas epóxicas y agentes de cura. Puede causar sensibilidad en la piel u otras reacciones alérgicas.

### Precauciones

Mantenga alejado de fuentes de calor, chispas o llamas. Cuando esté en áreas confinadas con mala ventilación, utilice un quipo protector respiratorio aprobado y utilice todas las precauciones para evitar la formación de incendios o explosiones. Deberá seguir todas las advertencias indicadas en la etiqueta hasta que los envases estén comercialmente limpios y reacondicionados.

### Primeros auxilios

En caso de contacto con la piel, lave con jabón y agua. Para los ojos, enjuague inmediatamente (los segundos cuentan) con agua durante 15 minutos y llame a un médico. Si es ingerido, llame inmediatamente a un médico.

Estos productos son para uso profesional e industrial únicamente y deberán ser instalados por personal calificado y debidamente entrenado. Los instaladores deberán seguir las indicaciones de instalación.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto, o al representante local de BASF Construction Chemicals.

This document was created using SOLIDWORKS PDM. To remove this message, please the product at www.SolidPDM.com



The Chemical Company

## ANEXO 2



The Chemical Company

## MBrace® Putty

Pasta epóxica de alta viscosidad para el Sistema Compuesto de Refuerzo MBrace®

### USOS RECOMENDADOS

#### Aplicación

- Relleno de pequeños huecos o alisamiento de pequeñas salientes en los substratos cementicios
- Sellado de grietas antes de inyectar el compuesto epóxico

#### Emplazamiento

- Vertical
- Horizontal
- Exterior
- Interior

#### Substrato

- Concreto
- Mampostería
- Acero

### DESCRIPCION

MBrace Putty es una pasta epóxica que no escurre conteniendo 100% de sólidos diseñada para usarse con el Sistema Compuesto de Refuerzo MBrace. Se usa para nivelar pequeños defectos en las superficies y proporcionar una superficie lisa para la aplicación del Sistema MBrace.

### VENTAJAS

- 100% de sólidos, bajo olor y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
- Adecuado para aplicaciones en baja temperatura, puede ser aplicado a temperaturas de hasta 2°C (35°F) o superiores
- Alta viscosidad sin escurrimiento, puede ser usada en aplicaciones verticales y sobrecabeza

### FORMAS DE APLICACION

#### Preparación de la superficie

Deberá aplicarse a un substrato que haya sido imprimado con MBrace Primer. La pasta puede aplicarse antes o después de que el imprimante haya curado por completo. Las superficies con una capa de imprimante seca al tacto debe lijarse levemente y limpiarse eliminando el polvo, aceite o cualquier otro contaminante presente.

#### Mezclado

1. La relación de mezclado de las partes por volumen es de 3 a 1, es decir 3 Partes de A por 1 Parte de B, y por peso es de 100 a 30, es decir 100 Partes de A por

30 partes de B. Mezcle solamente la cantidad de material que vaya a usar dentro del tiempo trabajable del material. Los tiempos aproximados de trabajabilidad para una unidad de 3.8 litros (1 gal) son:

10°C(50°F)	75min
25°C(77°F)	20min
32°C(90°F)	10min

2. La Parte A (resina) debe mezclarse previamente usando una mezcladora mecánica de baja velocidad de rotación (600 rpm) con paletas de mezclado (tipo el mezclador Jiffy). Raspe con cuidado los lados y el fondo del recipiente mientras esté mezclando. Mantenga la paleta por debajo de la superficie del material para evitar oclusión de aire. Premezcle aproximadamente por 3 minutos .
3. Mida con cuidado la relación de cada componente y agregue la Parte B (endurecedor) a la parte A (resina).
4. Mezcle la Parte A con la Parte B usando una mezcladora mecánica de baja velocidad de rotación (600 rpm) con paletas de mezclado (tipo el mezclador Jiffy). Raspe con cuidado los lados y el fondo del recipiente mientras esté mezclando. Mantenga la paleta por debajo de la superficie del material para evitar oclusión de aire. Para obtener una mezcla homogénea demorará aproximadamente 3 a 5 minutos, que no debe tener estrías ni grumos .
5. Si se desea obtener una consistencia más espesa, puede mezclarse polvo de

**MBrace®**



The Chemical Company

sílice (S-11) al material usando un mezclador de broca de baja velocidad. Agregue la cantidad de polvo de sílice que necesite para alcanzar la consistencia deseada.

#### Aplicación

1. Aplique el producto al sustrato imprimado con una llana de acero.
2. El material debe ser aplicado con llana de forma tirante. La pasta deberá usarse solamente para rellenar pequeños huecos y para alisar pequeñas imperfecciones en el sustrato. No se recomienda aplicar la pasta en capas gruesas o en mucha cantidad.

#### Limpieza

Limpie todo el equipo y las herramientas con T-471, metil etil cetona o acetona. Siga las precauciones de salud y contra incendio indicadas por el fabricante del solvente.

#### Manutención

Inspecciones periódicamente el material aplicado y repare las áreas localizadas que lo necesiten. Consulte a su representante local de BASF Construction Chemicals para obtener información adicional, o visite nuestro sitio [www.basf-cc-la.com](http://www.basf-cc-la.com).

#### RECOMENDACIONES

- Aplique MBrace® Putty solamente cuando la temperatura ambiente se encuentre entre 2 y 50°C (35 a 120°F). Los componentes subsiguientes del Sistema MBrace deberán aplicarse dentro de las 48 horas de haber aplicado MBrace Putty al sustrato imprimado para asegurar una adhesión adecuada.
- Los componentes subsiguientes del Sistema MBrace deberán aplicarse dentro de las 48 horas de haber

aplicado el imprimante al sustrato para asegurar una adhesión adecuada.

