

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**CONCRETOS LIGEROS APLICADOS A ELEMENTOS PREFABRICADOS  
EN FACHADAS ARQUITECTONICAS**

PRESENTA:

MARIBEL JAIMES TORRES

CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F. 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# CONCRETOS LIGEROS APLICADOS A ELEMENTOS PREFABRICADOS EN FACHADAS ARQUITECTONICAS

Guía de fabricación y selección de materiales para proceso de  
Producción de Prefabricados Arquitectónicos.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRA EN ARQUITECTURA PRESENTA:

MARIBEL JAIMES TORRES

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA



DIRECTOR DE TESIS:

MTRO. JAN VAN ROSMALEN JANSEN

SINODALES:

DR. MIGUEL EGUILUZ SENIOR

DR. DANIEL VELÀZQUEZ VÀZQUEZ

DR. HUMBERTO ACEDO ESPINOZA

DR. AGUSTÌN HERNÀNDEZ HERNÀNDEZ

**A** MIS PADRES QUE AUNQUE NO ESTEN CONMIGO, SE QUE SIEMPRE ME  
ACOMPañARAN, EN TODO LO QUE HAGA, Y GRACIAS A DIOS Y A ELLOS  
AHORA PUEDO ESTAR CONCLUYENDO UNA ETAPA MAS EN MI VIDA, QUE NO ES  
EL FINAL SI NO EL PRINCIPIO DE ALGO MAS.....

SILVIA REYNA TORRES CASTELLANOS

JULIAN JAIMES SANTOS

SIEMPRE ESTARAN EN MI CORAZÓN Y MIS RECUERDOS

A MIS HERMANOS

LIC. LAURA JAIMES TORRES

LIC. CESAR JAIMES TORRES

# AAGRADECIMIENTOS ESPECIALES

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA,  
CAMPO DE CONOCIMIENTO TECNOLOGIA  
Y A LA BECA OTORGADA POR PARTE DE CONACYT

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CAMPUS ARAGON

MTRO. RICARDO ERAZ

MTRO. ENRIQUE GUILLAUME

## FACHADAS PREFABRICADAS S. A. DE C.V.

ING. JOSE LADISLAO GONZALEZ NALES

ING. FRANCISCO X. BARONA MARISCAL.

## MIS SOBRINOS

CESAR ADHIR JAIMES MARTINEZ

ICKER EDUARDO JAIMES MARTINEZ

## MI ESPOSO

LUIS MANUEL HERNANDEZ CAÑEDO

## ASESORES EXTERNOS

ARQ. FERNANDO RIVERA MELO

ARQ. CLAUDIA CASTILLO ZAMORA

## A TI POR TU APOYO

BLANCA NELY MARTINEZ GUADARRAMA

ABUELITOS, TIOS, PRIMOS

Y A TODOS AQUELLOS QUE INTERVINIERON DE ALGUNA U OTRA MANERA.

**ESTE NO ES EL FINAL SI NO EL INICIO..... 2**

Introducción	
Objetivo Principal	
Objetivo General	

## **CAPITULO I**

### **Marco Teórico**

1.1. Epistemológico	1-3
1.2. Ontológico	3
1.3. Pragmático	4-5
Metodología	
1.2.1 Planteamiento del problema	6
1.2.2 Inducción	6
1.2.3 Clasificación	7
1.2.4 Hipótesis	7
1.2.5 Probar la Hipótesis	7
1.2.6 Demostración	7

## **CAPITULO 2**

### **2.1. Industrialización**

2.1.1 Antecedentes	8
2.1.2 Aspectos Generales	9

### **2.2. Prefabricación**

2.2.1. Antecedentes	10
2.2.2 Aspectos Generales	11
2.2.3 Modulación	12
2.2.4 Procesos de Fabricación	13
2.2.5 Procesos de producción	13-14

2.2.6 Moldes	14
2.2.7 Acabado	14-15
2.2.8 Transporte	15
2.2.9 Montaje	15-16
2.2.10 Resane, sellado y limpieza.	16-17
2.2.11 Aspectos Financieros y de costos de una obra Prefabricada.	18
2.2.12 Ventajas y desventajas de los prefabricados	19

## **CAPITULO 3**

### **3.1. Materiales**

3.1.1 Propiedades y composición	20
3.1.2 Agua	21
3.1.3 Áridos	21

### **3.2. Concreto**

3.2.1 Aspectos Generales	21-23
3.2.2 Influencia de la Temperatura en el Concreto	24
3.2.3 Aditivos	24
3.2.4 Corrosión	24-25
3.2.5 Concreto Tradicional	26
3.2.6 Concreto Fresco	27
3.2.7 Control del concreto fresco	27

## **CAPITULO 4**

### **Concretos Ligeros**

4.1. Aspectos Generales	28
4.2. Clasificación de Tipos de Concretos	29-31
4.3. Materiales Alternativos	32-35
4.4. Beneficios de los concretos ligeros	36

## **C**APITULO 5

### **M**ateriales Compuestos

5.1. Aspectos Generales de los Polímeros	37		
5.2. Clasificación y composición de los Polímeros	38	5.10. Efectos de Radiación solar, Rayos ultravioleta en el concreto	51-53
5.3. Materiales Compuestos Clasificación	38-39	5.11. Análisis general	54
5.4. Materia Prima	39-44	5.12. Materiales y parte experimental	54-56
5.5. Pruebas materiales Compuestos	45-46	5.13. Tabla comparativa P.U.	57-64
5.6. Materiales Compuestos en el mercado	46		
5.7. Concreto Polimérico	46-48		
5.8. Concreto Traslucido	50-51		
5.9. Concreto Transparente	49		

## **C**APITULO 6

**Sostenibilidad** 65-66

**Conclusiones** 67-68

**Glosario de Términos** 69-71

**Bibliografía** 72-74



**L**A piel del edificio nos representa un límite y es transición, es una máscara y transparencia al exterior, tiene un espesor y ocupa tres dimensiones en el espacio. Es cortina, filtro, amortiguador; es construcción para mantener los valores de las variables esenciales, como la temperatura, soleamiento, ruido o privacidad, la piel se debería diferenciar por diferentes variables con funciones de filtro y pantalla que ocupan o crean espacios intermedios. Por tanto la cara externa deberá expresar lo interno.

**E**l uso de elementos prefabricados en fachadas ha significado el construir rápido, seguro y con calidad, existen enormes posibilidades de formas, color, texturas superficiales y acabados en el diseño de los prefabricados de concreto arquitectónico, el cuál se puede moldear dándole formas inimaginables y obtener superficies con texturas agresivas hasta acabados delicadamente pulidos se puede combinar con otros materiales para proporcionar diferentes superficies terminadas y mayores resistencias.

**E**ste trabajo de investigación aborda el estudio de elementos prefabricados arquitectónicos desde su proceso de fabricación hasta su montaje en obra, en el proceso de fabricación estudió las diferentes etapas por las cuales pasa el elemento y las posibles mejoras para la elaboración del mismo y después de darle un mayor aprovechamiento a los materiales, implementar la utilización de tecnología con la aplicación de concretos ligeros. los agregados más comunes para los acabados de estos elementos son: ónix, los granos de mármol y algún tipo de gravilla o grava que son obtenidos en las canteras de la república en colores blanco, café, negro y una mezcla entre ellos con una gran variedad de tamaños. El concreto arquitectónico y el concreto estructural están hechos con materiales similares pero tienen diseño de mezclas de concreto diferentes<sup>1</sup>. El concreto Arquitectónico es el queda expuesto como superficie interior o exterior dentro de la estructura terminada contribuye a su carácter visual y está diseñado especialmente como tal<sup>2</sup>. Este tipo de elementos son fabricados en sus plantas de producción especializadas debido a sus grandes dimensiones, en sus procesos se utilizan como base los conceptos básicos de la industrialización que son: aplicación de técnicas de producción, utilización de la tecnología, y organización.

Unas de las principales ventajas de la utilización de este tipo de elementos son: la rapidez en la construcción, reducción de tiempos y esto nos lleva a un menor costo, nos ayuda a cerrar grandes claros en cortos tiempos y la modulación de los mismos de acuerdo a las

---

<sup>1</sup> Arq. Heraclio Esqueda Huidrobo, Concreto Arquitectónico, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 1996,

<sup>2</sup> Arq. Adrián Reyes, Todo en Uno, Revista del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2002, Pagina Consultada en Noviembre del 2008. <http://www.imcyc.com/cyt/diciembre02/todo.htm>

necesidades del proyecto, una combinación de flexibilidad, diseño, belleza y durabilidad en las estructuras.

Por otra parte es importante tomar en cuenta el concreto, que es uno de los materiales básicos en la producción de los precolados. La tecnología que existe alrededor de los concretos ligeros de alta resistencia, nos permitirán diseñar elementos con menores sección, reducción en los aceros de refuerzo etc. La utilización de este tipo de concretos supera en muchos aspectos a los concretos tradicionales pero debido a varios aspectos no se han podido aplicar en nuestro país.

Es importante cambiar esta visión ya que los nuevos proyectos tienen mayores exigencias en el diseño, mayor creatividad en las piezas, son más grandes, diferentes formas geométricas, curvas y muchas otras cosas mas, todo esto lo podremos resolver con la utilización de concretos ligeros que nos permitan moldear las piezas a nuestras necesidades arquitectónicas.

El presente documento busca mostrar las etapas que ha venido sufriendo el prefabricado, así como también el proceso de fabricación del mismo, la problemática que se presenta en el proceso y las posibles soluciones que se podrían dar para mejorar la calidad del elemento, en la fabricación del mismo. La integración de concretos ligeros a los procesos de fabricación con lo que implicaría el desarrollo o ampliación de tecnología en sus equipos y procesos.

Este documento se constituye en su primera parte por la información básica respecto a los elementos sobre los que se enmarcara la problemática, así como también de los elementos que guiaran la solución, esta parte resulta imprescindible para conocer de manera general la información de los prefabricados.

La segunda parte cuyo contenido esta directamente referido a la relación directa que se da entre la industrialización y la prefabricación en el mundo y el desarrollo de la misma en nuestro país, el proceso de fabricación de un elemento y las etapas por las cuales pasa el prefabricado hasta ser montado en la obra, y las ventajas y desventajas del mismo.

En la tercera parte se pretende desarrollar cada uno de los materiales que intervienen en el proceso de elaboración de las piezas, así como también la integración de los mismos hasta formar lo que es el concreto utilizado, los aspectos que influyen para poder lograr una mejor calidad y control sobre el producto.

La cuarta parte tratará de describir algunos de los concretos ligeros de alta resistencia que existen en el mercado, los cuales se pudieran utilizar en los proceso de fabricación del precolado, al igual que las implicaciones que tendría como el uso de tecnología.

La quinta parte se enfocara directamente a la selección de 3 tipos de concreto específicamente llamados, materiales compuestos, desde su composición del polímero y clasificación de los mismos, así como también los daños producidos por el intemperie y recomendaciones de productos para disminuir dichos daños.

Finalmente la última parte describirá la parte sustentable del material utilizado en la elaboración del precolado y la posible sustentabilidad del precolado como tal, mediante la aplicación de tecnología en el proceso.

- 1.- Desarrollar una investigación sobre prefabricados, la cual nos de las bases de diseño y el estudio de posibles materiales para su integración en el proceso de manufactura del elemento, para poder dar soluciones innovadoras en el proceso creativo, debido a la ligereza del precolado.
- 2.- Análisis comparativo costo-tiempo del concreto tradicional contra el concreto ligero.
- 3- Mejorar las condiciones de elaboración del precolado mediante recomendaciones de control y cuidados del concreto.

## OBJETIVOS GENERALES

- 1.- Dar a conocer otros tipos de concretos, ya que debido a falta de información no son muy conocidos en el mercado.
- 2.- Disminuir tiempos utilizados en construcción de nuevos edificios, y obtener mejor calidad y mayores resistencias, mediante la utilización de concretos ligeros.
- 3- Mejorar las condiciones ambientales, al reducir consumos de cemento.
- 4.- Determinar si las propiedades mecánicas del concreto ligero superan a las del concreto actualmente utilizado, mediante tablas comparativas de propiedades mecánicas de los concretos ligeros.
- 5.-Reducir costos en transporte, montaje y el total de la obra con la fabricación y aplicación de un precolado.
- 6.- Fabricación de 1 piezas tipo, integrando en su proceso de elaboración uno de los diferentes tipos de concretos ligeros analizados.

## MARCO TEÓRICO

### I. I. Epistémico

**La prefabricación tiene una gran ventaja en muchos aspectos en comparación con los sistemas tradicionales, es más racional y permite construcciones más rápidas con mayor calidad y económicas, no ha logrado imponerse en nuestro país por una serie de razones que tienen mucho que ver con aspectos socioeconómicos y culturales.**

“La construcción industrializada es la mecanización de las técnicas de construcción y tiene una relación directa con la prefabricación, que es la producción de elementos constructivos fuera o al pie de la obra. Cuando estos elementos constructivos son producidos en serie se dice que son industrializados, pues en su fabricación se siguen procedimientos industriales”.<sup>3</sup>

“En México las nuevas técnicas se empezaron a utilizar en 1927, cuando el ingeniero Rebolledo empleó en la construcción del hotel Regis vigas prefabricadas de concreto armado. De esa fecha a la actualidad la prefabricación se fue consolidando poco a poco. En un inicio las técnicas eran copiadas de otros países, pero con el tiempo empezaron a surgir empresas especializadas en prefabricación. Esta consolidación ocurrió en los años sesenta y principios de los setenta”.<sup>4</sup>

Con la introducción del concreto presforzado, la prefabricación recibió un impulso y sus aplicaciones aumentaron y se diversificaron, utilizándose en puentes y posteriormente en edificios. Con la consolidación de esta industria en nuestro país, también las empresas mexicanas empezaron a desarrollar nuevas técnicas.

Las razones y sinrazones del no progreso

“El progreso tecnológico es un factor importante en el avance de la construcción industrializada, pero no el único, ya que ésta tiene también una relación directa con aspectos socioeconómicos, científicos, culturales e ideológicos, además de los tecnológicos e industriales”<sup>5</sup>. En nuestro país, los problemas económicos constantes, el alto índice de desempleo, la desigual distribución de la riqueza, la fuerte dependencia económica y técnica del exterior y la falta de mano de obra especializada son algunas de las causas que han frenado el desarrollo de esta industria.

“Uno de los problemas que actualmente presenta la construcción industrializada es la falta de difusión de sus técnicas, desde las universidades, prefabricadoras etc. con el consiguiente

---

<sup>3</sup> Martínez Dircio Javier, México y la construcción industrializada, <http://www.imcyc.com/revista/1998/junio/constru.htm>, Pagina consultada 26 de octubre del 2008

<sup>4</sup> IDEM.

<sup>5</sup> IDEM.



desconocimiento de las mismas por parte de ingenieros y arquitectos. El resultado es que sólo 2 por ciento de lo que se construye en México se realiza con prefabricados, mientras que en Europa este tipo de construcción llega casi a 50 por ciento".<sup>6</sup>

Una de las razones de esta diferencia se debe a que en los países europeos el costo de la mano de obra es elevado –lo cual impulsa el empleo de técnicas mecanizadas para reducirlo–en México ocurre lo contrario –se tiene una mano de obra abundante y barata lo que provoca el empleo generalizado de sistemas tradicionales de construcción y del mismo prefabricado, llevándolo a que se considere que su elaboración es un proceso artesanal.

**En México "los constructores no se preocupan por conocer nuevas tecnologías constructivas ya que disponen de una mano de obra barata casi esclavizada que satisface sus necesidades de construcción.** Uno de los fines de la industrialización es proporcionar a los trabajadores un salario que les permita un nivel de vida aceptable."<sup>7</sup>

"Heraclio Esqueda (Director del presco- IMCYC), dice que en México ha habido limitaciones que impiden el uso generalizado de los prefabricados. «Hemos tenido limitaciones económicas, políticas y geográficas. Las geográficas aluden al clima; en Canadá y países nórdicos particularmente en Suecia, por ejemplo, donde los inviernos son muy crudos y los obreros no pueden trabajar a la intemperie, se recurre a la fabricación en lugares cerrados; en México, como el clima es muy benigno, es más fácil trabajar en obra. En lo político, ha habido presidentes que han declarado que la prefabricación desplaza a la mano de obra, y entonces han preferido la realización de obras que ocupen más trabajadores. En lo económico, para tener una fábrica y hacer la prefabricación se necesitan inversiones en maquinaria e instalaciones industriales, y muchas veces no se tiene el capital necesario".<sup>8</sup>

Nuestro país nos impone grandes retos en lo que a construcción se refiere. La construcción industrializada es una alternativa que implica para nosotros, ingenieros y arquitectos, la necesidad de conocer e involucrarnos con estas nuevas tecnologías y adaptarlas a nuestras necesidades y recursos.

"Implica un nuevo concepto de arquitectura racionalizada. Para esto es necesario aplicar una teoría de administración y diseño que incorpore entre otros aspectos básicos como:

- Avanzadas técnicas de administración (Adm. Científica)
- Organización de materiales y hombres (Planeación y equipos humanos)
- Método de construcción progresivo

La industrialización requiere continuidad en la construcción, lo cual implica demanda constante"<sup>9</sup>.

---

<sup>6</sup> Delgado, Dora, "Prefabricación: lo barato cuesta caro", Expansión, agosto de 1995, núm. 671, p. 48.

<sup>7</sup> Martínez Dircio Javier, México y la construcción industrializada, <http://www.imcyc.com/revista/1998/junio/constru.htm>

<sup>8</sup> Esqueda Huidobro Heraclio, Concreto arquitectónico, IMCYC, 1996 <http://www.imcyc.com/cyt/diciembre02/todo.htm>.

<sup>9</sup> Prefabricación e Industrialización en la Vivienda , <http://www.tesis.ufm.edu.gt/ARQ/67048/prefabricacion.htm>

“La prefabricación conlleva un cambio tecnológico en los procesos de construcción, transporte y montaje.”<sup>10</sup>

**“La industrialización de los procesos de construcción depende de los materiales. Nuestra primera preocupación, pues, debe ser encontrar un nuevo material de construcción. Nuestros técnicos deben y pueden inventar un material apto para ser producido y trabajado industrialmente, y que sea aislante de la humedad, del calor y del ruido. Debe ser un material ligero, que no sólo permita sino que exija una producción industrial. Todas sus piezas deben hacerse en fábrica, y el trabajo en obra debe consistir sólo en el montaje, que requiere muy pocas horas/hombre. Esto reducirá muchísimo los costos de construcción. Entonces vendrá realmente la nueva arquitectura”<sup>11</sup>. Texto de Mies van der Rohe en 1924, lo que significa que en estos 83 años apenas se ha avanzado nada en esta materia.”**

## I. 2. Ontológico

Las fachadas prefabricadas llevan más de 30 años en el mercado casi con un mismo proceso de elaboración del elemento con poca aplicación de tecnología y la utilización de un mismo concreto tradicional, y el mismo proceso constructivo, solo han cambiado sus acabados, geometría y color. Es necesario cambiar urgentemente esta visión ya que las nuevas construcciones exigen nuevos retos, la utilización de otro tipo de materiales más ligeros, que nos aporten mayores resistencias y seguridad a las ya conocidas, crear una cultura sobre la prefabricación, lo que es en la actualidad y hacia donde se dirige, estar preparados para los nuevos cambios y enfrentarlos con conocimiento el mercado ya existen este tipo de materiales pero si no sabemos que son?, Como son?, como los podemos utilizar?, será lo mismo que estén o no, ya que no tenemos la capacidad de utilizar e integrarlos a nuestras necesidades constructivas.

Es una realidad que los métodos constructivos del futuro van a estar basados en la prefabricación debido a las ventajas que nos proporcionan, como la producción en serie, pero también es muy cierto que la innovación tecnológica y sus respectivas normas de aplicación debido a la rapidez con que se producen impiden la aplicación o la investigación directa de toda esta información a los precolados arquitectónicos.

Nuestra generación se enfrenta a un periodo de rápido cambio científico y tecnológico, donde hay nuevos materiales y técnicas o mejoras de ellas, dentro de los nuevos cambios podremos ver los resultados de la combinación de nuevos materiales con los ya existentes y la creación del resultado de estas combinaciones, para lo cual se deberá estar preparados y tener el conocimiento necesario para poder aplicarlos a nuestras necesidades constructivas.

---

<sup>10</sup> Construcción & Arquitectura, Los Editores, Prefabricados, Diciembre 2007.

<sup>11</sup> 100 años de industrialización de la construcción, pabloaretxabala 14-06-2007 GTM 1 @ 10:17 Tags: Industrializacionn Construccion mies, <http://hontza.nireblog.com/post/2007/06/14/100-anos-de-industrializacion-de-la-construccion>

### I. 3. Pragmático

“El cambio climático y la sustentabilidad continúan influyendo en el mercado de la construcción, la industria europea del cemento recupera y emplea las cavernas de antiguos yacimientos de gas y petróleo como depósitos para el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generado durante los procesos industriales de obtención de energía. A través del empleo de biomasa y otros combustibles recuperados de productos de desecho, el concreto, sin lugar a dudas, es hoy el material de construcción más respetuoso con el medio ambiente. La problemática de la corrosión ha podido ser solucionada y la carbonatación es reconocida como una gran ventaja para la sustentabilidad, con lo cual el concreto es el único material de construcción disponible, con un balance positivo de CO<sub>2</sub>.

Los materiales de acero, como por ejemplo la malla, son incluso, bajo las condiciones medioambientales más agresivas, una garantía contra la degradación de los edificios, logrando llegar a sustituir a la armadura de acero habitual y eliminando el problema asociado con la corrosión, una alternativa podría ser la utilización de varillas de fibra de vidrio. Tanto el empleo de refuerzos textiles así como el de concretos ultra resistentes se ha impuesto como regla, lo que posibilita la producción de elementos prefabricados de concreto más ligeros y delgados, los cuales han sido considerados, desde hace ya mucho tiempo, como un material de construcción fiable, que dispone de propiedades de primera categoría, con relación a la resistencia y durabilidad”<sup>12</sup>

Las innovaciones técnicas y comerciales constituyen el surgimiento del mercado de nuevos revestimientos en las edificaciones industriales, comerciales y de oficinas.

El desarrollo futuro de la tecnología del concreto puede partir de la visión de un concreto común y los cambios que esperamos con las tecnologías actuales y las que habrán de evolucionar, y las mejoras en el concreto ordinario son el punto de partida. **“mejoras para el concreto ordinario, ya que si bien es útil conocer las tendencias sobre materiales y concretos de vanguardia, más útil es conocer las mejoras, controles y cuidados que harán del concreto de cada día un producto mejor”<sup>13</sup>.**

Lograr que el obrero encargado de la producción del concreto sea una persona a la que se le exija cierto grado de especialización, modificar la actitud costumbrista de los ingenieros, arquitectos, para aceptar el empleo de nuevos materiales; “tener un buen curado, ya que este pecado de omisión en el concreto es uno de los factores que ocasiona mayores problemas y, aunque a nadie escapa su importancia, nadie obliga a su realización, especialmente porque sus consecuencias no son patentes y medibles<sup>14</sup>.” una buena transportación, También es importante tener en cuenta “El llamado “agujero de verano”<sup>15</sup> tiene relación con los fenómenos climáticos que se producen frecuentemente en verano y hace que durante el periodo más caluroso, las resistencias a la compresión a 28 días de las muestras de prueba de concreto sean más bajas que en los otros meses”<sup>16</sup>

---

<sup>12</sup> “Una visión ficticia al futuro. La industria de los prefabricados en el año 2050, British Precast, Martin Clarke, Construcción de vivienda y construcción subterránea.

<sup>13</sup> Avances en Tecnología del Concreto, MCI. José Antonio Tena Colunga, <http://www.imcyc.com/revista/1998/mayo/avmay98.htm>

<sup>14</sup> Avances en Tecnología de Concreto, MCI. José Antonio Tena Colunga, <http://www.imcyc.com/revista/1998/mayo/avmay98.htm>

<sup>15</sup> Betonieren bei heisser Witterung”, VDB-Information 79 (1988).

<sup>16</sup> Colado del concreto a altas temperaturas, Kurt Hermann, <http://www.imcyc.com/revista/2001/abril2001/colado.htm>



Durante los últimos años se ha generado una transformación radical en el uso y tecnología del concreto, por la exigencia de las nuevas edificaciones contemporáneas, es así como surgen en el mercado una gama de concretos ligeros de alta resistencia con características propias pero con un denominador común: ligereza.

“El concreto de alto comportamiento, BSI, se caracteriza por ser dúctil. Puede colarse in situ, permite suprimir las estructuras pasivas, no necesita de vibrado, y su extrema fluidez garantiza que se obtengan superficies de una gran calidad estética”<sup>17</sup>.

“Nanotecnología mediante esta tecnología se consigue controlar la materia hasta tamaños moleculares, incluso atómicos”<sup>18</sup>

Existen en el mercado los nanoaditivos para el concreto, denominado Gaia, que sustituye al microsilice. “Permite un ahorro del 40% de cemento, y logra resistencias en un día de 80 MPa”:<sup>19</sup>

“A partir de 1960, se incorporaron las fibras metálicas de acero principalmente y de vidrio para fabricar un concreto consolidado de elementos discontinuos y distribuidos aleatoriamente. En 1971 en Estados Unidos se hicieron las primeras investigaciones dirigidas al uso de concreto consolidado con fibras, las que desde entonces han sido elementos indispensables en la construcción de pisos industriales de alto desempeño, pavimentos, cubiertas para puentes, concretos lanzados para la estabilización de taludes, elementos estructurales prefabricados, entre otros usos. Hoy, el sector de la construcción exige materiales que superen las propiedades habituales y las limitaciones existentes. La tendencia es emplear mejores materiales y sistemas constructivos, lo que ha llevado al uso de fibras de acero para fortalecer el concreto”.<sup>20</sup>

Así como también el llamado concreto autocompactable que se está utilizando en los elementos presforzados en los Estados Unidos, y les ha permitido estandarizar sus métodos. Las propiedades del material en estado fresco permitirán que el concreto que se coloque en la estructura tendrá un acomodo homogéneo y quedará adecuadamente consolidado, evitando así los costos por demoliciones, reparaciones y retrasos ocasionados por una mala consolidación del concreto, el revenimiento, para el concreto en estado fresco, y la resistencia a la compresión, para el concreto endurecido.

Estos son solo unos de los muchos concretos que ya existen y que en otros países ya están siendo utilizados en la prefabricación, es por eso que resulta indispensable que en nuestro país empecemos a investigar la utilización de alguno de estos concretos y los apliquemos a nuestros propios elementos cubriendo nuestras necesidades principales que tenemos en nuestras construcciones.

---

<sup>17</sup> Superconcretos, un concreto de origen nuclear, Mireya Perez, [www.imcyc.com/ct2008/abr08/tecnologia.htm](http://www.imcyc.com/ct2008/abr08/tecnologia.htm) - 23k -

<sup>18</sup> Nuevas Generaciones de Materiales para la Construcción, gracias a la Nanotecnología, Cognoscible Technologies, <http://www.cognoscibletechnologies.com/es/prensa/noticias/nanotecnologia-divulgacion>.

<sup>19</sup> Nuevas Generaciones de Materiales para la Construcción, gracias a la Nanotecnología, Cognoscible Technologies, <http://www.cognoscibletechnologies.com/es/prensa/noticias/nanotecnologia-divulgacion>.

<sup>20</sup> Fibras de Acero para la Construcción, <http://www.imcyc.com/ct2008/index.htm>



# METODOLOGÍA

## Método Científico

### 1.2.1. Planteamiento del Problema

**D**esarrollo de una propuesta alternativa con la utilización de concretos ligeros de alta resistencia a la compresión en la producción de Elementos Prefabricados, los cuales deberán poseer cualidades constructivas que se deberá gracias a la utilización y selección de materiales y cuidados óptimos para la elaboración de las mezclas, la selección de la mezcla optima entre los diferentes tipos de concretos existentes para cada tipo de necesidades constructivas, aplicación de tecnología en la elaboración de este tipo de elementos para poder lograr proyectos o construcciones mas sustentables y la integración de este tipo de elementos con su medio físico, económicos y sociales. Con la finalidad de que esta propuesta o solución sea la que más se integre para resolver los problemas de peso por m<sup>2</sup> en las construcciones y mayores resistencias a las ya conocidas.

Para esto se requiere de una investigación, que nos diga que hay actualmente en la prefabricación como se fabrican estos elementos, los materiales que los integran y cuales son sus necesidades y problemas en los procesos de producción, hacia donde se dirige en un futuro un muy lejano y que se hace en otros países en la prefabricación, así como un análisis de algunos tipos de concretos ligeros de alta resistencia y su posible integración a la manufactura del elemento, el porqué sería la mejor opción y realizar una comparativa de costo-tiempo- beneficio con los prefabricados en la actualidad y los prefabricados ligeros.

### 1.2.2. Inducción

Las nuevas tecnologías en la construcción están aplicadas o encaminadas al desarrollo de concretos ligeros de alta resistencia y al mismo tiempo en aditivos para el concreto, que nos den los mismos resultados, mayor resistencia y disminución del peso propio. Debido a que las nuevas construcciones nos exigen nuevos retos, para la utilización de estos materiales.

La materia indispensable para la creación del concreto siempre será el cemento el cual fue inventado hace unos 2000 años por los romanos y en 1845, Johnson fijó las proporciones de materias primas a utilizar, así como la temperatura de cocción, con lo que se asistió al inicio de la industria de cemento Portland, el cual es uno de los materiales más antiguos en las construcciones y la elaboración del prefabricado, pero también es uno de los materiales más contaminantes de nuestro medio ambiente, es por eso que si disminuimos los consumos en cemento, por medio de aditivos, o adicionando materiales compuestos al cemento y logramos superar las propiedades mecánicas actuales del concreto tradicional podremos, crear una nueva arquitectura y ser sustentables nuestras construcciones, existen un gran numero de concretos ligeros los cuales tendremos que analizar y escoger el que mas nos ayude a resolver nuestras necesidades para la elaboración del precolado.

### 1.2.3. Clasificación

Existe toda una gama de concretos ligeros de alta resistencia, cada uno de ellos posee características diferentes pero con mismo objetivo, logra disminuir el peso propio del concreto por m<sup>2</sup>, por medio de diferentes aplicaciones, como: adicionando aditivos, agregados ligeros, inclusión de aire, reforzándolos con fibras de madera, acero, ceniza volante ultrafina, fibras de vidrio, asbesto, polipropileno, resinas epoxicas, resinas, de poliéster y muchos mas, dentro de toda esta gama, hay concretos mas viables que otros para la elaboración de precolados arquitectónicos, como el concreto polimérico o el traslucido, que son concretos básicamente arquitectónicos mas no estructurales, ya que no se diseñaron para responder a esas necesidades, pero los cuales se podría cambiar su uso, solamente reforzándolos con varillas de fibra de vidrio, y con el diseño de estas primeras pieza se deberán realizar pruebas de resistencia o las necesarias para poder utilizar estos materiales estructuralmente.

### 1.2.4. HIPÓTESIS

**Si integramos algún tipo de concreto ligero durante el proceso de fabricación de un precolado, aportara mayores resistencias mecánicas y se podrán diseñar nuevas piezas en sus mínimas dimensiones en espesor, pero con mejor calidad y a un menor costo en transporte, montaje del elemento y en el costo total de la obra.**

En la hipótesis se puede identificar la variable dependiente que correspondería al concreto ligero y nuestra variable independiente el prefabricado también se encuentra una variable interviniente que la conforman los factores externos como el agua, arena, grava los cuales influyen en el resultado de la variable dependiente.

### 1.2.5. PROBAR LA HIPÓTESIS

La hipótesis será comprobada, mediante la fabricación de un elemento prefabricado utilizando algún tipo de concreto ligero, y determinando la composición de las mezclas y espesores en concreto, mediante el diseño de piezas muestra de .30 x .30 cmts, se analizaran cantidades de materiales x m<sup>2</sup> y hacer un comparativo costo- tiempo, en un ejemplo real.

### 1.2.5 Demostración

Después de seleccionar el concreto mas viable, para su posible integración al proceso de fabricación de un precolado, se harán varias pruebas, desde el diseño de las mezclas las cuales se registraran sus resistencias a 7, 14 y 28 días, si así lo amerita o antes de ser necesario, pruebas de compresión, tensión, contra fuego, rayos ultravioleta, durabilidad, contracción por secado, impermeabilidad a los cloruros y todas aquellas recomendadas según especificaciones de materiales que intervinieron para la elaboración de la mezcla, dependiendo del tipo de concreto, estas pruebas se realizaran en laboratorios certificados que garanticen la calidad del producto como el once, aparte de realizar pruebas de laboratorio se harán pruebas de campo en la misma planta de producción de precolados. Ya con el conocimiento del concreto a utilizar y los materiales que lo integran se podrá realizar una comparativa costos-tiempo-beneficio del concreto tradicional con los concretos ligeros.

# INDUSTRIALIZACIÓN

## 2.1.1. Antecedentes

Hace cerca de doscientos años, las gentes utilizaban herramientas rudimentarias para proveerse de alimentos, construir sus habitaciones y confeccionar sus vestidos. La aparición de la maquina es inmediata, resultado de importantes descubrimientos científicos ha permitido realizar avances en la industria. Se inicia en Inglaterra la Revolución Industrial en el siglo XVIII, y podría definirse como el reemplazo de la fuerza y de las herramientas manuales por la maquina. Ciertos inventos contribuyeron a la Revolución Industrial, El movimiento se inicia en Inglaterra, cuando James Hargraves inventa en 1764, la maquina Hiladora, cuya capacidad de producción era superior a la de 36 hiladoras de rueda. Se inicia un proceso de perfeccionamiento. Edmundo Cartwright, en 1784 inventó el telar mecánico operado con fuerza hidráulica que acelero considerablemente la fabricación de tela, el norteamericano Ely Withney la invención en 1793. De la desmotadora de algodón que hizo posible utilizar más adecuadamente la fibra.

La fuerza en la industria.

La fuerza humana con los los primeros utensilios ejerció una influencia trascendental en el campo del trabajo. Más tarde, el hombre utilizó el poder de los animales, como el caballo, el buey, el camello, el elefante, etc. La aparición de la rueda significa el paso del sistema de tracción al de rotación; mediante ella se acrecienta la capacidad de transporte de los animales. En 1765, inventa Jacobo Watts la maquina de Vapor, y en siglo XX aparece el motor de combustión interna que utiliza la gasolina. Pero el mayor medio de producción de energía, en el siglo XX, es la electricidad. La corriente eléctrica se genera por fuerza hidráulica o por la maquina de vapor y es elemento básico para el desarrollo industrial.