- La adecuada aplicación del producto es responsabilidad del usuario. Toda visita de campo realizada por el personal de BASF Construction Chemicals tiene como fin único el hacer recomendaciones técnicas y no el supervisar o proporcionar control de calidad en el lugar de la obra.

#### Tenga en cuenta las limitaciones de tiempos de trabajabilidad

1. Catalice solamente la cantidad de material que pueda aplicar dentro del tiempo trabajable.
2. El tiempo disponible de trabajo, la temperatura y complejidad de la aplicación determinan cuando material debe ser catalizado de una vez.
3. Mantenga el material en un área fresca, sombreada y alejada de los la luz solar en climas cálidos. En climas cálidos el tiempo de trabajabilidad puede ser extendido manteniendo el material enfriado antes y después del mezclado o colocándolo en un recipiente de agua helada.

#### DATOS TECNICOS

**Composición:** Pasta epóxica de dos componentes, 100% de sólidos, que no escurre.

#### Propiedades de manipulación

<b>Peso de la mezcla</b>	1259 g/l (10.5 lb/gal)
<b>Contenido VOC</b>	
<i>EPA Método 24</i>	89 g/l (0.74 lb/gal)
<b>Punto de inflamación</b>	
<i>Pensky-Martens, taza cerrada</i>	
Parte A	99°C (210°F)
Parte B	> 93°C (200°F)
<b>Viscosidad (mezcla)</b>	
10°C (50°F)	74,000 cps
25°C (77°F)	45,000 cps
32°C (90°F)	33,000 cps

#### Propiedad física

<b>Densidad</b>	1258 kg/m <sup>3</sup> (75.8 pcf)
-----------------	-----------------------------------

#### Propiedades de tensión (1)

<b>Límite de deformación</b>	12 MPa (1,800 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	1.5%
<b>Módulo elástico</b>	1,800 MPa (260 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	15.2 MPa (2,200 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	7.0%
<b>Índice de Poisson</b>	0.48

#### Propiedades de compresión (2)

<b>Límite de deformación</b>	22.8 MPa (3,300 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	4.0%
<b>Módulo elástico</b>	1,076 MPa (155 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	22.8 MPa (3,300 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	10%

#### Propiedades de flexión (3)

<b>Límite de deformación</b>	26.2 MPa (3,800 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	4.0%
<b>Módulo elástico</b>	895 MPa (130 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	27.6 MPa (4,000 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	7.0%

#### Propiedades funcionales (4)

<b>Coefficiente de Expansión Térmica (CTE)</b>	35 x 10 <sup>-6</sup> /°C (20 x 10 <sup>-6</sup> /°F)
<b>Conductividad Térmica</b>	0.19 W/m °K (1.32 Btu in/hr ft <sup>2</sup> °F)
<b>Temperatura vítrea de transición, T<sub>g</sub></b>	75°C (168°F)

- (1) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 638 a 20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.
- (2) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 695 a 20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.
- (3) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 790 a 20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.



The Chemical Company

(4) En base a pruebas realizadas en muestras curadas a 20°C (72°F) y 40% de humedad relativa

## EMPAQUE

MBrace Putty está disponible en unidades de 3.8 l (1 gal). Cada unidad viene envasada de la siguiente forma:

	Volumen	Envase	Peso
<b>Parte A</b>	2.84l (3 qts)	Balde 7.57l Balde (2 gal)	3.63kg (8 lbs)
<b>Parte B</b>	0.95l (1 qt)	Lata 0.95l Lata (1 qt)	1.14kg (2.5 lbs)
<b>Color:</b>			
Parte A		Gris claro	
Parte B		Carbón	
Mezcla		Gris	

## ALMACENAMIENTO

MBrace Putty tiene una vida útil de 18 meses como mínimo para sus dos componentes cuando se almacenan en una área fresca y seca a una temperatura de 21°C (70°F).

Almacene lejos de la luz directa solar, flamas o cualquier otro material riesgoso y entre una temperatura de entre 10 y 32°C (50 y 90°F).

## RENDIMIENTO

Los rendimientos dependerán de la rugosidad que tengan las superficies de concreto y mampostería, estando en el rango de 4.9 a 6.1 m<sup>2</sup>/l (200 a 250 ft<sup>2</sup>/gal)

## SEGURIDAD

### Riesgos

La inhalación de los vapores puede causar daño. Contiene resinas epóxicas y compuestos de curado. Puede causar irritación en la piel u otras respuestas alérgicas.

### Precauciones

Mantenga el producto fuera del alcance de los niños y lejos del calor, llamas y fuentes de ignición. Uselo solamente con ventilación adecuada. Mantenga los envases cerrados. Evite el contacto con los ojos, piel y ropa. Lave perfectamente después de manejar el producto. Evite inhalar sus vapores. No lo ingiera. Use guantes protectores, lentes de protección y en el caso de que se exceda el Valor Umbral Límite (TLV) o que se utilice en áreas muy poco ventiladas, use equipo protector respiratorio aprobado por NIOSH/MSHA. Siga todas las precauciones de seguridad para evitar incendio o explosión. Deberá seguir todas las advertencias indicadas en la etiqueta hasta que los envases estén comercialmente limpios y reacondicionados.

### Primeros auxilios

En el caso de contacto con los ojos, lave inmediatamente ( cada segundo cuenta) con agua limpia por un mínimo de 15 minutos. Busque inmediatamente atención médica. Si hay contacto con la piel, lave el área afectada con agua

y jabón. Para los ojos enjuague con agua inmediatamente (segundos cuentan) durante 15 minutos y llame un médico. Si es ingerido, llame un médico inmediatamente.

Estos productos son para uso profesional e industrial únicamente y deberán ser instalados por personal calificado y debidamente entrenado. Los instaladores deberán seguir las indicaciones de instalación.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto, o al representante local de BASF Construction Chemicals.