Surge un problema social cuando a raíz de la invención de la hiladora de Hargreaves. Los trabajadores pensaron que la nueva maquina los desplazaría y procedieron a destruirla cada vez que se han puesto al servicio de la industria máquinas que aceleran el trabajo y reemplazan siempre con ventaja, a los trabajadores, se han creado problemas en los sectores laborales; pero la fuerza del progreso es incontenible y hoy no se concibe la actividad industrial ni la vida social sin el empleo de equipos mecánicos cada día más eficaces y simplificados.

El beneficio de la Revolución Industrial para el individuo fue proporcionarle un nivel de vida mejor al recibir salarios más altos que generaron mayor poder adquisitivo para disponer de mejores comodidades. Esto trajo como resultado que la gente demandara más productos y servicios, lo que causó un aumento en el consumo de recursos no renovables y renovables, así como la fabricación y el transporte de nuevos productos.

**La construcción industrializada es la mecanización de las técnicas de construcción y tiene una relación directa con la prefabricación**, que es la producción de elementos constructivos fuera o al pie de la obra. Cuando estos elementos constructivos son producidos en serie se dice que son industrializados, pues en su fabricación se siguen procedimientos industriales.

**“Existen 4 componentes principales de la industrialización:**

**1.- Especialización, 2.- Estandarización, 3.- Meganización, 4.- Concentración, objetivos principales de la industrialización: abatir costos, mejorar calidad, aumentar productividad”<sup>21</sup>**

La prefabricación en la construcción aparece desde la antigüedad: la utilizaron los egipcios, al igual que los romanos, los mayas, etc. Edmond Coignet inició en 1892 la prefabricación en concreto armado al fabricar viguetas para un casino en Francia. Al terminar la segunda guerra mundial la demanda de vivienda era mucha y las casas prefabricadas vienen a cubrir esas necesidades, por su proceso de construcción muy rápida.

En México las nuevas técnicas se empezaron a utilizar en 1927, Con el ingeniero Rebolledo empleó en la construcción del hotel Regis vigas prefabricadas de concreto armado, la prefabricación se fue consolidando poco a poco. En un inicio las técnicas eran copiadas de otros países, pero con el tiempo empezaron a surgir empresas especializadas en prefabricación. Esta consolidación ocurrió en los años sesenta y principios de los setenta.

### **2.1.2. Aspectos Generales**

En México, la construcción industrializada no se debe considerar como sustituta de la tradicional; ambas formas deben coexistir y ofrecer soluciones alternativas, según sean los requerimientos.

Cuando estos elementos constructivos son producidos en serie se dice que son industrializados, esta forma de construir es mucho más racional que la de los sistemas tradicionales y conlleva una serie de ventajas que permiten construcciones rápidas, con mayor calidad y más económicas. Sin embargo, la prefabricación no ha podido consolidarse en México.

El progreso tecnológico es un factor importante en el avance de la construcción industrializada, pero no el único, ya que tiene una relación directa con aspectos socioeconómicos, científicos, culturales e ideológicos, además de los tecnológicos e industriales.

En los países en desarrollo, los problemas económicos constantes, el alto índice de desempleo, la desigual distribución de la riqueza, la fuerte dependencia económica y técnica del exterior y la falta de mano de obra especializada aparecen como algunas de las causas que han frenado el desarrollo de esta industria. La construcción es una industria muy tradicional con gran indiferencia a los cambios y poca innovación tecnológica, utiliza mano de obra poco calificada, el empleo de estas personas tiene carácter ocasional. Todo ello repercute en una baja motivación en el trabajo y disminución en la calidad, muchas decisiones se basan solo en la experiencia no en la investigación, poca o nula inversión en Investigación y desarrollo. “En las sociedades no industrializadas la producción depende de varios factores diversos así como del clima, la tradición técnica, la demanda de los clientes disponibilidad de los empleados (artesanos), disponibilidad de materiales, esto genera una producción lenta difícil de mantener buena calidad”<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Industrialización y Prefabricación en Arquitectura, Apuntes de clase, Mtro. Jan Van Rosmalen Jansen.

<sup>22</sup> Industrialización y Prefabricación en Arquitectura, Apuntes de clase, Mtro. Jan Van Rosmalen Jansen.

# PREFABRICACIÓN

## 2.2.1. Antecedentes

Las Construcciones con elementos prefabricados no son una novedad, se remontan desde hace muchos siglos, En la actualidad debido a los procesos industriales de fabricación y a la tecnología en los procesos se logran cubrir grandes fachadas en cortos tiempos.

En 1908, Walter Gropius, fundador del movimiento Bauhaus, propuso la Industrialización de casas. Recomendó la producción repetitiva de partes iguales hechas a máquina con dimensión estándar.

Los primeros diseñadores que formalizaron la prefabricación concluyeron que la forma de reducir costos de construcción era enviar al sitio de edificación las partes, de forma que ajustaran y se pudieran ensamblar sin necesidad de cortes o alteraciones.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la manufactura de casas tuvo su prueba más difícil. Los fabricantes se vieron obligados a concebir casas que llenaran tres requisitos: Velocidad, flexibilidad y educación de trabajo. Esto ofreció a la industria de la prefabricación su gran oportunidad. La calidad fue un tanto sacrificada por este esfuerzo y la prefabricación adquirió reputación de ser una construcción barata y de mala calidad.

“En la construcción se han usado paneles de concreto prefabricado por más tiempo que el que la mayoría de la gente cree. El uso limitado de los paneles empezó antes de 1912, cuando las unidades se colaban en la obra para luego ser puestas en su lugar, hasta llegar a las proporciones de la actualidad”<sup>23</sup>, señala Esqueda, y añade que el aumento reciente del uso de los prefabricados comenzó alrededor de 1955; la relativa facilidad con que era posible reproducir una amplia gama de formas, diseños, colores, texturas a bajo costo, debido a lo anterior se ha logrado que el prefabricado goce de gran aceptación en poco tiempo.

Durante la década de 1970 a 1980 la industria de la prefabricación creció rápidamente en Estados Unidos y Europa. Este crecimiento fue en áreas muy diferentes. En Estados Unidos, las ventas de edificios prefabricados se triplicaron. El uso de elementos refinados de fachadas de concreto en los años sesenta surgió como una reacción en contra de la monotonía de los muros de cortina planos de los cincuenta. Al buscar y lograr un diseño de fachadas más expresivo, se descubrieron las enormes posibilidades del concreto en cuanto a diseño, color y textura. Los arquitectos empezaron a diseñar fachadas compuestas con grandes elementos prefabricados en concreto arquitectónicos. Sin embargo, la fachada en conjunto era aún bastante plana, y el edificio, como un todo, seguía teniendo el aspecto de caja debido a la repetición de los elementos básicos.

---

<sup>23</sup> Arq. Heraclio Esqueda Huidrobo, Concreto Arquitectónico , IMCYC, 1996 Mex, D.F.

## 2.2.2. Aspectos Generales

Los elementos de concreto arquitectónico, elaborados in situ o prefabricados en planta, marcan una etapa importante en la evolución de la arquitectura contemporánea. Las posibilidades van desde la reproducción de una fachada antigua hasta los inmuebles más novedosos; su uso depende ampliamente del conocimiento del proyectista.

Cada día la imaginación del hombre apoyada de nuevas tecnologías generan ideas de diseño que se convierten en construcciones mas novedosas que requieren para su construcción de elementos de concreto flexible, el prefabricado ha demostrado que posee estas cualidades y responde a cualquier exigencia de resistencia.

Las innovaciones técnicas y comerciales forman el surgimiento del nuevo mercado en el revestimiento de construcciones comerciales y de oficinas, el diseño de estos elementos resuelve el carácter plástico del edificio hasta factores prácticos y funcionales tales como juntas, drenes, goteros. Mejores métodos de fabricación y materiales nuevos para la fabricación del precolados han impulsado el crecimiento de los elementos, los cuales tienen la ventaja de que pueden enviarse al lugar de la edificación y podrán ser instalados rápidamente, el tamaño de los elementos, esta en estrecha relación con la conveniencia de su manejo, transporte y montaje y que exista una lógica entre el proceso de diseño y el proceso de producción y construcción, el proceso de producción del precolado se puede dividir en dos categorías generales: en sitio ( en la construcción), y en planta con la aplicación de líneas de producción.

Es difícil cuantificar el porcentaje con el que participan los elementos prefabricados en la industria de la construcción mexicana, pero lo cierto es que ronda el 2%, cantidad muy baja si se compara con la situación que se vive en Europa donde más del 50% de las edificaciones tienen el sello de la prefabricación.



Imagen 1 extraída con fines didácticos, Reforma 222.

Imagen 2 extraída con fines didácticos, Centro Comercial Plaza Cibeles  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Plaza\\_cibeles\\_irapuato.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Plaza_cibeles_irapuato.jpg)





Imagen 3,4,5 extraída con fines didácticos, a).- Torres Gemelas, c).- Torre Mayor, d).-Call Center , <http://www.imcyc.com/revistacyt/jul10/arquitectura.htm>

### 2.2.3. Modulación

**La coordinación modular proporciona una relación entre el diseño, la planificación, la fabricación de los elementos y la instalación de estos en la obra**, para cualquier diseño es necesario utilizar una retícula modular con el fin de establecer un orden en los espacios arquitectónicos, el detalle de las juntas se debe hacer en las primeras etapas de la planificación del proyecto ya que esto determinara las medidas de los componentes.

“Nos sirve para llegar a una serie de tamaños completamente correlacionados, será necesario primero seleccionar una serie sistemática de números que se multiplica, luego por una unidad de medida”<sup>24</sup>.

Principios fundamentales de la coordinación modular:

La coordinación modular se basa en un módulo base

La cuadrícula modular ubica a los componentes de un edificio y los relaciona con los componentes inmediatos.

Las medidas modulares de los componentes deberán ser múltiplos del modulo básico, durante la primera década de los años setenta el diseño modular de elementos, no respondió con lo que se tenía esperado, se cree que debido a su complejidad no se aplica.

La importancia de la modulación no reside en los planteamientos teóricos sino en la aplicación y aceptación en la capacidad de resolver problemas y ayudan en el desarrollo racional de la edificación.

<sup>24</sup> Industrialización y Prefabricación en Arquitectura, Apuntes de clase, Mtro. Jan Van Rosmalen Jansen.

## 2.2.4. **P**roceso de fabricación

**Siempre resulta importante conocer los nuevos productos que existen en el mercado, es una condición fundamental para la producción, antes de empezar a fabricar debemos saber como lo vamos hacer?**

Dentro de una planta de producción de precolados existe un departamento que se encarga de la planeación de los procesos de fabricación, los cuales nos indicaran tiempos y espacios para la fabricación, se deben de elaborar programas, métodos de planeación que intervienen en el proceso productivo.

En las plantas de producción se pueden emplear tres tipos diferentes de tecnología la propia, adaptada e importada por propia entendamos que es la que se ha venido dando de acorde a nuestras necesidades, también tendremos que seleccionar el proceso de producción que sea el compatible a los recursos indicando las ventajas y desventajas respecto a otros.

Las instalaciones para la fabricación de estos elementos deberá contar con un área cerrada para así poder controlar temperatura y la ubicación de grúas, etc. tipo de plantas deberá cumplir con ciertos requisitos como el suministro adecuado de agua e instalaciones para el reciclado de agua.

## 2.2.5. **P**rocesos de producción

La fabricación inicia con la creación del molde el cual deberá estar limpio y se le aplica un desmóldante con una brocha o rodillo, enseguida se vacía la pasta la cual se conforma de cemento blanco, ceros finos, granos de mármol y será la encargada de aportarnos los tonos y texturas del elemento, se coloca el armado de la pieza que previamente se realizo un calculo estructural de acuerdo a sus dimensiones, en este armado están puestas las placas de colocación en obra y los barriletes de izado de la misma, enseguida se vacía el concreto el cual nos aportara la resistencia final a la pieza.

El elemento se descimbra a las 24 a 48 horas y se le da el acabado, enseguida es transportada a obra para su colocación.

A continuación incluyo diagramas que indican el proceso de producción.



Imagen 6, Extraída con fines didácticos, Diagrama de proceso de un precolado y su Fabricación, Aut. Maribel Jaimes T.



Los requerimientos de un sistema de control para el proceso de fabricación deben permitir un flujo constante que inicia desde la etapa del diseño, seguido por la fabricación transporte y montaje.

## 2.2.6 Moldes

Una planta de fabricación de precolados deberá contar con las instalaciones necesarias para la elaboración de los moldes de concreto, dichos elementos deberán cumplir con las especificaciones de calidad y dimensiones del proyecto.

La apariencia de la superficie del precolado esta directamente ligado con la calidad del molde, el cual se pueden hacer con materiales como: concreto, madera, acero, fibra de vidrio con resina, plástico, yeso o una combinación de los anteriores, los moldes deberán ser lo suficientemente rígidos para soportar su propio peso y la presión del concreto fresco sin que sufra deformaciones

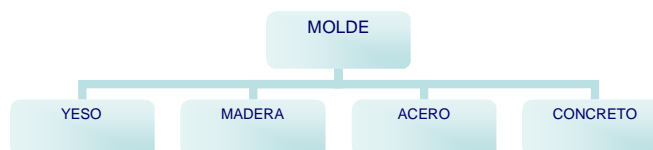


Imagen 7, Extraída con fines didácticos, Diagrama de Diferentes tipos de Moldes, Aut. Maribel Jaimes T.

## 2.2.7. Acabado

El acabado lo vamos a lograr con la mezcla del cemento blanco, granos de mármol de diferentes tamaños o colores, y ceros finos. El color depende de los agregados y también de la marca, es recomendable utilizar cemento de la misma fábrica y, si es posible, de los mismos lotes para que no haya cambio en su tonalidad; unas fábricas hacen el cemento gris verdoso y otras en tonos café o crema. Pero para dar color, también se utilizan pigmentos minerales a base de óxidos de hierro, los cuales no se decoloran con los años; es mejor utilizar éstos ya que con el tiempo los pigmentos artificiales se decoloran.

Las variaciones en el color del concreto acabado, pueden deberse a:

- Una extrema variación en el revenimiento.
- La técnica de curado.
  
- Un acabado inconsistente.
- A la introducción de materiales extraños en el sitio.
- A un cambio en las materias primas del concreto.
- A la aplicación manual no uniforme del óxido.
- A una mano de obra inadecuada.,

El concreto oxidado exige mejores prácticas de colocación y acabado de todo el cuidado posible para obtener resultados uniformes y satisfactorios. las grandes dosis de óxido y pigmento pueden reducir la resistencia y calidad del concreto resultante.

Los acabados que existen para los precolados son una combinación de las habilidades del trabajador y la capacidad de diseño del profesional, cuando se sabe que se cuenta con estas habilidades, el diseñador puede lograr la combinación de formas texturas y colores, para lograr el efecto deseado, también se logra una combinación de belleza y durabilidad, existe una variedad en acabados que varían desde el pulido liso, superficies con dibujos y texturas, lavado con sustancias abrasivas, oxidaciones, acabado mecánico (graneado, rayado) grano expuesto.

Una de las principales funciones del concreto arquitectónico es dar movimiento, color, imagen y personalidad a los edificios; se puede jugar con los acabados y obtener diferentes texturas al involucrarse con la luz y la sombra, dan efectos visuales al concreto.

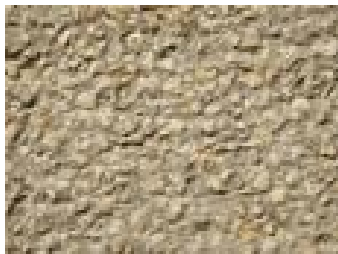


Imagen 8, 9, 10 extraída con fines didácticos, Diferentes tipos de Acabado de un prefabricado, a).- Pulido, b).- Graneado, c).- Grano Expuesto. <http://www.fapresa.com.mx/>

## 2.2.8. Transporte

Cuando se comienza a modular el proyecto resulta necesario la correcta evaluación del transporte, la incidencia del costo del transporte en el costo total de la obra es directamente proporcional a la distancia a recorrer, existen dos tipos de fletes los que por sus características de peso y dimensión se ejecutan con equipos de transporte ordinario y los que exceden el peso y dimensiones de las normas establecidas en los reglamentos locales y federales.

Existen diferentes tipos de transporte: Tractocamión, plataforma, Grúa camión y muchos mas, el tipo de transporte a utilizar lo definirán las dimensiones de los precolados, geometría y su peso propio. La correcta estiba del precolado en el transporte garantizara que el producto llegue en buenas condiciones a la obra.



imagen 11 - 12 Extraída con fines didácticos <http://www.google.com>  
[http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.logismarket.es/ip/transgruas-cial/remolques-y-semiremolques-vehiculos-para-transporte-especial-plataforma-extensible-410707-FGR.jpg&imgrefurl=http://www.logismarket.es/transgruas-cial/remolques-y-semiremolques-vehiculos-para-transporte-especial/1349098475-928143403-p.html&usq=\\_\\_ycxUjHE1D0mUeV2usjHMYCjPw-w-8h-342&w=590&sz=88&hl=es&start=91&um=1&itbs=1&tbnid=YuOjbsj0hsySiM:&tbnh=78&tbnw=135&prev=/images%3Fq%3Dimagenes%2Bde%2Btransporte%2Bpesado%2Bstart%3D80%2Bum%3D1%2Eh%3Des%2Esa%3DN%2Ez%3DT4ADSA\\_esMX339MX339%2Eendp%3D20%2&bs%3Disch=1](http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.logismarket.es/ip/transgruas-cial/remolques-y-semiremolques-vehiculos-para-transporte-especial-plataforma-extensible-410707-FGR.jpg&imgrefurl=http://www.logismarket.es/transgruas-cial/remolques-y-semiremolques-vehiculos-para-transporte-especial/1349098475-928143403-p.html&usq=__ycxUjHE1D0mUeV2usjHMYCjPw-w-8h-342&w=590&sz=88&hl=es&start=91&um=1&itbs=1&tbnid=YuOjbsj0hsySiM:&tbnh=78&tbnw=135&prev=/images%3Fq%3Dimagenes%2Bde%2Btransporte%2Bpesado%2Bstart%3D80%2Bum%3D1%2Eh%3Des%2Esa%3DN%2Ez%3DT4ADSA_esMX339MX339%2Eendp%3D20%2&bs%3Disch=1)



( 13 )



( 14 )



Imagen 13,14 Extraída con fines didácticos, Planta de Producción de Elementos Prefabricados, Fapresa1).- Camión, 2),3).- Plataforma, 4).-Plataforma con Rack.

## 2.2.9. Montaje

Para el montaje de los elementos resulta necesaria la utilización de información técnica en donde encontraremos la ubicación del elemento, número de piezas, y dimensiones. En obra se realizan un estudio el cual nos marcará la forma de atacar las fachadas, puntos de desplante, niveles, paños, zonas de inicio. El personal que lleva a cabo esta actividad deberá ser calificado y bajo las medidas de seguridad necesarias, todos los elementos se deberán montar a nivel, plomo, escuadra, se alinearan correctamente a las juntas verticales y horizontales y se mantendrá una junta de anchura uniforme, en este proceso la aplicación de la tecnología en los equipos resulta indispensable para la precisión de las maniobras y la velocidad con la que se efectuara el montaje.

## 2.2.10. Puntos a considerar en el montaje

Número de las piezas: El aumento o disminución de los elementos deberá ser reportado a planta acompañado de la autorización de fabricación.

Dimensión de la pieza: nos marcará la pauta para la estiba del precolado en planta y obra, una buena estiba evitara deformaciones.

Plomeo en obra: Esta actividad normalmente inicia una semana antes del montaje

Definición de equipo y herramienta: Estos serán de acuerdo al tamaño de la obra y la dificultad que presente el montaje.

Conexiones: aplicación correcta de cordones de soldadura con un buen coeficiente de seguridad.

1 cm de cordón con espesor de un 1/8 soporta 200 kgs de peso.

Accesorio y herramientas: el montaje es auxiliado por herramienta y equipo para facilitar las maniobras algunos de estos equipos son: balancín, elemento metálico colocado en forma horizontal del que se sujetan los estrobos y que permite tomar la pieza de varios puntos.

Tortugas: Accesorios para trasladar objetos pesados sobre superficies planas.

Tirfod: Malacate metálico y manual para jalar a carga hasta el punto deseado

Grilletes: Anillo que sujeta cables de izaje o estrobos con la oreja del prefabricado.



Imagen 16,17 Extraída con fines didácticos, Montaje de Elementos Prefabricados, Fapresa. Obra: Forum Tepic



Imagen 18-19-20 Extraída con fines didácticos, <http://blog.is-arquitectura.es/2009/07/12/hollywood-hybrid-prefabricada-de-m-radziner/>



Imagen 21-22-23 Extraída con fines didácticos, [http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://montajesvalle.com/img/empresa2.jpg&imgrefurl=http://montajesvalle.com/empresa.php&usg=\\_\\_gl9RY2eUL\\_-V\\_p25oGUbGVjW0w=&h=247&w=181&sz=21&hl=es&start=85&um=1&itbs=1&tbnid=oy4ftgCXQsZ8IM:&tbnh=110&tbnw=81&prev=/images%3Fq%3Dimagenes%2Bde%2Bmontaje%2Bde%2Bprefabricados%26start%3D80%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN%26rlz%3D1T4ADSA\\_esMX339MX339%26ndsp%3D20%26tbs%3Dsch:1](http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://montajesvalle.com/img/empresa2.jpg&imgrefurl=http://montajesvalle.com/empresa.php&usg=__gl9RY2eUL_-V_p25oGUbGVjW0w=&h=247&w=181&sz=21&hl=es&start=85&um=1&itbs=1&tbnid=oy4ftgCXQsZ8IM:&tbnh=110&tbnw=81&prev=/images%3Fq%3Dimagenes%2Bde%2Bmontaje%2Bde%2Bprefabricados%26start%3D80%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN%26rlz%3D1T4ADSA_esMX339MX339%26ndsp%3D20%26tbs%3Dsch:1)

### 2.2.11. Resane, calafateo y limpieza

Para los resanes se requiere personal con habilidades y experiencia, ya que se necesita igualarlos con su área circundante la igualación del color puede lograrse mediante una cuidadosa selección del color del cemento y la arena, la adherencia correcta queda asegurada limpiando la superficie y humedeciendo el área, debido a que el concreto que ya existe esta seco y la pasta que se agregara, es fresca se deberá buscar que no absorba el agua que lleva la pasta fresca para lograr una buena adherencia al concreto seco.

El diseño de las juntas se rige por la función del edificio, exigencias estructurales, economía. Las juntas normalmente entre paneles se diseñan para acomodarse los elementos de cualquier movimiento, dichas juntas irán de 1.5 a 2.00 cmts. Los materiales para las juntas son selladores.

Limpieza al terminar la obra se tendrán que limpiar los paneles para eliminar la suciedad y las manchas que pudieron ser ocasionadas en el montaje, se podrán limpiar con una solución de ácido clorhídrico diluido después de haberlos mojado con agua, existen otras muchas soluciones como el lavado solamente con agua, con agua caliente que contenga detergentes u otros limpiadores comerciales.

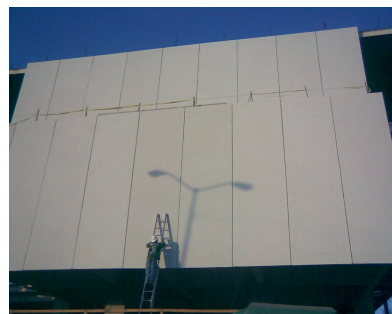


Imagen 24-25-25 Extraída con fines didácticos, Montaje de Elementos Prefabricados, Fapresa. Obra: Parador Azteca

### 2.2.12. Aspectos financieros y de costo de una obra prefabricada

Se debe contar con diferentes alternativas para la construcción del proyecto las cuales tendrán diferentes costos conociendo esto últimos tendremos que considerar también los tiempos de ejecución de cada una de ellas. El aspecto financiero está en función del tiempo de ejecución, costo del dinero de inversión, tiempo para recuperarla.

## 2.2.13 **V**entajas de la fabricación en planta de una obra prefabricada

- 1.-Control de producción: Producción programada y estudios de tiempo. Esto disminuye la necesidad de almacenar producto en fábrica o en obra.
- 2.-Control de Inventario: En fábrica es posible un control de inventario de piezas fabricadas y terminadas
- 3.-Control de trabajo: Es posible mayor uso de personal no calificado debido a la fácil supervisión.
- 4.-Control Climático: El trabajo en fábrica evita retrasos en construcción por lluvia y permite trabajar más cómodamente.
- 5.-Control de problemas: El uso sistemático de elementos permite solucionar problemas constructivos y optimizar su diseño.
- 6.-Uso múltiple y repetitivo de los moldes
- 8.-Reducción de plazos de construcción.
- 9.-Organización similar a una fabrica, con mayor grado de mecanización, mano de obra estable y especializada.
- 10.-Mayor facilidad para un adecuado control de calidad.
- 11.-Menor formación de juntas de concreto

### **Ventajas de la prefabricación**

- 1.-Generalmente se decide utilizar el prefabricado por la rapidez de la construcción, costos y la calidad.
- 2.-La producción de elementos se realiza simultáneamente a la ejecución de la obra, lo que reduce el tiempo de construcción
- 3.-La conveniencia del transporte y montaje determinará la dimensión máxima de los elementos
- 4.-El concreto precolado, así como el colado in situ, puede lograr casi cualquier forma, color y textura para satisfacer los requisitos estéticos y funcionales del proyecto en cuestión.
- 5.-Detalle en planos de construcción y montaje
- 6.-Mayor planeación estudio en tiempos de movimientos de maquinaria y transporte
- 7.-Se requiere de maquinaria



# Materiales

## CEMENTO

### 3.1.1. Propiedades y composición

El ciclo de vida del cemento comprende diferentes etapas, la extracción de las materias primas, su procesamiento y transportación, el proceso mismo de la elaboración del cemento hasta el lugar de su transformación en concreto.

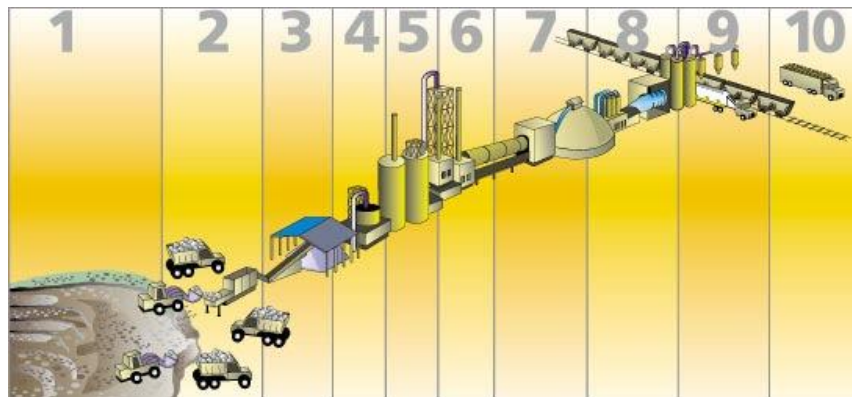


Imagen 27 Extraída con fines didácticos, Proceso de Producción del Cemento,  
<http://www.afcp.org.ar/index3.php?IDM=15&IDSM=36>

#### Proceso de Producción del Cemento

"1. El Proceso industrial comienza en la cantera con la extracción de las materias primas, que se efectúa mediante explotaciones a cielo abierto.

2. La planta de trituración de caliza y arcillas, permite reducir el material con tamaño de hasta 1,2 m, a un tamaño final comprendido entre 0/46 mm. Este material triturado es transportado hasta el predio de la planta.

3. Una vez en planta, el material es depositado en un parque de almacenamiento de materias primas, donde se efectúa el proceso de prehomogeneización.

4. Ya almacenado y mediante un proceso de extracción automático, las materias primas son conducidas a la instalación de molienda.

5. El material molido es transportado a silos de homogeneización, donde se logra finalmente una harina de extraordinaria constancia de calidad, que servirá para alimentar el horno.

6. La harina cruda es introducida, a un intercambiador donde se desarrollan las restantes reacciones físico-químicas, que dan lugar a la formación del clinker.

7. El clinker así obtenido, es sometido a un proceso de enfriamiento y es trasladado a un parque de almacenamiento.

8. De este parque de almacenamiento el clinker es conducido a la molienda de cemento, que permite obtener una finura de alta superficie específica (Blaine). En esta etapa de

Molienda y mediante básculas automáticas, se incorporan las adiciones requeridas según el tipo de cemento a obtener.

9. El producto terminado "Cemento Portland" es controlado por análisis químicos y ensayos físicos para garantizar la calidad del producto final y transportado por medios neumáticos a silos de depósito desde donde se encuentra listo para ser despachado en bolsas y/o granel.

10. El producto envasado se carga -<sup>25</sup>.

### 3.1.2. Agua

**La mezcla de cemento y agua produce una pasta de cemento una proporción de mezcla por peso de dos partes de cemento por una de agua es una relación favorable**, es muy importante que el agua no contenga ningún elemento como ácido humito o aguas residuales las cuales podrían alterar el proceso.

Otro tipo de elementos que se deberán tener en cuenta son: Carbonatos, Bicarbonatos Alcalinos

"El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que lo bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto."<sup>26</sup>

Es importante que no contenga cloruros el agua de mezclado, principalmente por el posible efecto adverso de que los iones de cloruro pudieran producir la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones del presfuerzo. Los iones de cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. Los cloruros se pueden introducir en el concreto.

### 3.1.3. Áridos

Son productos naturales (granos de mármol), áridos ligeros artificiales (arcilla expandida), los materiales deberán de almacenarse de tal forma que se asegure la uniformidad de su granulometría y humedad, resultará importante que los materiales se separen, el agregado fino se deberá manejar húmedo.

Algunas consideraciones en cuanto al manejo de materiales, los agregados se deberán manejar y almacenar de tal forma que aseguren la uniformidad en su granulometría y humedad, si los agregados se almacenan en montones estos deberán ser casi horizontales, se deberá evitar montones en forma cónica, será recomendado separar los agregados con paredes, el agregado fino deberá manejarse húmedo, para minimizar que los finos se separen por el viento, cuando se use un cemento a granel deberá almacenarse en silos, sellados contra el agua, humedad y contaminantes externos, el cemento en bolsa estará en un lugar seco; para aditivo y pigmentos cada fabricante especifica la forma de almacenaje.

---

<sup>25</sup> <http://www.monografias.com/trabajos4/concreto/concreto/.shtml>

<sup>26</sup> Arqhys, Agua de Mezclado para el Concreto, [www.arqhys.com/agua-concreto.html](http://www.arqhys.com/agua-concreto.html), Pagina consultada el 23 de junio del 2009



# C ONCRETO

## 3.2.1. Aspectos Generales

También el concreto es un material utilizado desde épocas remotas, pero hubo que esperar hasta 1867 para que un jardinero francés, de nombre J. Monier, patentara lo que posteriormente sería el concreto armado. Es un material durable y resistente, produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada, su comportamiento mecánico depende de "la composición y propiedades del cemento, la calidad propia de los agregados, la afinidad de la matriz cementante con los agregados."<sup>27</sup> **El concreto convencional es resultado de la mezcla de cuatro elementos: agua, cemento, arena y grava;** la composición del cemento en el clinker es Silicato tricálcico aporta resistencia a corto y mediano plazo, Silicato dicálcico a mediano y largo plazo muy importante a partir de los 28 días, Aluminato tricálcico es el compuesto que se hidrata con mayor rapidez, y por ello propicia mayor velocidad en el fraguado Aluminoferrito tetracálcico es un compuesto relativamente inactivo, contribuye poco a la resistencia del concreto, y su presencia más es útil como fundente durante la calcinación del clinker y porque favorece la hidratación de los otros compuestos, El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. La fase inicial de hidratación se llama fraguado y se caracteriza por el paso de la pasta del estado fluido al estado sólido. Esto se observa de forma sencilla por simple presión con un dedo sobre la superficie del hormigón. Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provocan el endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas. El cemento está en polvo y sus partículas o granos se hidratan progresivamente, inicialmente por contacto del agua con la superficie de los granos, formándose algunos compuestos cristalinos En condiciones normales un concreto normal comienza a fraguar entre 30 y 45 minutos dependiente de las características del cemento, En términos generales los agregados, dotan al hormigón de una estructura interna en la que los agregados más finos se intercalan entre los agregados más gruesos.

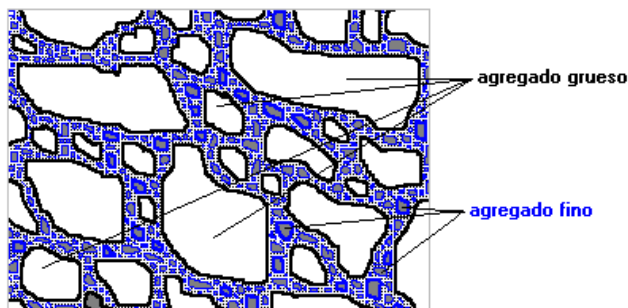


Imagen 28 Extraída con fines didácticos, Proceso de Producción del Cemento, <http://www.afcp.org.ar/index3.php?IDM=15&IDS=36>

<sup>27</sup> <http://www.monografias.com/trabajos4/concreto/concreto/.shtml>

La pasta de cemento (cemento más agua), por su parte, llena los espacios libres entre partículas de áridos, y durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica (genera calor) que siempre requiere de agua para que tenga lugar, siendo mucho más intensa la reacción (la creación de los cristales cohesivos) en los primeros días posteriores a la fabricación del concreto, y luego va disminuyendo progresivamente en su intensidad con el tiempo. Normalmente, dentro del concreto, una parte del cemento no alcanza a combinarse con el agua, por lo que permanece como cemento no hidratado.