The Chemical Company

## ANEXO 3



The Chemical Company

## MBrace® Saturant

Resina epóxica de encapsulación para el Sistema Compuesto de Refuerzo MBrace®

### USOS RECOMENDADOS

#### Aplicación

- Usado con para encapsular cualquier láminas MBrace

#### Emplazamiento

- Vertical
- Horizontal
- Exterior
- Interior

#### Substrato

- Concreto
- Mampostería
- Acero

### DESCRIPCION

MBrace Saturant es una resina epóxica de baja viscosidad conteniendo 100% de sólidos que se utiliza para encapsular laminas de fibra de aramida, fibra de vidrio y de carbono MBrace. El saturante cura con las láminas de diversas fibras MBrace proporcionando una lámina FRP de alto desempeño. El resultado es una lámina que proporciona resistencia adicional a elementos estructurales de concreto, mampostería, acero y madera.

### VENTAJAS

- Es de viscosidad moderada con lo que puede ser usado en aplicaciones verticales y sobrecabeza, saturando adecuadamente los tejidos MBrace.
- Cuenta con 100% de sólidos epóxicos, por lo que tiene bajo olor y bajo nivel de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

### FORMAS DE APLICACION

#### Preparación de la superficie

1. Deberá aplicarse a substratos que hayan sido tratados con MBrace Primer y MBrace Putty. El saturante puede aplicarse antes o después de que las capas de imprimante y de la pasta hayan curado por completo.
2. Las superficies con una capa de imprimante/ pasta seca al tacto deben limpiarse eliminando el polvo, aceite o cualquier otro contaminante presente.

### Mezclado

1. La relación de mezclado de las partes por volumen es de 3 a 1, es decir 3 Partes de A por 1 Parte de B, y por peso es de 100 a 30, es decir 100 Partes de A por 30 partes de B. Mezcle solamente la cantidad de material que puede ser usado dentro del tiempo de trabajabilidad del material. Los tiempos aproximados para una unidad de 3.8 l (1 gal) son:

10°C (50°F)	200 min
25°C (77°F)	45 min
32°C (90°F)	15 min

2. La Parte A deberá premezclarse mecánicamente usando una mezcladora mecánica de baja velocidad de rotación (600 rpm) con paletas de mezclado (tipo el mezclador Jiffy). Mantenga la paleta por debajo de la superficie del material para evitar oclusión de aire. Premezcle por un mínimo de 3 minutos.
3. Mida cuidadosamente las proporciones de cada componente y después agregue la Parte B (endurecedor) a la Parte A (resina).
4. Mezcle en una mezcladora mecánica de baja velocidad. Raspe con cuidado los lados y el fondo del recipiente mientras esté mezclando. Mantenga la paleta por debajo de la superficie del material para evitar oclusión de aire. Para obtener una mezcla homogénea llevará entre 3 a 5 minutos aproximadamente, que no deberá tener estrías ni grumos.

**MBrace®**



The Chemical Company

### Aplicación

1. Aplique la resina con un rodillo de lanilla mediano de 0.95 cm (3/8"), o una brocha de cerdas cortas, a un espesor de película húmeda de 18 a 22 mils.
2. Aplique el la deseada lámina de MBrace® al saturante antes de que el saturante esté pegajoso. (Nota: Algunas láminas pueden requerir que se aplique más MBrace Saturante directamente a la lámina antes de la colocación de la lámina).
3. Aplique una segunda capa de MBrace Saturant sobre la lamina de fibra de MBrace usando un rodillo de lanilla de 0.95 cm (3/8"), o una brocha de cerdas cortas a un espesor de película húmeda de 18 a 22 mils.
4. Si se requiere aplicar capas adicionales de láminas MBrace, siga los pasos 1 a 3.

### Limpieza

Limpie todo el equipo y las herramientas con T-471, metil etil cetona o acetona. Siga las precauciones de salud y contra incendio indicadas por el fabricante del solvente.

### Manutención

Inspecciones periódicamente el material aplicado y repare las áreas localizadas que lo necesiten. Consulte a su representante local de BASF Construction Chemicals para obtener información adicional, o visite nuestro sitio [www.basf-cc-la.com](http://www.basf-cc-la.com).

### LIMITACIONES

- Aplique MBrace Saturant solamente cuando la temperatura ambiente se encuentre entre 10 y 50°C (50 y 120°F).
- Las superficies deberán protegerse con otros componentes del Sistema

MBrace como MBrace® Topcoat, Topcoat ATX o Topcoat FRL en un lapso de 48.

- Catalice solamente la cantidad de material que pueda ser aplicada durante el tiempo de trabajabilidad del material.
- El tiempo disponible de trabajo, temperatura y complejidad del área de aplicación determinarán cuanto material debe ser catalizado de una vez.
- Mantenga el material fresco y a la sombra, protegido de la luz solar directa en climas calurosos.
- En climas calurosos, el tiempo trabajable de la mezcla puede extenderse manteniendo el material frío antes y después de mezclar o sumergiendo el recipiente en agua con hielo.
- La adecuada aplicación del producto es responsabilidad del usuario. Toda visita de campo realizada por el personal de BASF tiene como fin único el hacer recomendaciones técnicas y no el supervisar o proporcionar control de calidad en el lugar de la obra.

### DATOS TECNICOS

**Composición:** Resina epóxica que no oscurece, bicomponente con 100% de sólidos.

#### Propiedades de transporte

<b>Contenido VOC</b>	
EPA Método 24	25 g/l (0.21 lb/gal)
<b>Punto de inflamación</b>	
Pensky-Martens, taza cerrada	
Parte A	110°C (230°F)
Parte B	> 93°C (200°F)
<b>Viscosidad (mezcla)</b>	
10°C (50°F)	2,500 cps
25°C (77°F)	400 cps
32°C (90°F)	200 cps
<b>Peso de la mezcla</b>	1003 g/l (9.2 lb/gal)

### Propiedades físicas

<b>Densidad</b>	983 kg/m <sup>3</sup> (61.3pcf)
-----------------	---------------------------------

### Propiedades de tensión (1)

<b>Límite de deformación</b>	54 MPa (7,900 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	2.5%
<b>Módulo elástico</b>	3,034 MPa (440 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	55.2 MPa (8,000 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	3.5 %
<b>Índice de Poisson</b>	0.40

### Propiedades de compresión (2)

<b>Límite de deformación</b>	86.2 MPa (12,500 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	5.0%
<b>Módulo elástico</b>	2,620 MPa (380 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	86.2 MPa (12,500 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	5%

### Propiedades de flexión (3)

<b>Límite de deformación</b>	138 MPa (20,000 psi)
<b>Esfuerzo de deformación</b>	3.8%
<b>Módulo elástico</b>	3,724 MPa (540 ksi)
<b>Resistencia máxima (rotura)</b>	138 MPa (20,000 psi)
<b>Esfuerzo de rotura</b>	5.0%

### Propiedades funcionales (4)

<b>Coefficiente de Expansión Térmica (CTE)</b>	35 x 10 <sup>-6</sup> /°C (20 x 10 <sup>-6</sup> /°F)
<b>Conductividad Térmica</b>	0.21 W/m °K (1.45 Btu in/hr ft <sup>2</sup> °F)
<b>Temperatura vítrea de transición, Tg</b>	71°C (163°F)

(1) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 638 a 20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.

(2) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 695 a





The Chemical Company

20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.

(3) En base a pruebas realizadas en muestras curadas de conformidad con el Método de la ASTM D 790 a 20°C (72°F) y una humedad relativa de 40%.

(4) En base a pruebas realizadas en muestras curadas a 20°C (72°F) y 40% de humedad relativa

## EMPAQUE

MBrace® Saturant está disponible en unidades de 3.8 l (1 gal) y en unidades de 15.2 l (4 gal).

**Color:** Parte A: Azul, Parte B: Transparente; Mezclado: Azul

## ALMACENAMIENTO

MBrace Saturant tiene una vida útil de 18 meses para sus dos componentes (Parte A y B) cuando se almacenan a una temperatura de 21°C (70°F). Almacene lejos de la luz directa solar, llamas o cualquier otro material riesgoso y a una temperatura entre 10 y 32°C (50 y 90°F).

## RENDIMIENTO

Los rendimientos se basan en varios tipos de fibras MBrace:

<b>Fibra CF 130 o CF 530</b>	5.1 m <sup>2</sup> /l (55 ft <sup>2</sup> /gal)
<b>Fibra CF 160 o AK 60</b>	1.10 m <sup>2</sup> /l (45 ft <sup>2</sup> /gal)
<b>Fibra EG 900</b>	0.85 m <sup>2</sup> /l (35 ft <sup>2</sup> /gal)

Los rendimientos se basan en los metros (pies) cuadrados de fibra. Consulte a su representante local de BASF Construction Chemicals para los rendimientos de otros tipos de fibras.

## SEGURIDAD

### Riesgos

La inhalación de los vapores puede causar daño. Contiene resinas y agentes de cura. Puede causar irritación en la piel u otras respuestas alérgicas.

### Precauciones

Mantenga el producto fuera del alcance de los niños y lejos del calor, llamas y fuentes de ignición. En áreas encerradas o donde la ventilación sea pobre use equipo protector respiratorio aprobado y utilice prevenciones de seguridad apropiadas para evitar la formación de incendios o explosiones. Evite el contacto con los ojos, piel y ropa. Lave perfectamente después de manejar el producto. Evite inhalar sus vapores. No lo ingiera. Use guantes protectores, lentes de protección. Deberá seguir todas las advertencias indicadas en la etiqueta hasta que los envases estén comercialmente limpios y reacondicionados.

### Primeros auxilios

En el caso de contacto con los ojos, lave inmediatamente ( cada segundo cuenta) con agua limpia por un mínimo de 15 minutos. Busque inmediatamente atención médica. Si hay contacto con la piel, lave el área afectada con agua y jabón. En el caso de que la inhalación ocasione malestar físico, salga a tomar aire. Si persiste el malestar o tiene alguna dificultad para respirar, o si lo ingiere, busque inmediatamente atención médica.

Estos productos son para uso profesional e industrial únicamente y deberán ser instalados por personal calificado y debidamente entrenado. Los instaladores deberán seguir las indicaciones de instalación.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto, o al representante local de BASF Construction Chemicals.



The Chemical Company

**ANEXO 4**

This document was created using  
**SOLID CONVERTER PDF**  
To remove this message, purchase the product at  
[www.SolidDocuments.com](http://www.SolidDocuments.com)



The Chemical Company

## MBrace® CF 130

Lámina de fibra de carbono unidireccional de alta resistencia para el Sistema Compuesto de Refuerzo MBrace®

### USOS RECOMENDADOS

#### Aplicación

- Mejorar las capacidad de carga en vigas, losas, paredes y columnas de concreto
- Aumentar la ductilidad sísmica en columnas de concreto
- Mejorar el refuerzo sísmica en columnas y vigas de concreto, paredes de contención y elementos
- Mejorar el desempeño sísmico de muros de contención y paredes de mampostería
- Restaurar la capacidad perdida por deterioro de las estructuras de concreto
- Mejorar la capacidad de silos, tuberías, tanque y túneles de concreto
- Sustituir las barras de acero de refuerzo faltantes por error de emisión en la construcción de estructuras de concreto o mampostería
- Mejorar la resistencia a la abrasión de estructuras de concreto y mampostería
- Fortalecimiento de algunas estructura de acero y madera

#### Emplazamiento

- Vertical
- Horizontal
- Exterior
- Interior

#### Substratos

- Concreto
- Mampostería
- Madera
- Acero

### DESCRIPCION

MBrace CF 130 es una lámina de fibra de carbono grado aeroespacial unidireccional de muy alta resistencia. Estas láminas de fibra de carbono se aplican en las superficies de estructuras ya existentes en edificios, puentes y otras estructuras que usan la familia de polímeros MBrace de alto desempeño. Esto da por resultado un sistema de refuerzo FRP ( polímero reforzado con fibras) de adhesión externa diseñado para incrementar la resistencia y desempeño estructural de estos elementos. El sistema presenta extraordinarias propiedades físicas y mecánicas.