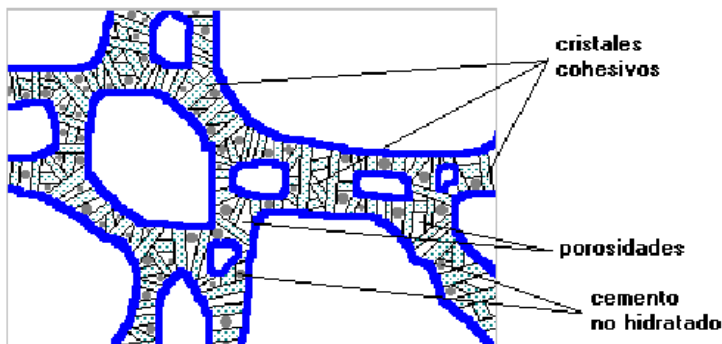


Imagen 29 Extraída con fines didácticos, Proceso de Producción del Cemento, <http://www.afcp.org.ar/index3.php?IDM=15&IDSM=36>

Para asegurar que las reacciones de fraguado continúen, a partir del endurecimiento inicial del hormigón se requiere dotar continuamente de agua de curado al concreto, la que sirve para reponer el agua de amasado evaporada por el calor emanado como producto de las reacciones químicas.

El concreto es un material que contiene pequeños poros y capilares, a través de los cuales penetran diversos elementos corrosivos, tales como agua, iones de cloruro, oxígeno, dióxido de carbono y otros gases, que pueden llegar hasta la varilla de acero que forma la armadura. En cada mezcla de concreto, a partir de ciertos niveles críticos de elementos corrosivos, el acero se despasa e inicia la corrosión.

El concreto posee buena resistencia a la compresión, pero poca a la tensión, cuando el hierro se corroe, los productos de la corrosión que se forman son de dos a diez veces más voluminosos que el acero original, lo que genera tensiones que cuando sobrepasan la resistencia a la tensión del concreto provocan su agrietamiento y fragmentación.

### 3.2.2. Influencia de la Temperatura en el Concreto

Durante los meses de verano el concreto sufre efectos negativos, la fabricación del concreto en condiciones climáticas externas, ya sean altas temperaturas o bajas, influye directamente en sus características en cualquier etapa del proceso del mezclado, transporte y colocación.

Así como también aumento de la demanda de agua, pérdida acelerada de revenimiento, fraguado más rápido, aumento de la tendencia de fisura plástica. Dificultad de control de aire incluido, menor resistencia y durabilidad, mayor potencial de corrosión del acero, mayor permeabilidad.

Concreto en bajas temperaturas (clima frío) , efectos de la congelación, se reduce la resistencia hasta un 50%, menor resistencia al intemperie, más permeable.

Una solución para hacer frente a este problema consiste en realizar un ajuste en el contenido del cemento del concreto, sobre dosificando el cemento y agua, manteniendo constante la relación agua / cemento.

### 3.2.3. Aditivos

**La utilización de aditivos mejora la trabajabilidad o plasticidad del concreto**, reduce los requerimientos de vibración disminuye el límite de fluencia o de esfuerzo requerido para iniciar el flujo de la mezcla del concreto, cualquier tipo de aditivo utilizado deberá cumplir con los requerimientos de las normas establecidas para Aditivos, Existen diferentes tipos de aditivos como: aditivo para el control de reología de concreto, reductores de agua, como Ácidos lignosulfónicos y sus sales, Ácidos hidroxilados carboxílicos y sus sales

### 3.2.4. Prevención de la corrosión

**El método más económico y efectivo para minimizar el riesgo de corrosión de las armaduras de acero es garantizar que el recubrimiento de concreto que las rodea tenga las condiciones necesarias de espesor, densidad e impermeabilidad**, de lo contrario, es importante proteger las varillas de acero para evitar su corrosión. Por supuesto, el método más utilizado para proteger el acero de la corrosión es aplicando un recubrimiento que forme una barrera con el medio que lo rodea, dicha protección dependerá de la calidad del recubrimiento, su composición y el espesor del mismo, previniendo de esta manera el ataque del medio ambiente, una forma de lograr lo anterior es mediante un revestimiento con zinc metálico.

**Existen dos tipos de ataque a las estructuras: Corrosión Seca**, es también conocida como corrosión a elevadas temperaturas y oxidación directa se produce en medios exentos de agua, **Corrosión Húmeda**. También es llamada corrosión electroquímica ya que el ataque se produce por la formación de pilas electroquímicas sobre la superficie del metal<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Jose, Fullera, Garcia, Proceso de Degradación de las Armaduras, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

## Diferentes Tipos de Corrosión

Corrosión Uniforme: El ataque se produce de forma homogénea por toda la superficie.

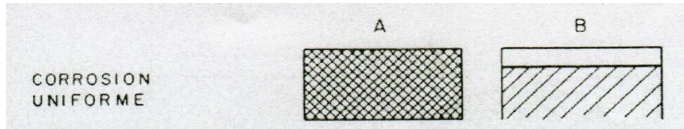


Imagen 30 Extraída con fines didácticos, Proceso de degradación de las Armaduras, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, José Fullea García

Corrosión por picaduras: se produce en zonas diferentes del material se da frecuentemente en materiales pasivos que están expuesto a la acción de contaminantes que tienen la propiedad de romper la capa de pasivación ejemplo: los cloruros sobre el acero.

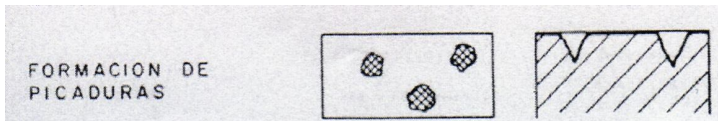


Imagen 31 Extraída con fines didácticos, Proceso de degradación de las Armaduras, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, José Fullea García

Corrosión Localizada: Se trata de un tipo de ataque intermedio entre la corrosión uniforme y la corrosión por picaduras, el ataque se produce en zonas anódicas las cuales se producen por cambios en la composición química o cambios en la composición del electrolito que recubre el metal.

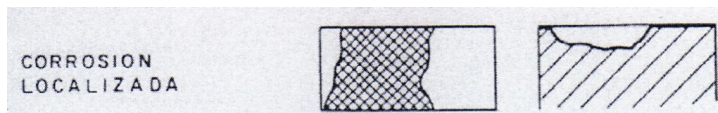


Imagen 32 Extraída con fines didácticos, Proceso de degradación de las Armaduras, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, José Fullea García

Corrosión Fisurante Este tipo de ataque ocurre en condiciones ambientales y se encuentra sometido a tensiones mecánicas de tracción.

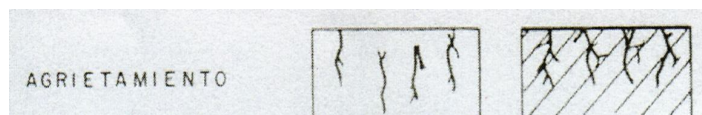


Imagen 33 Extraída con fines didácticos, Proceso de degradación de las Armaduras, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, José Fullea García

### 3.2.5. Concreto tradicional

**El concreto, hoy día uno de los dos materiales de construcción básicos, es la agrupación de partículas de piedra por medio de un aglomerante, constituyendo una especie de piedra artificial de elevada resistencia a la compresión, aunque baja a la tensión. En su preparación hay una fase plástica, que va desde el mezclado hasta el fraguado.**

La evolución de la tecnología ha permitido el desarrollo mayor de concretos de altas especificaciones de resistencia, los que cumplen una función estructural y arquitectónica a la vez, el concreto arquitectónico está tomando cada vez más auge, y sus posibilidades en cuanto a colores, texturas, acabados y formas permiten al diseñador echar a volar su imaginación y salir de los sistemas tradicionales de acabados que se han venido utilizando en distintas épocas. Por medio de moldes especiales, ahora se están produciendo infinidad de acabados que permiten lograr estructuras arquitectónicamente agradables sin necesidad de enchapes ni pinturas. El concreto arquitectónico prefabricado ha sido fundamental.

Es importante también conocer en primera instancia sobre como podríamos hacer mejoras para el concreto tradicional, ya que si bien es útil conocer las tendencias sobre materiales y concretos de vanguardia, más útil es conocer las mejoras, controles y cuidados que harán del concreto de cada día un producto mejor.

Lograr que el obrero encargado de la producción del concreto sea una persona a la que se le exija cierto grado de especialización pues, aparentemente, esto no ocurre.

Modificar la actitud costumbrista de los ingenieros para aceptar el empleo de nuevos materiales.

Tener un buen curado, ya que en ocasiones se omite en el concreto, es uno de los factores que ocasiona mayores problemas y, aunque a nadie escapa su importancia, nadie obliga a su realización, especialmente porque sus consecuencias no son patentes y medidas

Remover la mayor cantidad de aire atrapado de la manera mas efectiva para logra la máxima densidad, uno de los métodos mas conocidos es el vibrado mecánico, con esta forma se expulsa el aire, pone en movimiento a las partículas en el concreto recién mezclado, reduciendo la fricción entre ellas y dándole a la mezcla las cualidades móviles de un fluido denso.

No pisar o fracturar el concreto en el momento que se empiezan a formar los cristales.

### 3.2.6. Concreto Fresco

El concreto recién mezclado debe ser plástico o semifluido y capaz de ser moldeado, en una mezcla de concreto plástico la arena y la grava o piedra son encajonadas y sostenidas en suspensión, se transforma en una mezcla homogénea de todos los componentes. El revenimiento se utiliza como medida de la consistencia del concreto, un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia dura, la facilidad de colocar y consolidar el concreto recién mezclado se denomina trabajabilidad, el concreto deberá ser trabajable pero no se debe segregar, el sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior, provocando asentamientos de los materiales sólidos. La combinación de algunos o de todos estos factores tiene efectos negativos sobre la calidad del concreto fresco y del concreto endurecido.

Las consecuencias son, entre otras:

- 1.-Mayor necesidad de agua
- 2.-Revenimiento reducido
- 3.-Tiempos de fraguado más cortos
- 4.-Porosidad más elevada
- 5.-Mayor tendencia a la formación de fisuras por contracción
- 6.-Resistencias más elevadas a la compresión a 28 días y más ("agujero de verano")

Cuanto más elevada es la temperatura durante este proceso de endurecimiento, más rápida es la formación de cristales, lo que, al principio es positivo para el desarrollo de la resistencia a la compresión. Pero debido a que los productos reaccionantes tienen una estructura poco ordenada, la pasta de cemento se vuelve más porosa y la resistencia a la compresión a 28 días se debilita cada vez más que con un concreto fresco, que se endurece a aproximadamente 20 °C. Es por eso que la pérdida de resistencia a 28 días es de más de 10 por ciento.

### 3.2.7. Controles del concreto fresco

La elaboración de las muestras de prueba parece ser un punto particularmente crítico, como ya se ha señalado antes. Es necesario procurar trabajar a la sombra, tanto como sea posible. Las muestras de concreto en ningún caso deben permanecer a pleno sol. Los cubos recién hechos deben cubrirse y almacenarse en un lugar tan fresco como sea posible. Un error frecuente a la hora de la determinación del contenido de aire consiste en efectuar un control en la mañana, cuando las temperaturas son todavía relativamente bajas, lo que permite obtener el resultado deseado. Después se renuncia a otros controles durante el periodo de más calor en el día, cuando sería éste justamente el momento particularmente importante para garantizar, por medio de una modificación de la fórmula del concreto, el contenido de aire en volumen.

## C ONCRETOS LIGEROS

### 4.1. Aspectos Generales

**L**a nueva construcción en nuestros días exige nuevos materiales que superen las propiedades habituales y limitaciones existentes. En los concretos que estamos analizando se persigue, el lograr con rapidez resistencias altas, sobre todo para prefabricados, a fin de disminuir tamaños, espesores y peso propio, siendo muy importante el disponer de una relación tensión/compresión más alta que en los concretos habituales. Además de la resistencia, y la durabilidad

La fabricación de estos concretos precisa tener en cuenta, en lo que a dosificación respecta, los fenómenos de desecación por absorción de agua durante el mezclado, transporte y vertido, que afectarían la docilidad, aunque un exceso de agua perjudicaría el aislamiento térmico y podría permitir la flotación del agregado grueso, más ligero, debido a la vibración. Se necesita un curado más intenso que con el concreto normal.

El concreto ligero se logra mediante el empleo de agregados ligeros en la mezcla, se utiliza donde la carga muerta es un factor importante y el concreto de peso normal es muy pesado para ser práctico. Es un material apropiado para la construcción de puentes de trabe cajón, en estructuras de varios niveles, donde se requieren peraltes mínimos y la ubicación para las columnas está limitada, y en puentes muy altos donde la carga muerta de la superestructura requiere columnas y estribos excesivamente grandes para resistir las fuerzas sísmicas. Debido a que las propiedades físicas de los agregados normales y ligeros son diferentes, sus factores de diseño también varían.

El concreto ligero se puede obtener con el uso de agregados ligeros, o por métodos especiales de producción. Estos métodos incluyen el uso de elementos espumosos, tales como polvo de aluminio, que produce el concreto del peso de unidad bajo a través de la generación del gas mientras que el concreto es plástico inmóvil. El concreto ligero puede pesar a partir 35 a 115 libras por pie cúbico, dependiendo del tipo de agregado ligero usado o el método de producción.

## 4.2. Diferentes Tipos de Concretos ligeros.

1.- Concreto de Piedra Pómez: Son rocas comunes de origen volcánico que son lo suficientemente fuertes y ligeras para utilizarse como agregados de peso ligero. El pómez es de color tenue o casi blanco, tiene una textura casi uniforme, de bajo peso específico aparente, y con pesos específicos reales alrededor de 2.40 kg/Dm<sup>3</sup>. Presenta algunos inconvenientes como su alto grado de absorción de agua, altos costos de explotación, adecuación y transporte, la resistencia de los concretos producidos con piedra pómez es moderada, la resistencia a la compresión a los 28 días varía entre 39 y 140 kg/cm<sup>2</sup>.

2.- Concreto de Globulita y análogos. Es un concreto de bolas huecas de arcilla, tiene un diámetro exterior de 20 mm y un hueco de 14 mm de diámetro, estando constituida por arcilla cocida de superficie porosa, que hace las veces de gravilla en el concreto.

En este tipo de concretos las bolas de arcilla están rodeadas de mortero, dando origen a los concretos normales de globulita con pesos específicos aparentes de 1.6 a 1.8 g/cm<sup>3</sup>, la fabricación de las esferas huecas de arcilla no es barata y el volumen de huecos en las bolas no resulta ser muy térmico.

3.- Concreto De Espumas: En este tipo de concretos los poros de forma celular se forman por sustancias espumosas añadidas al concreto fluido. Existe un gran número de materiales generadoras de espuma, una de las sustancias generadoras de espuma es la iporita. El peso específico aparente en este tipo de concretos se encuadra entre 0.5 y 1.6 g/cm<sup>3</sup>, son empleados en la construcción de paredes.

4.- Concreto sin finos: Es un concreto a base de cemento y agregados gruesos y el producto que se forma contiene huecos uniformes, el agregado grueso deberá ser de un solo tamaño entre 1 y 2 cm, este tipo de concretos tiene una densidad aproximada de 2/3 partes del concreto normal, la adherencia entre los granos también depende de la relación agua/cemento, se puede preparar en todo lugar

5.- Concreto Celular " concreto hecho a base de agregados de peso ligero (encapsulamiento del aire), densidad, la cual es menor que la del concreto normal. Con una resistencia de 170 a 200 kg/ cm<sup>2</sup>, Las ventajas de tener materiales con baja densidad, reducción de las cargas muertas, mayor rapidez de construcción, menores costos de transportes y acarreo. El peso que gravita sobre la cimentación de un edificio es un factor importante en el diseño del mismo especialmente hoy en día en que la tendencia es hacia la construcción de edificios cada vez más altos. Concreto celular – Es un concreto ligero que contiene células estables de aire o gas, distribuidas uniformemente en la mezcla, el concreto celular normalmente contiene una cierta cantidad de arena natural o tratada. Existen otros tipos de agregados ligeros fabricados que también pudieran ser adicionados, como es el caso de arcillas expansivas, esquistos, pizarras, fly ash, perlita y vermiculita; así como agregados ligeros naturales como escorias, polvos y/o rocas volcánicas.



Imagen 34 Extraída con fines didácticos,  
[www.concretocelular.com.mx](http://www.concretocelular.com.mx)



## 6.- Concretos poliméricos

El hormigón o concreto polimérico es un material compuesto por partículas de sílice y cuarzo cuidadosamente graduadas y un ligante de resina termoestable, inicialmente líquida. Cuando las materias primas del hormigón se combinan a través de un proceso de mezclado, moldeado y curado adecuado, se obtiene un producto sólido de excelente resistencia<sup>29</sup>

Concreto Polimérico: (Material producido con resina poliéster, es en esencia, una mezcla constituida por dos fases: una continua, que es la resina, y otra dispersa, que es el agregado que esta constituido por granos de mármol, cero fino.

## 7.- Concreto reforzado con fibras

Aunque se esté considerando un material moderno, las fibras se han utilizado históricamente para reforzar materiales frágiles: la paja, para los ladrillos de arcilla cocidos al sol; el pelo de caballo, para las molduras de yeso.

Los materiales de cemento hidráulico reforzados con fibras se subdividen en varios productos. El comportamiento de estos materiales depende de la composición de la matriz, mortero o concreto, y del material de la fibra, su geometría, su distribución, orientación y concentración. Existen diferentes tipos comportamiento dentro de los mismos.