### VENTAJAS

- Muy alta resistencia en relación al peso, puede agregar resistencia significativa a una estructura sin agregar una carga muerta de importancia
- Excelente resistencia a la deformación retardada, soporta condiciones de carga cíclica y sostenida
- Extremadamente durable, resistencia extrema a un amplio rango de condiciones ambientales
- Fácil de instalar, puede instalarse rápidamente aún en áreas de acceso limitado
- Bajo impacto estético, fácil de

encubrir , no cambia significativamente las dimensiones de miembros existentes, adaptándose alrededor de formas complejas

### FORMAS DE APLICACION

#### Preparación de la superficie

Deberá aplicarse a substratos que hayan sido preparados con MBrace® Primer, MBrace® Putty y MBrace® Saturant. Consulte las hojas técnicas de estos materiales para información adicional.

#### Aplicación

MBrace CF 130 es aplicado solamente a los componentes del Sistema MBrace.

1. El laminado MBrace CF130 debe ser cortado a las dimensiones adecuadas (que dependerán de los requerimientos de cada proyecto) utilizando cizallas o una cuchilla para corte especial.
2. Las secciones de MBrace CF130 ya cortadas pueden ser almacenadas enrollándolas con cuidado en rollos de aproximadamente 600 mm (12 in). No doble o pliegue el tejido. El tejido debe ser mantenido libre de polvo, aceites, humedad y otros contaminantes en todo momento.
3. Aplique el tejido MBrace CF130 directamente sobre la superficie no curada previamente aplicada con MBrace Saturant. No hay necesidad

**MBrace®**

de mojar previamente el tejido de MBrace® CF130 con MBrace® Saturant antes de aplicar el tejido sobre la superficie.

4. Use un rodillo acanalado o un jalador para presionar el tejido contra el substrato hasta que se vean señales de que MBrace Saturant esté sangrando a través del tejido. El rodillo acanalado o jalador deben ser pasados solamente siguiendo la dirección principal de las fibras en el tejido.

5. Aplique una capa de MBrace Saturant sobre el tejido de MBrace CF130 para terminar de encapsular el laminado. Consulte la hoja técnica del producto MBrace Saturant para obtener detalles de aplicación.

## Manutención

Inspecciones periódicamente el material aplicado y repare las áreas localizadas que lo necesiten. Consulte

a su representante local de BASF Construction Chemicals para obtener información adicional, o visite nuestro sitio [www.basf-cc-la.com](http://www.basf-cc-la.com).

## RECOMENDACIONES

- Tome cuidado cuando aplique MBrace CF130 alrededor de equipos eléctricos sensibilizado. Los filamentos de fibra de carbono pueden transmitirse atmosféricamente infiltrando el equipo eléctrico causando cortocircuitos.
- La adecuada aplicación del producto es responsabilidad del usuario. Toda visita de campo realizada por el personal de BASF Construction Chemicals tiene como fin único el hacer recomendaciones técnicas y no el supervisar o proporcionar control de calidad en el lugar de la obra.

## DATOS TECNICOS

**Composición:** MBrace CF 130 está compuesto por una densa red de fibras de carbono alineadas en forma unidireccional con una fibra liviana termoplástica de vidrio entretejida en sentido contrario.

### Propiedades físicas

Material de la fibra	Carbono de alta resistencia
<b>Peso del material por área</b>	300 g/m <sup>2</sup> (0.062 lb/ft <sup>2</sup> )
<b>Ancho de la lámina</b>	500 mm (19.7 in)
<b>Espesor nominal, t<sub>f</sub> (1)</b>	0.165 mm/lámina (0.0065 in/lámina)

### Propiedades funcionales

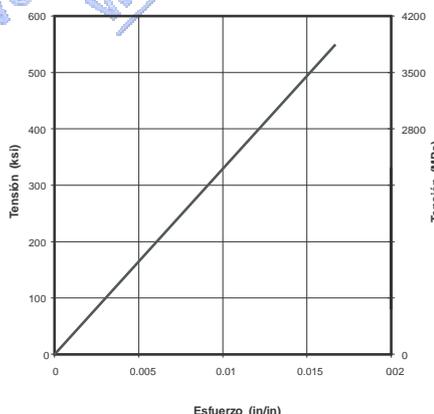
<b>Coefficiente de Expansión Térmica (CTE)</b>	-0.38 x 10 <sup>-6</sup> /°C (-0.21 x 10 <sup>-6</sup> /°F)
<b>Conductividad Térmica</b>	9.38 W/m °K (65.1 Btu in/hr ft <sup>2</sup> °F)
<b>Resistividad eléctrica</b>	1.6 x 10 <sup>-3</sup> Ωcm

### Propiedades de tensión a 0° (2,3)

<b>Resistencia máxima, f<sub>t</sub></b>	3,800 MPa (550 ksi)
<b>Módulo de tensión, E<sub>f</sub></b>	227 GPa (33,000 ksi)
<b>Resistencia máxima por ancho unitario (lámina), f<sub>t</sub> t<sub>f</sub></b>	0.625 kN/mm/lámina (3.57 kips/in/lámina)
<b>Módulo de tensión por ancho unitario (lámina), E<sub>f</sub> t<sub>f</sub></b>	38 kN/mm/lámina (215 kips/in/lámina)
<b>Esfuerzo máximo de rotura, ε<sub>fu</sub></b>	1.67%

### Propiedades de tensión a 90° (2,4)

<b>Resistencia máxima</b>	0
<b>Módulo de tensión</b>	0
<b>Esfuerzo máximo de rotura</b>	n/a



(1) El espesor nominal de la lámina se basa (solamente) en el área total de las fibras para el ancho unitario o de cada lámina. Por experiencia el espesor real del sistema curado conformado por una sola lámina (fibra más resinas saturantes) es de 0.6 a 1 mm (0.020 a 0.040 in).

(2) Las propiedades mecánicas de tensión indicadas son las que se utilizan en el diseño. Estos valores se obtienen de pruebas realizadas en las láminas curadas siguiendo el Método de la ASTM D3039 y dividiendo el valor de resistencia y del módulo por el ancho unitario que resulta, entre el espesor nominal de la lámina.

(3) La orientación de las fibras a 0° indica la dirección a lo largo del rollo de la lámina.

(4) La orientación de las fibras a 90° indica la dirección a lo ancho del rollo de la lámina.

Los resultados de las pruebas son valores promedio bajo condiciones de laboratorio. Se pueden esperar variaciones razonables.

## EMPAQUE

MBrace CF 130 está disponible en rollos de 500 mm (19.7 in) de ancho por 100 m (164 ft) de largo.

Color: Negro

## ALMACENAMIENTO

MBrace CF 130 debe almacenarse en un área seca y fresca, a una temperatura entre 10 y 32°C (50 y 90°F) lejos de la luz directa solar, llamas o cualquier otro material peligroso. La vida útil es de 3 años en contenedores sin abrir.

## RENDIMIENTO

Cada rollo de 500 mm x 50 m ( 19.7 in x 164 ft) cubre un área de 25 m<sup>2</sup> (269 ft<sup>2</sup>).



The Chemical Company

## SEGURIDAD

### Advertencia

Las fibras de refuerzo MBrace contienen fibras de carbono, vidrio y/o aramida. MBrace CF 130 contiene fibras de carbono y de vidrio. Mientras esté manipulando el tejido de fibras de refuerzo CF 130, use indumentaria de trabajo adecuada para minimizar el contacto.

### Riesgos

Puede causar irritación en la piel por el tipo de fibras que contiene la lámina (carbono, vidrio y/o aramida).

### Precauciones

Mantenga el producto fuera del alcance de los niños y lejos del calor, llamas y fuentes de ignición. Minimice el contacto con la piel. Use guantes y ropa protectora adecuada.

### Primeros auxilios

Si hay irritación o daño en la piel, busque atención médica.

Estos productos son para uso profesional e industrial únicamente y deberán ser instalados por personal calificado y debidamente entrenado. Los instaladores deberán seguir las indicaciones de instalación.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto, o al representante local de BASF.

SOLID DOCUMENT was created using  
CONVERTER PDF  
To remove this message, purchase the product at  
[www.SolidDocuments.com](http://www.SolidDocuments.com)



The Chemical Company

## **ANEXO 5**



The The Chemical Company

## MBrace® CF 160

Tejido de fibra de carbón unidireccional de alta resistencia para el Sistema Compuesto de Refuerzo MBrace®

### USOS RECOMENDADOS

- Mejorar las capacidad de carga en vigas, losas, paredes y columnas de concreto
- Restaura la capacidad estructural a estructuras de concreto dañadas o deterioradas
- Mejorar la resistencia de silos, tuberías, tanque y túneles de concreto
- Sustituir las barras de acero de refuerzo faltantes por error de emisión en la construcción de estructuras de concreto o mampostería
- Aumentar la ductilidad sísmica en columnas de concreto
- Mejorar el refuerzo sísmica en columnas y vigas de concreto, paredes de contención y elementos
- Mejorar la resistencia a la abrasión de estructuras de concreto y mampostería
- Fortalecimiento de algunas estructura de acero y madera

### Emplazamiento

#### Chemical Company

- Vertical
- Horizontal
- Exterior
- Interior

### Substratos

- Concreto
- Mampostería
- Acero

### DESCRIPCIÓN

MBRACE CF 160 es un tejido seco construido con fibras de carbono, grado aeroespacial de muy alta resistencia. Se aplica en la superficie de elementos estructurales existentes en construcciones, puentes y otras estructuras usando los polímeros de desempeño de la familia de productos MBrace®. El resultado es un sistema reforzado FRP (polímero reforzado con fibra) adherido en forma externa que se ha diseñado para incrementar la resistencia y desempeño estructural de estos elementos. Una vez instalado el Sistema MBrace ofrece un refuerzo con propiedades físicas y mecánicas sobresalientes, de larga duración. MBrace CF 160 tiene el doble de espesor que MBrace® CF 130. Dos capas de MBrace 130 pueden reemplazar una capa de MBrace CF 160.

### VENTAJAS

- Alta resistencia con respecto al peso – puede adicionar una resistencia importante a una estructura sin adicionar mucho peso muerto
- Excelente resistencia a deformaciones y fatiga – soporta condiciones de carga cíclicas y sostenidas
- Extremadamente durable – resistente a un amplio rango de condiciones ambientales
- Fácil de instalar – rápidamente aún en áreas de acceso limitado
- Bajo impacto estético – fácil de esconder, sin cambiar en forma importante las dimensiones del elemento estructural existente, se adapta a superficies complejas

### FORMA DE APLICACION

#### Preparación de la Superficie

MBrace CF 160 se aplica a superficies tratadas con MBrace Prime, MBrace Putty y MBrace Saturant. Consulte las hojas técnicas de estos materiales para detalles adicionales.