Las fibras pueden ser de acero, vidrio, sintéticas (acrílicas, aramida, carbono, nylon, poliéster, polietileno, polipropileno) y naturales (coco, sisal, bagase). Si exceptuamos las fibras de acero, que pueden llegar a tener hasta medio milímetro de diámetro, las otras se mueven en diámetros de 10 a 100 micras. La mezcla de estos materiales presenta dificultades por la posible segregación y, sobre todo, por la formación de bolas y erizos, lo que puede disminuir utilizando agregado de tamaño máximo reducido, del orden de 10 mm.



Imagen 35 Extraída con fines didácticos, concretos con fibras, [www.concretosliegros.com.mx](http://www.concretosliegros.com.mx)

## 8.- Concreto de alta resistencia

El concepto de Concreto de Alta Resistencia (CAR, concretos de alta resistencia): Son concretos cuya resistencia a la compresión está comprendida entre el límite superior que al respecto establecen actualmente las Normas nacionales (alrededor de 60 MPa) y los 130 MPa, valor máximo, facilidad de compactación, resistencia a agentes agresivos y mayor durabilidad, entre otras.

---

<sup>29</sup> AguaMarket, <http://images.google.com.mx/imgres?imgurl>, pagina consultada el 23 de junio del 2009

Los elementos fundamentales que contiene un CAR son:

a.-Elevado contenido de cemento 400-500 kg/m<sup>3</sup>

b.- Muy bajo contenido en agua, relación a/c de 0,25-0,4, con elevada trabajabilidad, que permita colocar el concreto en zonas de alta densidad de las armaduras, lo que se logra mediante la utilización de reductores de agua de alto rango (superfluidificantes).

c.- Acción cementante y reducción de huecos por adición de partículas sólidas como la microsilice o las cenizas volantes

d.-Las cenizas volantes se utilizan por su acción puzolánica, que es menos activa y más lenta que la de la microsilice. Son porcentajes normales 15-25 por ciento del peso del cemento.

e.-Al ser la mezcla muy seca, existen problemas en su homogeneización, en especial que el superfluidificante se distribuya por igual en la pasta, siendo, entre otras cosas, el tiempo de mezclado 50 por ciento mayor que para los concretos normales,

f.-Con los niveles de resistencia que se pretende, es fundamental la precisión en la dosificación de los componentes y el aseguramiento de la calidad de los mismos.

9.- Concretos de polvo reactivo: Son concretos de alta resistencia reforzados con fibras de acero. Su resistencia a la compresión se encuentra entre 200 y 800 MPa y la resistencia a la flexión puede alcanzar 140 MPa. Se pueden producir con muy altas dosificaciones de cemento portland (900-1,000 kg/m<sup>3</sup>), humo de sílice, arena, superfluidificante y fibras metálicas. En su colocación puede utilizarse calor y presión.

10.- Concreto de azufre: Son concretos obtenidos por mezcla en caliente de azufre, agregados, rellenos minerales y adiciones poliméricas. Presentan propiedades superiores a los concretos hidráulicos normales, pudiendo ser armados y siendo valorados, sobre todo, donde se necesite excepcional desempeño frente a los ataques químicos, por la rapidez de endurecimiento o la impermeabilidad.

11.- Concreto traslúcido

En el 2002 el concreto Translúcido se le atribuye a un joven arquitecto de origen húngaro llamado Aron Losonczy, sustituye los áridos convencionales por fragmento de plástico o vidrio en lugar de cemento utilizo aglomerantes orgánicos permeables a la luz y barras de policarbonato traslucido, fibra óptica.

12.- Concreto con partículas de madera

Es un material compuesto elaborado con cemento, virutas de madera agua y aditivos, según la mezcla de cada uno de estos ingredientes, pueden conseguirse densidades de entre 400 y 1.700 kg/m<sup>3</sup> y una resistencia a los 28 días de 75 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente.

Dentro de toda esta gama de concretos hay unos mas viables que otros para la fabricación de elementos prefabricados a continuación describiré los concretos los concretos que he seleccionado para la elaboración de las mezclas las cuales se incorporaran al proceso de producción del Prefabricado Arquitectónico Ligero.

### 13.- Concreto autocompactable

Es aquel que tiene la propiedad de consolidarse bajo su propio peso, sin tener que vibrarlo, en elementos estrechos y macizamente armados, tiene la propiedad de fluir sin segregación, auto compactándose por si solo, "el exceso de finos no incrementa la tendencia a la contracción por secado, la resistencia a la compresión del cemento se potencia con una relación agua/finos baja, produce acabados mas tersos y sin huecos"<sup>30</sup>



Imagen 36 Extraída con fines didácticos, concretos autocompactable, Luis Martínez Argüello, <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/concreto.htm>, Pagina consultada el 27 de Septiembre del 2009

### 14.- El MicroCAD (micro concretó de alto desempeño)

El micro concretó de alto desempeño presenta entre sus propiedades potenciales un campo de aplicación asociado a las estructuras de elementos delgados, donde el pequeño espesor (20mm a 30mm de promedio) es su característica más evidente y la que le confiere su pequeña masa. Por esta particularidad, el material es extremadamente adecuado a los sistemas constructivos prefabricados livianos. "En este tipo de **micro concreto (MC)** se emplea árido fino en lugar de fibra, Para productos MC se emplean entre 25 y 50% de árido grueso. El tamaño máximo de grano no debe exceder los dos tercios del espesor del producto"<sup>31</sup>

Micro concretó porque no se utilizan en su composición áridos gruesos y "de alto desempeño" porque en laboratorio fueron obtenidas resistencias a compresión simple que superan los 110 MPa (1.100 kgf/cm<sup>2</sup>). Esos resultados son alcanzados a partir de la reducción de La porosidad de la matriz del micro concretó, por medio del empleo de súper plastificantes y materiales cementicios suplementarios para el desarrollo de la prefabricación liviana.



Imagen 37 Extraída con fines didácticos, Pasarela peatonal en Salvador de Bahia (arq. João Figueiras Lima)  
Paneles y componentes prefabricados en Hospital de la Red Sarah (arq. João Figueiras Lima)

<sup>30</sup> Concreto Auto Compactado, Luis Martínez Argüello, <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/concreto.htm>, Pagina consultada el 27 de Septiembre del 2009.

<sup>31</sup> Fibra y micro concreto, En el caso del *micro concreto (MC)* se emplea árido fino en lugar de fibra. Este es uno de los materiales más nuevos empleados para viviendas de bajo costo, [www.sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/.../SK01MS0A.HTM](http://www.sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/.../SK01MS0A.HTM), pagina consultada en septiembre del 2009.

### 4.3. Materiales Alternativos

Existe un grupo de materiales llamados alternativa a los materiales naturales, dentro de los cuales podemos encontrar diferentes tipos de concreto como:

Syndecrete es un cemento avanzadas basadas en compuestos minerales naturales y uso de materiales reciclados como sus ingredientes principales. Virutas de metal, de plástico reafilados, chips de vidrio reciclado, y desechos de las virutas de madera son algunos de los materiales reciclados postconsumo y postindustrial incorporarse a la matriz Syndecrete, es un material de superficie sólida, que proporciona la consistencia de color, textura. En comparación con el hormigón convencional, es menos de la mitad del peso con el doble de la fuerza de compresión.



Imagen 38 Extraída con fines didácticos, Syndecrete, concreto - Por Blaine Brownell el 17 de julio de 2009, [CarbonCast es una tecnología de prefabricados de hormigón que usa una red de fibra de carbono para reforzar, dependiendo de la aplicación. Debido a que la fibra de carbono resistente a la corrosión refuerzo, prefabricados de hormigón con mayor durabilidad, menor peso, y mejorar la sostenibilidad en prefabricados de hormigón tradicional. Además, la reducción de hormigón permite la integración de aislamiento, puede pesar hasta 66 por ciento menos que los convencionales paneles prefabricados. Esta reducción de peso permite a los ingenieros a reducir la subestructura o especificar más pequeñas grúas para el levantamiento de los paneles en su lugar. la red de fibra de carbono puede reducir el peso en un 12 por ciento y eliminar la necesidad de selladores, mejora el rendimiento térmico, debido a su conductividad térmica relativamente baja.](http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=_nslS5bCLZHcsgOq-tyWAw&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B2%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA_esMX339MX339,pagina consultada en octubre del 2009.</a></p></div><div data-bbox=)



Imagen 39 Extraída con fines didácticos, Syndecrete, concreto - Blaine Brownell, el 22 de junio de 2007 [!\[\]\(e18234c3c79d4e9aedd7f39240ab238d\_img.jpg\)](http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=_nslS5bCLZHcsgOq-tyWAw&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B2%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA_esMX339MX339,pagina consultada en octubre del 2009.</a></p></div><div data-bbox=)

ECOx, de acuerdo con MELD, más de siete millones de toneladas de vidrio se envían a los vertederos cada año en los Estados Unidos solamente. EcoX está hecha de elementos prefabricados de hormigón alrededor del 75 por ciento de postconsumo y vidrio postindustrial. Puede ser usado para encimeras, mobiliario, accesorios, objetos escultóricos, y las aplicaciones no estructurales. Con su gran volumen de contenido de vidrio reciclado, EcoX parece muy diferente de elementos prefabricados de hormigón convencional y desvía material útil de la corriente de residuos.



Imagen 40 Extraída con fines didácticos,  
[http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=LvYNS8a8F4bAsQPJ3vzMDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA\\_esMX339MX339, Pagina consultada octubre 2009](http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=LvYNS8a8F4bAsQPJ3vzMDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA_esMX339MX339, Pagina consultada octubre 2009)

STONES. De vidrio templado transparente, se utiliza en la industria de la construcción para Windows y otras aplicaciones. Vidrio para la construcción es a menudo más ordenado para dar cuenta de la rotura durante el transporte y la instalación. De vidrio templado no se utilicen en la construcción y renovación de los sitios que no pueden ser procesados más lejos a menudo termina en vertederos.

Cuando la adquisición de vidrio templado de las obras de construcción y otras fuentes postindustrial es posible, Joel Berman Glass Studios utiliza este vidrio en la fabricación de piedras. Aproximadamente el 80 por ciento de una hoja típica de la copa está hecha de material reciclado. Aunque Stones es principalmente un producto de desecho, es mucho más lujoso que el vidrio templado transparente, de la que procede.



Imagen 41 Extraída con fines didácticos,  
[http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=LvYNS8a8F4bAsQPJ3vzMDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA\\_esMX339MX339, pagina consultada octubre 2009](http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=LvYNS8a8F4bAsQPJ3vzMDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA_esMX339MX339, pagina consultada octubre 2009)

Meshglass es un sistema flexible de mosaico compuesto por vitrales y piezas de espejo conectado a un soporte de malla de fibra de vidrio. Diseñado para superponer complejas, superficies curvilíneas.

El vidrio es la mano de colores, horno de fuego, y se corta en un octavo de pulgada (.3 centímetros) de espesor piezas antes de ser adherido a la malla de fibra de vidrio. El vidrio es resistente a UV y 100 por ciento reciclables. Meshglass es apropiado para la mayoría de superficies horizontales y verticales, como techos, paredes, columnas, contadores, Backsplashes, piscinas, baños, pero no se recomienda para el suelo.

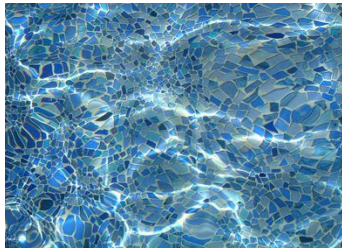


Imagen 42 Extraída con fines didácticos  
[http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=LvYNS8a8F4bAsQPJ3vzMDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA\\_esMX339MX339](http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=LvYNS8a8F4bAsQPJ3vzMDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA_esMX339MX339)

Poesía. Justo cuando crees que lo has visto todo lo que se puede hacer con el hormigón, llega otra sorpresa. Desarrollado por los diseñadores con sede en Holanda Frederik Molenschot y Susanne Happle, Solid La poesía es una teja de concreto que revela un patrón cuando está mojado. Los motivos florales representados son el resultado de un tratamiento de superficie cuidadosamente aplicada que se manifiesta sólo cuando se expone al agua o aire húmedo.

Poesía sólidos por tanto, mejora los entornos con su estado estético adicional que resulta de una respuesta rápida a los estímulos naturales o impulsada por el usuario.



Imagen 43 Extraída con fines didácticos  
[http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=LvYNS8a8F4bAsQPJ3vzMDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA\\_esMX339MX339](http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://transmaterial.net/&ei=LvYNS8a8F4bAsQPJ3vzMDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dtransmaterial%2B%26hl%3Des%26rlz%3D1T4ADSA_esMX339MX339)

#### 4.4. Beneficios de los concretos Ligeros

Las innovaciones técnicas y comerciales constituyen el surgimiento del mercado para revestimiento de edificaciones industriales, comerciales, vivienda y oficinas mejores métodos y materiales.

El desarrollo de sistemas y componentes constructivos más livianos, que aporten un mayor valor agregado o densidad tecnológica a los productos prefabricados de concreto, es una tendencia presente en este segmento de La industria de la construcción civil. La ligereza característica de estos productos, a su vez, conduce a una esbeltez cada vez mayor de los componentes constructivos.

Los llamados concretos ligeros tienen una gran gama de materiales de muy variadas características, pero con un común denominador, reducción del peso específico, elevada capacidad de aislamiento térmica y el empleo de cemento Pórtland en su elaboración, aprovechan la elevada resistencia que ofrece el aire confinado en pequeñas celdas al paso del calor.

La gran variedad de este tipo de concretos dificulta su clasificación no obstante se puede separar en tres grupos:

1.- Formación de pequeñas celdas por incorporación de aire, o gas en el centro de la masa, Hormigones Celulares.

Este tipo de concretos resultan del fraguado y endurecimiento de una mezcla formada por cemento Pórtland y agua con o sin agregados finos, destinado a crear una gran cantidad de pequeñas cavidades esféricas. Dentro de este grupo podemos encontrar: concreto gaseoso, concreto de espuma, etc.

2.- Utilización de agregados livianos, Reforzados con cualquier tipo de fibras

Este tipo de concretos resultara de la integración de diferentes tipos de fibras, las cuales nos aportara distintos pesos específicos que dependerá mucho de la naturaleza y composición de las fibras.

Concretos con agregados artificiales, concretos con aserrín o virutas de madera, concreto con fibras de vidrio o carbón etc.

3.- Realización de grandes huecos por la eliminación de elementos finos del agregado, el cual tendrá una granulometría uniforme, Concretos Cavernosos o Sin finos.

Este tipo de concretos sin finos o de textura abierta, son mezclas constituidas por agregados gruesos o medianos, este tipo de concretos se diferencia por la granulometría de los agregados utilizados.

La utilización de cualquiera de estos concretos requiere de una cuidadosa selección de los materiales a utilizar, así como también de un estricto control de calidad de los materiales componentes y del proceso de fabricación de la mezcla en sus diferentes etapas.



# MATERIALES COMPUESTOS

## 5.1. Aspectos generales de los polímeros

El mayor impacto de la tecnología sobre la vida cotidiana ha sido realizado por la categoría de materiales denominados polímeros, un nombre alternativo para esta categoría es el de plásticos, que describe la conformabilidad de muchos polímeros durante su fabricación.

**“Un polímero (del griego poly, muchos; meros, parte, segmento)”<sup>32</sup>** es una sustancia cuyas moléculas son, por lo menos aproximadamente, múltiplos de unidades de peso molecular bajo, y designa una combinación de un número no especificado de unidades, Hay polímeros naturales como ciertas proteínas globulares y polícarbohidratos, cuyas moléculas individuales tienen todas el mismo peso molecular y la misma estructura molecular; pero la gran mayoría de los polímeros sintéticos y naturales importantes son mezclas de componentes poliméricos homólogos, Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas formadas por muchos monómeros unidos entre sí en forma lineal o ramificada, es entonces cuando se dice que se da la polimerización “número de veces que se repite el monómero para formar la macromolécula de igual grado de polimerización bajos, se obtiene líquidos a temperatura ambiente (aceites sintéticos y ceras), al aumentar el grado de polimerización el producto será normalmente sólido”<sup>33</sup>, existen diferentes procesos de polimerización como: polimerización por adición, que consiste adición de moléculas pequeñas de un mismo tipo, unas a otras por apertura del doble enlace sin eliminación de ninguna parte de la molécula polimerización por condensación, se da por formación de poliésteres, polihidrocarburos, polisulfuros o polipolisulfuros, polimerización en suspensión, emulsión: Polimerización en suspensión En este caso el peróxido es soluble en el monómero. La polimerización se realiza en agua, y como el monómero y polímero que se obtiene de él son insolubles en agua, se obtiene una suspensión. Polimerización en emulsión La reacción se realiza también en agua, con peróxidos solubles en agua pero en lugar de agregarle un agente de suspensión como el alcohol polivinílico, se añade un emulsificante.

<sup>32</sup> Polímeros - Monografías.com, Concepto y clasificación; Tipos de Polímeros Más Comunes; Polímeros termoplásticos; Resinas termofijas; Homopolímeros y copolímeros; Los Lubricantes y los. [www.monografias.com/trabajos14/.../polimeros.shtml](http://www.monografias.com/trabajos14/.../polimeros.shtml), Pagina consultada el 22 de octubre del 2009.

<sup>33</sup> JAMES, F. SHAKELFORD, Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros, Edith. Pearson,2005



## 5.2. Clasificación y composición de los polímeros

Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases. La estructura de largas moléculas lineales o ramificadas, unidas entre si solo por enlaces secundarios, corresponde al grupo de polímeros que se conocen como termoplásticos, el proceso se realiza calentando el material, hasta que se licue y dejando enfriar, este proceso se realiza en un tiempo inferior a un minuto, dentro de este grupo podemos encontrar al polietileno, polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, polipropileno, cloruro de polivinilo.

El polímero termofijo se forma cuando se hace reaccionar un glicol y un isocianato con más de dos grupos funcionales, las resinas termo fijas estos materiales se caracterizan por tener cadenas poliméricas entrecruzadas, formando una resina con una estructura tridimensional que no se funde. Polimerizan irreversiblemente bajo calor o presión formando una masa rígida y dura. Las uniones cruzadas se pueden obtener mediante agentes que las provoquen, como en el caso de la producción de las resinas epóxicas.

Los polímeros termofijos pueden reforzarse para aumentar su calidad, dureza y resistencia a la corrosión.

El material de refuerzo más usado es la fibra de vidrio (la proporción varían entre 20-30%) El 90% de las resinas reforzadas son de poliéster, en estos grupos podemos encontrar los poliuretanos, urea, resinas, y melanina, resinas fenolicas.

## 5.3. Materiales Compuestos

La industria de la construcción es el segundo mayor usuario de materiales compuestos de plásticos reforzados convencionales, en primer lugar se encuentra la industria de embalaje.

**“El material compuestos (MC, materiales compuestos) está formado por una fase discontinua, también llamado refuerzo, ya que de ella depende principalmente las propiedades mecánicas, y por una fase continua o matriz, responsable de la resistencia térmica y ambiental del material del material, que engloba al refuerzo y hace del material una estructura monolítica”<sup>34</sup>**

La forma del refuerzo permite una primera clasificación: MC granulares, MC de fibra corta, MC de fibra larga o continúa, todos los materiales compuestos están reforzados con fibras, la matriz puede ser polimérica, cerámica o metálica, y cada uno de ellos se subdivide a su vez con materiales específicos, los procesos de producción de los materiales compuestos cambia significativamente según el tipo de matriz.

---

<sup>34</sup> JAMES, F. SHAKELFORD, Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros, Edith. Pearsón,2005



En los materiales compuestos de matriz metálica (MMC), se mejora el comportamiento a fluencia respecto de la aleación base, los compuestos con matriz cerámica (CMT), el objetivo es disponer de un material cerámica con la inherente resistencia térmica de los cerámicos, compuestos con matriz polimérica, los procesos de producción influye decisivamente en las propiedades finales del producto.

La fibra es el elemento reforzante por excelencia, las propiedades mecánicas de cualquier material son superiores cuando ese material se presenta en forma de fibra, las fibras de refuerzo comerciales presentan un diámetro entre 2 y 14 micras limitando el diámetro inferiormente, por razón de costo y seguridad laboral, al disminuir los diámetros en las fibras se disminuye la posibilidad de encontrar un defecto de gran tamaño por el que se inicie la rotura. Existen diferentes tipos de fibras como las de vidrio, carbono, poliamidas y cerámicas etc.

Los materiales compuestos los podemos definir como materiales mezcla, el consumo de polímeros o plásticos ha aumentado en los últimos años, han sustituido parcial y a veces totalmente a muchos materiales naturales como la madera, el algodón, el papel, la lana, la piel, el acero y el cemento, "Los factores que han favorecido el mercado de los plásticos son los precios competitivos y a veces inferiores a los de los productos naturales"<sup>35</sup>

## 5.4. Materias Primas

Para la integración de materiales compuestos hay una gran variedad de productos para la realización de las mezclas, de los cuales se tendrá que hacer una selección muy específica tomando en cuenta que es lo que se busca para nuestro producto final.

**El resultado de una buena mezcla dependerá directamente de las características físicas de cada uno de los polímeros que la integran**, será necesario que muestren un grado de resistencia a la acción degradante del clima, y aunque la mayoría de los polímeros, son en cierto grado químicamente inertes, sus superficies y propiedades mecánicas deberán ser correctamente diseñadas, como la correcta selección de las resinas conociendo sus propiedades dentro de las cuales encontramos: las resinas termoestables como: epoxi, poliéster, poliuretano, y actúan como la matriz o fase continua de un material compuesto.

Algunas de las propiedades de las resinas sin catalizar son: viscosidad, peso específico y contracción contenido de agua, pesos moleculares, propiedades de las resinas líquidas catalizadas: gelificación, inhibición del aire, propiedades de las resinas curadas, mecánicas, térmicas,

Las resinas de poliéster insaturado se obtienen haciendo reaccionar áridos orgánicos o anhídridos de ácidos.

---

<sup>35</sup> Polímeros - Monografias.com, Concepto y clasificación; Tipos de Polímeros Más Comunes; Polímeros termoplásticos; Resinas termofijas; Homopolímeros y copolímeros; Los Lubricantes y los [www.monografias.com/trabajos14/.../polimeros.shtml](http://www.monografias.com/trabajos14/.../polimeros.shtml), Pagina consultada el 22 de octubre del 2009

## Clasificación de resinas (Matrices)

### 1.-Resinas de Melanina

Se forman por poli condensación de la fenilamina y del formol, sus características y propiedades generales: color rojizo o castaño, alto punto de reblandecimiento, escasa fluidez, insolubles a los disolventes comunes, resistencia a los álcalis ,poco factor de pérdidas a alta frecuencia, excelente resistencia al aislamiento.

Aplicaciones:

Debido a la importancia del escaso factor de pérdidas a alta frecuencia, estas resinas son muy utilizadas en el campo de las comunicaciones, como material para los equipos de radiofonía, componentes de televisores, etc.

### 2.- Resinas Poliéster

Son usadas resinas Rígidas y Flexibles (Ortoftálica e Isoftálica). Las resinas Bisfenólicas y Viniléster son empleados cuando son sometidas a contacto de ambientes agresivos.

Las resinas ortoftálicas son para uso general, presentan buena resistencia a la intemperie y ambientes moderadamente agresivos. Debido a su bajo costo son usados son formulados para fabricar gelcoat de uso general. Los gelcoat ortoftálicos modificados con Neopentaglicol (NPG) son la mejor opción en términos de costo vs. desempeño para los usuarios de fabricaciones de fibra de vidrio.

Algunas resinas Isoftálicas, de cadenas moleculares mas largas que las ortoftálica tienen mejor desempeño al estar expuestas a la intemperie, altas temperaturas y contacto permanente con el agua.

Las resinas ortoftálicas (rígidas) tienen menor brillo superficial y menor resistencia a la intemperie que las flexibles. Otro problema de las rígidas, cuando son usadas es más susceptible al desgaste superficial que facilita la penetración de humedad por erosión, perjudicando la durabilidad de la capa protectora.

Una resina de poliéster tiene que fraguar, que es el proceso de gelificación o coagulación y endurecimiento. Se consigue esto o bien mediante el uso de un catalizador y calor o a la temperatura normal del cuarto de trabajo empleando un catalizador y un agente aceleraste. Los catalizadores para las resinas de poliéster son generalmente peróxido orgánicos, los catalizadores puros son inestables químicamente y susceptibles de descomponerse con violencia explosiva. Se suministran por eso en forma de dispersión en pasta o líquida en un plastificante, o en forma de polvo en una carga inerte.

Este tipo de resinas se obtienen del anhídrido maleico que proporciona la rigidez, anhídrido ftálico que baja la reactividad proporciona propiedades físicas y químicas y el ácido isoftálico que proporciona la resistencia química

### 3.-Resinas Epoxi

Tiene su principal ventaja en su elevada resistencia, con un material ligero, fuerte y rígido. Su alta adherencia sobre un gran número de superficies y ausencia de contracción en el proceso de curado permite encolados y laminados de excepcionales propiedades mecánicas.

A temperaturas normales, las resinas epoxi son superiores a las de poliéster y viniléster. Existe una gran gama de resinas epoxi formuladas específicamente para aplicaciones como: moldes y utillajes, laminados de alta calidad (Carbono - Kevlar), resinas con filtro UV, encolado de Madera

#### Epoxi con filtro UV

Resina Epoxi con Filtro UV, para laminados que requieran una gran resistencia a la intemperie, exposición al sol, sin que amarillee. Poseen una transparencia muy alta así como una gran resistencia mecánica y química.



Imagen 44 Extraída con fines didácticos, Resinas Epoxi. Pagina consultada en septiembre 2009.

### Clasificación de Fibra de Vidrio

**Un material compuesto presenta dos elementos principales: fibra y matriz la combinación adecuadas de estos componentes origina materiales con mejores propiedades que las partes que las componen por separado,** las resinas de poliéster cuando se usan solas, tienen gran resistencia a la compresión y a las temperaturas elevadas, pero son rígidas y con poca resistencia a la tracción y menos a la flexión. El refuerzo más utilizado es la fibra de vidrio teniendo esta gran resistencia a la tracción y gran flexibilidad. Para que haya una buena compatibilidad entre las resinas y la fibra de vidrio, deben ser tratadas estas últimas con un encima (preparación a la capa exterior de las fibras). De esta forma existe una buena unión entre ambos productos.

Las fibras de refuerzo utilizadas en los materiales compuestos se pueden clasificar de forma general en tres categorías 1.- fibras de carbono, 2.- fibras inorgánicas, 3.- fibras poliméricas, estas fibras se pueden cortar en forma continua o fibra cortada.

La fibra de vidrio esta formada fundamentalmente por sílice, que asocia a diversos óxidos (alumina, alcalinos y alcalinotérreos, y se obtiene por fusión de la mezcla de esta materia, pasando por la hilera y sometándose a una operación de estirado.

## Presentaciones Industriales

### Mantas de fibra de vidrio MAT

Es el material más usual para laminados de PRFV por ser fácil de moldear, de menor costo, siendo los actuales ligantes fácilmente solubles en estireno.

#### b) Tejidos de fibra de vidrio Woven Roving

Produce laminados más resistentes por la mayor resistencia a la tracción. Ello se obtiene utilizando tejidos más finos con dibujo tupido. El problema que a veces se presenta es la adherencia interlaminar que puede ser localmente débil por problemas de desgomaudura. Se puede mejorar intercalando MAT entre los tejidos o usando tejidos más gruesos.

#### c) Filamentos de fibra de vidrio Roving

Se usan para reforzar las capas de tejido de vidrio y también para conferir resistencia y dureza.

#### d) Velos

Se puede usar de amortiguamiento entre la capa de gelcoat y las principales de refuerzo.

También se usan como capa de refuerzo del propio gelcoat, dando así algo de consistencia a esta capa.

#### e) Cintas de fibra de vidrio

Consiste en un tejido en formas de cintas que es adecuada para aplicar en aquellos lugares donde se precisan bandas estrechas de refuerzos por ligamentos en espiral.

#### f) Fibras de vidrio pre-impregnadas

El tejido y los MAT se fabrican también impregnados con una mezcla de resina-catalizador que puede ser activada por calor (también pueden ser activados por radiación UV) Estos materiales se conocen con el nombre de "pre-pre"

Algunas consideraciones para la orientación en su colocación de las fibras de vidrio, "Las orientaciones más comunes son 0,90, + 145. combinando estas orientaciones se puede conseguir la resistencia y rigidez requerida en cualquier dirección, por el carácter tensorial de las deformaciones, los laminados siempre deben ser simétricos respecto de su plano medio y equilibrados".<sup>36</sup>

### Monómeros

---

<sup>36</sup> JAMES, F. SHAKELFORD, Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros, Edith. Pearsón, 2005

Los monómeros insaturados son usados para copolimerizar (interligar) las cadenas lineales de los poliésteres. Las ligaduras se producen al formar estos monómeros puentes entre los dobles enlaces existentes gracias a los ácidos insaturados que se han usado en la condensación de la cadena de poliéster.

Por razones técnicas y económicas, el estireno es el monómero más popular de los utilizados.



Imagen 45 Extraída con fines didácticos, Resinas Epoxi. Pagina consultada en septiembre 2009.

Durante el curado de la resina, se produce la formación de polímeros de poliestireno y una cierta proporción se evapora. Por todo esto, se justifica la necesidad de usar un ligero exceso molar de estireno para garantizar el curado satisfactorio de la resina.

### **Materiales y Aditivos**

Material inerte agregado a una mezcla de plástico (resina) con el fin de dar volumen reducir costo, modificar propiedades mecánicas.

En los materiales compuestos se utilizan diferentes productos que pueden y deben ser incorporados al material compuesto fibra-resina para aportar al material características particulares y reducirán el costo del mismo.

Las propiedades aportadas por cada uno de los productos incorporados al material compuesto son, en general:

- mejoran el producto acabado
- Cargas reforzantes que permiten aligerar la pieza
- Cargas ignífugas
- Cargas conductoras y antiestáticas
- Colorantes pigmentos
- Agentes anti-ultravioleta
- Agentes anti-retracción
- Agentes de desmoldeo
- Sistema catalítico, que comprende el endurecedor, el inhibidor, los estabilizantes térmicos y antioxidantes.

Efectos de las cargas (materiales) sobre la resina: aumento de la viscosidad en la mezcla, aumento de la densidad, aumento del modulo de elasticidad, aumento de la dureza.

## Cargas (Materiales)

**Podemos dividir las cargas en 2 grupos cargas reforzantes y cargas no reforzantes, en las que se busca sobre todo la disminución del costo total del compuesto.**

En las cargas reforzantes más utilizadas son la microesfera de vidrio, debido a su geometría reparte regularmente los esfuerzos en las piezas, evitando que concentraciones de tensión, las microesferas pueden ser huecas o macizas.

Entre las cargas no reforzantes, las mas utilizadas son en general de origen mineral y se incorporan a la resina, las mas utilizadas son: carbonatos, silicatos, Sílices, cargas ignifugas, cargas conductoras.

## Aditivos

Para conseguir el endurecimiento de las resinas termoestables, es necesario utilizar productos en menores cantidades que las cargas como:

- Lubrificantes
- Pigmentos
- Colorantes
- Pastas colorantes

### Absorbedores ultravioleta

**La energía contenido en las radiaciones ultravioleta puede romper ligamentos moleculares, cambiar el color o hacer quebradiza la base polimérica.**

Los absorbedores ultravioleta UV tiene la función de absorber las radiaciones electromagnéticas contenidas en las radiaciones ultravioleta, logrando disiparlo. Generalmente se usa para esta finalidad 0,4%-0,6% de hidroxibenzofenona. La eficacia de los absorbedores de ultravioleta son limitados a tiempos máximos de 3 años de uso continuo. Son comercializados en el mercado local con el nombre de Tinuvin. "Polvo fino de fácil incorporación a la resina poliéster, protege de los rayos ultravioleta evitando el deterioro de los materiales expuestos a los rayos solares"<sup>37</sup>

---

<sup>37</sup> La forma cristalina del carbonato de calcio se presenta en la superficie de la Tierra en dos polimorfos: calcita (hexagonal) y aragonita (ortorrómbica). [www.geologia.uson.mx/.../olivia/.../FACTORES.htm](http://www.geologia.uson.mx/.../olivia/.../FACTORES.htm)

## 5.5. Tipos de pruebas a Materiales Compuestos

“Las principales técnicas para determinar la "micro estructura" de las resinas son la espectrometría de masas, protón y espectroscopia RMN <sup>13</sup>C (Resonancia Magnética Nuclear), GC (Cromatografía de gases), HPLC (Cromatografía Líquida de alta resolución), GPC (Cromatografía de Permeabilidad en gel) e FTIR (IR mediante Transformada de Fourier). Los procesos de curado de estas resinas se estudian mediante técnicas mecánicas y térmicas, tales como TGA (Análisis Termogravimétrico), DSC (Calorimetría de Barrido Diferencial) y DMA (Análisis Mecánico Dinámico)”<sup>38</sup>.

A continuación se describe la utilidad de alguna de estas técnicas dentro del campo del análisis y de las resinas.

### ESPECTROSCOPIA

La técnica de espectroscopia IR permite la definición de la estructura.

### CROMATOGRAFÍA

Es una inestimable técnica para la determinación de la distribución de tamaño de las moléculas de los polímeros. Así como información cuantitativa de monómeros libres

### ANÁLISIS MECÁNICO DINÁMICO (DMA).

una muestra que vibra es calentada mediante un programador. La frecuencia y humedad se monitorizan frente al tiempo

Test para control de calidad de resinas

### Índice de refracción

El contenido de resina de una resina líquida se puede determinar mediante el índice de refracción utilizando el refractómetro.

- Viscosidad
- Contenido en sólidos

Depende de las condiciones de producción donde se forman compuestos de bajos pesos moleculares que volatilizan. Generalmente se calienta a 150 °C durante 30 min. y se pesa el residuo.

### Gravedad específica

Se determina con el picnómetro. Se utiliza en resinas líquidas y barnices para aplicación en revestimientos.

---

<sup>38</sup> Análisis y Caracterización, [www.sc.ehu.es/iawfemaf/archivos/materia/00017124.htm](http://www.sc.ehu.es/iawfemaf/archivos/materia/00017124.htm). Pagina consultada el 21 octubre del 2009



. Tiempo de gel

Se pesa una cantidad de resina y se introduce en un tubo de test colocándolo en un baño de aceite a 130 °C. Tan pronto como el punto de gel es alcanzado, la resina líquida se queda casi rígida.