#### Aplicación

MBrace CF 160 se aplica como un componente del Sistema MBrace.

1. MBrace CF 160 debe cortarse a las dimensiones adecuadas (las cuales variarán con base a los requisitos de cada proyecto) usando una cizalla o un cuchillo utilitario.
2. Las secciones ya cortadas de MBrace CF 160 pueden almacenarse temporalmente enrollando cuidadosamente la tela en un rollo de aproximadamente 600 mm (12 in). No doble ni arrugue el tejido. La tela debe mantenerse en todo momento sin polvo, aceites, humedad y otros contaminantes.
3. Aplique el tejido MBrace CF 160 directamente sobre MBrace Saturant sin curar que se ha aplicado en la superficie. No hay necesidad de «prehumedecer» el tejido MBrace CF 160 con MBrace Saturant antes de aplicarlo en el substrato.
4. Presione la tela contra el substrato con un rodillo acanalado, hasta que vea que el Saturante está pasando a través de la tela. El rodillo debe pasarse solamente en la dirección de las fibras principales del tejido.

**MBrace®**

5. Aplique una capa MBrace® Saturant sobre la parte superior del tejido MBrace® CF 160 para encapsularlo por completo. Consulte la hoja de datos MBrace Saturant para detalles sobre su aplicación.

### Mantenimiento

Verifique periódicamente el material aplicado y repare las áreas localizadas según se requiera. Consulte a su representante de BASF para cualquier información adicional. Visite nuestro sitio web para la información más actualizada y noticias del producto en:

[www.basf-cc-la.com](http://www.basf-cc-la.com)

### LIMITACIONES

- Tenga precaución al aplicar MBrace CF 160 alrededor de equipo eléctrico sensible. Los filamentos de fibra de carbón pueden volar en el aire e infiltrarse en el equipo eléctrico ocasionando cortos circuitos.
- La adecuada aplicación del producto MBrace CF 160 está compuesto de una red densa de fibras de carbón de alta resistencia mantenidas en una alineación unidireccional con un hilo entretejido cruzado de fibra de vidrio termoplástica ligera.

## DATOS TECNICOS

### Composición

### Propiedades físicas

Fibra	Carbón de alta Resistencia
Resistencia a tensión de la fibra	4950 MPa (720 ksi)
Peso por área	600 g/m <sup>2</sup> (0.124 lb/ft <sup>2</sup> )
Ancho de la tela	500 mm (20 in)
Espesor nominal, T <sub>f</sub> <sup>c</sup>	0.33 mm/capa (0.013 in/capa)

### Propiedades funcionales

Coefficiente de expansión térmica (CTE)	-0.38x 10 <sup>6</sup> /°C (-0.21x 10 <sup>6</sup> /°F)
---	---

### Propiedades de tensión <sup>(2,3)</sup> 0°

Resistencia máxima a la tensión, f <sub>tu</sub> <sup>*</sup>	3800 MPa (550 ksi)
Módulo de tensión, E <sub>f</sub>	227 GPa (33000 ksi)
Resistencia máxima a la tensión por unidad de ancho, f <sub>tu</sub> <sup>*</sup> t <sub>f</sub>	1.25 kN/mm/capa (7.14 kips/in/capa)
Módulo de tensión por unidad de ancho, E <sub>f</sub> t <sub>f</sub>	76 kN/mm/capa (430 kips/in/capa)
Deformación máxima a la ruptura, ε <sub>fu</sub>	1.67%

### Propiedades de tensión <sup>(2,4)</sup> 90°

Resistencia máxima a la tensión	0
Módulo de tensión	0
Deformación máxima a la ruptura	n/a

## NOTAS:

### SEGURIDAD

1. El espesor nominal de la tela se basa sobre el área total de las fibras (sólo) en una unidad de ancho. Por experiencia, el espesor real de una lámina de una sola capa curada (fibras más resinas saturantes) es de 1.0 a 1.5 mm (0.040 a 0.060 in).
2. Las propiedades a tensión dadas son las que se usarán para el diseño. Estos valores se obtienen de las pruebas realizadas con las láminas curadas (según el Estándar ASTM D 3039) y dividiendo la resistencia resultante y módulo por unidad de ancho entre el espesor nominal del tejido.
3. La dirección de 0° denota la dirección a lo largo de la longitud del tejido.
4. La dirección de 90° denota la dirección a lo largo del ancho del tejido.

Los Refuerzos de Fibra del Sistema MBrace CF 160 contienen fibras de carbón, vidrio y/o aramida. MBrace CF

160 contiene fibras de carbón y de

### EMPAQUE

MBrace® CF 160 se encuentra disponible en rollos de 500 mm ( 20 in) de ancho.

<u>Rollo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Longitud</u>
25m <sup>2</sup>	500mm	50m
(269 ft <sup>2</sup> )	(20 in)	(160 ft)

**Color:** Negro.

### ALMACENAMIENTO

MBrace CF 160 tiene una vida útil de 3 años cuando se almacena en sus contenedores originales, cerrados, en condiciones secas a una temperatura entre 10 y 32°C (50 y 90°F), lejos de la luz directa del sol, flamas u otros materiales peligrosos.

### RENDIMIENTO

El rendimiento aproximadamente es de

25 m<sup>2</sup> (269 ft<sup>2</sup>) por rollo.

vidrio. Al manipular el producto use

vestimenta de trabajo apropiada para

minimizar el contacto. Están disponibles las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDS) y deben consultarse y tenerlas a la mano cada vez que se manejen estos productos. Estos productos son para uso industrial y profesional únicamente y deben instalarse solamente por personal capacitado y calificado para ello. Los instaladores deberán seguir las instrucciones de instalación.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto, o al representante local de BASF.



The Chemical Company

## ANEXO 6



The Chemical Company

## MBrace® Topcoat FRL

Recubrimiento intumescente ignífugo para el Sistema Compuesto de Refuerzo MBrace®

### USOS RECOMENDADOS

- Como recubrimiento del Sistema MBrace en aplicaciones donde debe minimizarse la propagación de humo y llamas.

### Emplazamiento

- Vertical
- Horizontal
- Interior

### Substrato

- Concreto
- Mampostería
- Acero

### DESCRIPCION

MBrace Topcoat FRL es un recubrimiento intumescente copolimérico, monocomponente en base agua que imparte excelentes características ignífugas al Sistema Compuesto de Refuerzo MBrace. Debido a su tecnología monocomponente de secado por aire puede aplicarse en forma rápida, económica y segura.

### VENTAJAS

- Bajo contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), amigable al medio ambiente
- Resistente a la abrasión, minimiza la necesidad de mantenimiento y de nuevos recubrimientos

### FORMAS DE APLICACION

#### Preparación de la superficie

Deberá aplicarse como el componente final del Sistema MBrace. Se aplica sobre la última capa de MBrace Saturant o Saturant LTC después de que el saturante ha curado, pero no más de 48 horas después de aplicar el saturante. La superficie del saturante debe estar limpia y seca.

#### Tiempo de espera entre capas

3 a 4 horas a 25°C (77°F).

#### Aplicación

Aplique el recubrimiento MBrace Topcoat FRL con brocha o rodillo para áreas pequeñas o por aspersión o pistola para

áreas mayores.

- Rodillo: use un rodillo de lanilla de 0.95 cm (3/8") completamente cargado y aplique en forma uniforme. No sobreaplique.
- Brocha: use una brocha de fibra dura o de cerdas cortas de nylon
- Aspersión: consulte con el fabricante del equipo de aspersión.

#### Limpieza

Limpie las brochas, rodillos y otras herramientas con agua jabonosa tibia.

#### Manutención

Inspecciones periódicamente el material aplicado y repare las áreas localizadas que lo necesiten. Consulte a su representante local de BASF Construction Chemicals para obtener información adicional, o visite nuestro sitio [www.basf-cc-la.com](http://www.basf-cc-la.com).

### LIMITACIONES

- Aplique MBrace Topcoat FRL únicamente cuando la temperatura ambiente se encuentre entre 10 y 50°C (50 y 120°F).
- El recubrimiento deberá aplicarse en un lapso de 48 horas posterior a la instalación de la última capa de saturante para asegurar una adhesión adecuada del recubrimiento con el saturante.
- No debe usarse en exteriores.
- La adecuada aplicación del producto es responsabilidad del usuario. Toda visita

**MBrace®**



The Chemical Company

de campo realizada por el personal de BASF Construction Chemicals tiene como fin único el hacer recomendaciones técnicas y no el supervisar o proporcionar control de calidad en el lugar de la obra.

### DATOS TECNICOS

**Composición:** Recubrimiento copolímero intumescente

#### Aprobaciones

- Cumple con las provisiones IBC - Normas Internacionales de Construcción para Clase I de Materiales de Acabado Interiores
- Listado por Omega Point Laboratories

#### Propiedades de manipulación

<b>Contenido de sólidos</b>	63±2%(en peso)
<b>Contenido VOC</b>	
<i>EPA Método 24</i>	30 g/l (0.25 lb/gal)
<b>Punto de inflamación</b>	
<i>Pensky-Martens, taza cerrada</i>	Nose inflama
<b>Índice de propagación de la llama (1), ASTM E84</b>	0
<b>Índice de desprendimiento de humo (1), ASTM E84</b>	20

(1) El Sistema MBrace cuando se recubre con dos capas de MBrace Topcoat FRL

### EMPAQUE

MBrace Topcoat FRL está disponible en unidades de 18.9 l (5 gal).

**Color:** Blanco

### ALMACENAMIENTO

MBrace Topcoat FRL tiene una vida útil de 12 meses cuando se almacena adecuadamente y en empaque sin abrir. Almacene lejos de la luz directa solar, llamas o de cualquier otro material riesgoso a una temperatura entre 10 y

32°C (50 y 90°F).

### RENDIMIENTO

Una sola capa del recubrimiento cubre un área de 3.9 m<sup>2</sup>/l (160 ft<sup>2</sup> /gal). Se requieren de dos capas para obtener una protección adecuada contra incendios.

### SEGURIDAD

#### Riesgos

Puede causar dermatitis y reacciones alérgicas en la piel. La inhalación de sus vapores puede ocasionar irritación e intoxicación junto con dolores de cabeza, mareos y náusea. Su ingestión puede causar irritación estomacal.

#### Precauciones

Mantenga el producto fuera del alcance de los niños. Use guantes y ropa de trabajo adecuada para minimizar el contacto con la piel. Se requiere de una ventilación adecuada especialmente en áreas encerradas y /o confinadas. Se debe diseñar un sistema de flujo de aire para asegurar un reemplazo del aire bueno en todas las áreas de trabajo y evitar la concentración de vapores pesados. Tenga cuidado cuando maneje líquidos inflamables y elimine todas las fuentes posibles de ignición

#### Primeros auxilios

En el caso de contacto con los ojos, lave inmediatamente con agua limpia por un mínimo de 15 minutos. Busque inmediatamente atención médica. Si hay contacto con la piel, lave el área afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, llame al médico.

Estos productos son para uso profesional e industrial únicamente y deberán ser instalados por personal calificado y debidamente entrenado. Los

instaladores deberán seguir las indicaciones de instalación.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto, o al representante local de BASF.