Este test se utiliza tanto en producción como en control de calidad

- Fluidez

Una muestra de un determinado diámetro se introduce en un horno (125 °C) y luego se deja caer por una rampa que está a dicha temperatura, midiéndose el desplazamiento realizado.

## 5.6. Materiales compuestos en el mercado

Existen en el mercado debido a esta gran búsqueda de materiales nuevos para la construcción, los llamados concreto polimérico, traslucido y transparente que no son más que materiales compuestos, que su mezcla está compuesta por algún material que anteriormente describí, para la fabricación de estos materiales que a continuación detallaré se tendrán que tomar en cuenta varios factores uno de ellos es la anisotropía que "significa la posibilidad de diseñar el material junto con la estructura adaptados óptimamente a su función"<sup>39</sup> entre otros factores que más adelante mencionare.

La calidad de estos concretos depende directamente de la correcta selección y el control de los materiales de ello dependerá el éxito o fracaso del producto al mismo tiempo de que control de calidad.

## 5.7. Concreto Polimérico

**"Las propiedades del concreto polimérico depende de las características del polímero y del agregado que se utiliza para su formulación"<sup>40</sup>**

En busca de insumos de construcción de rápida fabricación, más ligeros, de fácil instalación, con altas resistencias mecánicas, con buenas resistencias al ambiente y alta relación costo / beneficio, para así establecer sistemas de construcción más seguros, económicos, resistentes y duraderos, surge el llamado concreto polimérico. Esto es difícil de lograr con el concreto convencional a base de cemento debido a sus limitaciones, por ejemplo: Largo tiempo de fraguado, alta absorción al agua, baja resistencia a la corrosión, baja resistencia a la abrasión, baja resistencia a los ciclos frío-caliente, alta alcalinidad. La utilización de polímeros en el concreto, comenzó en los años 1950 en forma de adiciones para mejorar la adherencia y resistencia al desgaste de morteros o la

<sup>39</sup> JAMES, F. SHAKELFORD, Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros, Edith. Pearsón, 2005

<sup>40</sup> GUNERY AKOVAL, Polimers in Construction, Edit. Rapra Technology limited, 2005.

fabricación de mármol artificial, el concreto modificado con polímeros se logra adicionando la resina en el mezclado en lugar del cemento, y agregados, con lo que la matriz queda constituida por un polímero. El concreto impregnado con polímeros se fabrica por introducción de un monómero.

También se conoce como hormigón resina o PC (Polymer concrete), en lugar de cemento Pórtland se usa un polímero, en su mezcla intervienen agregados áridos, gravas, polvos de silicona, cuarzo, granito, cristales, generalmente cualquier material seco, sólido y no absorbente y productos químicos como acelerantes, retardantes, pigmentos, catalizadores etc, según el uso final incluyen fibras como refuerzo.

### Existen 3 tipos de concreto Polimérico

1.-El concreto modificado con polímeros: adicionando la resina en el mezclado de cemento y agregados, con lo que la matriz ligante queda constituida por cemento y polímero.

2.-El concreto impregnado con polímeros: Introducción de un monómero o polímero en la red de poros del concreto –ya endurecido– y posterior polimerización in situ, lo que provoca un taponamiento de los canales de contacto del concreto convencional con el exterior.

3.-Concreto polimérico: se refiere al material que resulta del mezclado de los agregados con resinas como único aglomerante.

La Resina Poliéster es el producto de la reacción de esterificación entre ácidos orgánicos carboxilados y/o sus anhídridos (Anhídrido Maleico, Anhídrido Ftálico, Anhídrido Isoftálico) con alcoholes polihidroxílicos que generalmente son polioles denominados glicoles formándose como subproducto de la reacción del agua.

Anhídrido Maleico = Proporciona la Rigidez,

Anhídrido Ftálico =Baja la Reactividad proporciona propiedades físicas y químicas.

Ácido Isoftálico) = proporciona la resistencia química

Las Resinas poliéster estas resinas se conservan en estado líquido durante muchos meses, deberá ser almacenada en lugares frescos propiedad que mejora con el agregado de inhibidores de polimerización (usualmente hidroquinona). El endurecimiento de la resina por polimerización consiste en la unión de las cadenas lineales obtenidas por condensación del diácido con el dialcohol a través de la moléculas de monómero insaturado, proceso llamado reticulación y que se produce en la polimerización final. Para provocar la reacción de polimerización es necesario

La adición de un catalizador, generalmente un peróxido orgánico. La temperatura a la cual procede la reacción depende del peróxido utilizado y del agente utilizado incorporado. La resina poliéster endurecida por polimerización es un sólido, generalmente transparente, se refuerza con fibra de vidrio. La composición del concreto polimérico se da con la integración de la resina poliéster, granos de mármol, cero fino, catalizador el cual proporcionara el tiempo de fraguado y pigmentos los cuales se encargan del color, después de concluir la mezcla es reforzado con 3 o 4 capas de fibra de vidrio. Se recomienda una temperatura de trabajo máxima de 180°F (82°C).<sup>41</sup>

Una de las grandes ventajas del concreto polimérico, es su corto tiempo de fraguado. Además, en solo 24 horas el concreto polimérico alcanza más del 90% de sus propiedades

---

<sup>41</sup> ACO, Materiales, Concreto Polimérico, <http://www.acomex.com.mx/techsupport/matprop.htm>, Pagina consultada el 23 de junio del 2009.

mecánicas, lo que al cemento le toma como mínimo 28 días. Asimismo, este material posee altas propiedades mecánicas de dos a diez veces más que el concreto de cemento.

El hormigón polímero es un material que posee excelentes características tanto mecánicas como de comportamiento hidráulico.

1.-Muy alta resistencia a la compresión, 100/150 MPa.

2.-Muy alta resistencia a la tensión, 30/40 MPa.

3.-Muy alta relación de las resistencias a la tracción y a la compresión, 1:4, frente al 1:10 del concreto normal.

4.-Gran rapidez de endurecimiento (horas).

5.-Excelente durabilidad frente a agentes químicos agresivos.

7.-Excelente resistencia mecánica que facilita la producción de elementos ligeros en dimensiones reducidas.

8.-La absorción del agua en el material es prácticamente nula; menos del 0,5%

9.-Resiste muy bien los ciclos hielo-deshielo: Durante el proceso de fraguado del concreto.



Imagen 46-47 Extraída con fines didácticos, Agregados del Concreto Polimérico, <http://www.aguamarket.com/sql/productos/fotos/hormigon.jpg>, [www.acomex.com.mx/.../images/materials\\_2.jpg](http://www.acomex.com.mx/.../images/materials_2.jpg)

En el mercado ya existen prefabricados en el cual su proceso de elaboración contiene llamado concreto polimérico, dichos prefabricados son muy ligeros y cubren grandes claros en muy cortos tiempo aparte de los beneficios de la prefabricación, estos elementos han venido a sustituir los tradicionales con concreto normal, no han tenido gran auge debido al desconocimiento del material y a la poca confianza sobre el mismo, estos elementos presentan algunos problemas como fisuras, cambios de tono etc, pero que se podrán solucionar utilizando los correctos materiales que integran la pasta como aditivos, cargas y una mejor selección de resina, así mismo como la integración del material, para lograr un buen control de calidad en el proceso, tomando en cuenta temperatura ambiente, tiempos de descimbrado, estiba correcta del producto, aplicación de fibras de vidrio o carbón, aplicación de tecnología y personal capacitado en este tipo de concretos.



Imagen 48 - 49 tomada con fines didácticos, Centro Comercial Hilos Cadena, ubicación, Merced. Cd. de México. Imágenes, Aut. Maribel Jaimes Torres.

## 5.8. Concreto transparente

**Es inventado por el arquitecto húngaro Ron Losoncz. Ligth transmitting concrete (Litracom, es conductor de luz,** dicho así, un material es traslúcido cuando deja pasar la luz de manera que las formas se hacen irreconocibles, y que es opaco cuando no deja pasar apreciablemente la luz, es un producto nuevo en el mercado como material para la construcción, por lo que actualmente no existen normas o reglamento que controlen su comportamiento.

translucentconcrete es una combinación de fibras ópticas y de hormigón fino. Miles de fibras ópticas se encuentran en la capa de hormigón y transmiten la luz de un lado a otro. Debido a su pequeño diámetro, las fibras se juntan en coherencia con el hormigón formando así un material nuevo y singular. No se forman dos materiales mezclados entre sí, sino un tercero, homogéneo tanto en su estructura interna cómo en la consistencia de su superficie.

Características principales: **Se trata de un nuevo compuesto con la resistencia del hormigón, pero complementado por fibras ópticas embebidas a través de las cuales pasa la luz,** permitiendo distinguir las siluetas al otro lado del muro, las fibras ópticas forman una matriz, con diámetros que van de dos micrones a dos milímetros-, las cuales se ordenan en capas o celdas y corren entre si en forma paralela, entre las dos superficies principales de cada bloque, tiene la solidez y resistencia del hormigón tradicional

Las sombras provenientes del lado más iluminado aparecerán en el más oscuro destacando su contorno Incluso los colores se seguirán percibiendo iguales.

**Permite generar la sensación de que el peso y el espesor de un muro de concreto "desaparece"**

Podría tener varios metros de espesor sin reducir la capacidad característica de las fibras ópticas de transmitir la luz, se pueden construir estructuras portantes, ya que la fibra óptica con que está compuesto este material no perjudica la bien conocida resistencia a la compresión del hormigón. Los bloques pueden ser producidos en varios tamaños, teniendo en cuenta que incluyen también propiedades de aislamiento térmico, pero La pieza más grande lograda mide 30 por 60 metros.



Imagen 50- 51 Extraída con fines didácticos, Concreto Transparente,  
<http://www.blogarquitectura.com/arquitectura/concreto-traslucido/>  
<http://www.neoteo.com/concreto-traslucido-relleno-de-fibras-15459.net>

## 5.9. Concreto Traslucido

Este tipo de concreto translúcido está elaborado con: Cemento Portland tipo I (blanco), agregados finos naturales o de trituración, fibras de vidrio, resinas epóxicas y fenólicas, agua y aditivos reductores de agua y retardadores de fraguado, así como estabilizadores de fraguado que permiten el mezclado, desecantes y catalizadores que permiten el fraguado uniforme de ambas matrices, fluorita.

Por lo que no se requieren cambios en las fábricas de cemento actuales o en los procesos de fabricación, diseño o transporte del concreto premezclado, además de que puede ser fabricado a pie de obra.

Composición química de la fluorita:

La fluorita es un mineral formado por la combinación de calcio y flúor (fluoruro de calcio)  $\text{CaF}_2$ . Pertenece a la clase Haluros. Contiene el 51.3% de calcio y el 48.7% de flúor. El calcio puede ser sustituido por ytrio y cesio. Las fluoritas violetas contienen cantidades apreciables de estroncio, mientras que las verdes samario. La luminiscencia violeta se considera causada por pequeñas cantidades de europio y las de luz amarillenta.

Se presenta en cristales de forma cúbica muy bien formados, frecuentemente con maclas de compenetración de cubos. Las demás formas son raras, aunque pueden obtenerse octaedros por exfoliación. También masivo, compacto o granular, en la estructura, los átomos de calcio se encuentran en un retículo cúbico de caras centradas, mientras que los de flúor ocupan los centros de los cubos formados con la mitad del lado de la celda unitaria. Así, cada átomo de calcio está rodeado por ocho de flúor, y cada flúor lo está por cuatro calcio. La celda fundamental contiene, por tanto,  $4\text{CaF}_2$ .

Estructura Molecular de la Fluorita:

Propiedades Físicas:

Color: Muy variado, siendo los más comunes el verde, el amarillo, el anaranjado, azul, rosa y el violeta, dureza 4 en la escala de Mohs, densidad  $3.18 \text{ g/cm}^3$ , brillo vítreo.





Imagen 52-53-54-55. Extraída con fines didácticos, Concreto Traslucido, <http://blog.iws.com.ve/?p=4633>, [traslucido](http://www.blogarquitectura.com/arquitectura/concreto-traslucido/)<http://www.conacyt.mx/comunicacion/agencia/notas-vigentes/NOTA-CONCRETOS.htm>

## 5.10. Efectos Rayos Ultravioleta

**El creciente empleo a la intemperie de los materiales compuestos ha provocado la necesidad de analizar el efecto del medio ambiente sobre los materiales,** los factores ambientales tienen un efecto nocivo irreversible en la apariencia y las propiedades del material, la severidad del daño dependerá generalmente de factores tales como la naturaleza del ambiente, el tipo de material polimérico, la localización geográfica, y la duración de la exposición<sup>42</sup>

**Todas las radiaciones solares originan deterioro en los materiales compuestos, "La luz ultravioleta de longitud de onda corta, es la responsable de la mayor parte de este daño, la energía ultravioleta es suficiente para romper enlaces moleculares"**<sup>43</sup>

<sup>42</sup> IX Congreso Nacional de Polímeros, Sociedad Polimérica de México, A.C. Centro de Investigación en Química Aplicada, Octubre 1999.

<sup>43</sup> IX Congreso Nacional de Polímeros, Sociedad Polimérica de México, A.C. Centro de Investigación en Química Aplicada, Octubre 1999.

La humedad en si es considerada relativamente inocua, sin embargo puede acompañarse de por lo menos tres diferentes efectos que aceleran la degradación del polímero, uno químico que es la hidrólisis de enlaces inestable, uno físico que es la destrucción del enlace entre el polímero y aditivos, y el tercero que es un efecto foto químico.

## Cómo evitar la degradación por UV

Hay varias formas de evitar la degradación por UV en los plásticos: utilizando estabilizadores, absorbentes y bloqueadores. Para muchas aplicaciones al aire libre, el simple agregado de negro de humo en un nivel de aproximadamente el 2% proporcionará la protección de la estructura por el proceso de bloqueo. Otros pigmentos como el dióxido de titanio también pueden resultar efectivos. Los compuestos orgánicos como las benzofenonas y los benzotriazoles son absorbentes típicos que absorben la radiación UV de manera selectiva y la reemiten con una longitud de onda menos dañina, principalmente como calor. El tipo de los benzotriazoles es bueno, ya que tiene poco color y se puede utilizar en dosis bajas en proporciones por debajo del 0,5%.

El otro mecanismo de protección principal es añadir un estabilizador, el más común es el HALS (fotoestabilizadores a base de derivados de aminas), que absorben los grupos excitados y evitan la reacción química de los radicales.

En la práctica, los diferentes tipos de aditivos utilizados se encuentran en combinaciones o son compuestos incluidos en el polímero original para producir un grado especial de protección UV. El agregado de antioxidantes a algunos plásticos para evitar la foto-oxidación puede resultar atractivo, pero se debe tener cuidado de que el antioxidante elegido no actúe como absorbedor de radiación UV, lo que en realidad aumentaría el proceso de degradación. Existen otros numerosos factores que producen cambios en las propiedades del material compuesto, por ejemplo, la combinación de humedad y temperatura crea un estado denominado H/W, hot-wet, que causa una absorción de agua por parte de la matriz gracias a la exposición al aire húmedo que combinado con las altas temperaturas reducen las propiedades mecánicas del laminado. Para estructuras aeronáuticas las condiciones ambientales que se estudian son:

- Humedad.
- Temperatura.
- Radiación ultravioleta.
- Condiciones de viento.
- Shock térmico.

## HUMEDAD

Los efectos más inmediatos e importantes que provocan la difusión de humedad dentro del material compuesto es la disminución de resistencia, módulo y temperatura de transición vítrea  $T_g$ . La humedad actuará plastificando la matriz, hinchamiento, y provocando cambios en las propiedades mecánicas del material, las cuales pueden ser regeneradas eliminando la humedad del material, asumiendo que el daño permanente ocurrido en la matriz durante la exposición, aparición de microgrietas, no influyan en las propiedades al no crearse muchas.

La temperatura de transición vítrea del material se define como el punto a partir del cual, las propiedades mecánicas de la matriz, disminuyen drásticamente. La matriz pasa de un estado vídrio a uno más flexible.

## TEMPERATURA

La temperatura actúa mediante diversos caminos degradando las propiedades mecánicas de la matriz del material compuesto. Si la temperatura sobrepasa la  $T_g$  del material, las propiedades mecánicas decrecerán marcadamente. Sin embargo el módulo original se recuperará en el momento que se evite la exposición a la alta temperatura, a no ser que se haya producido algún proceso irreversible durante la exposición.

- La temperatura de transición vítrea,  $T_g$ .
- Evitar la descomposición del material, para materiales curados a  $180^\circ\text{C}$  la temperatura de descomposición suele ser de  $250^\circ\text{C}$  aproximadamente.

## CHOQUE TÉRMICO

El choque térmico es un efecto estudiado para determinar la temperatura máxima de exposición del material compuesto en servicio. Los ensayos de choque térmico determinan cuáles son las temperaturas máximas y mínimas en servicio. Dichos ensayos se realizan con un contenido de humedad que se considera en equilibrio durante el servicio del material. La introducción de la humedad se justifica porque el choque térmico crea daños irreversibles en la matriz en las zonas donde existen concentraciones de humedad en el compuesto, normalmente, en las capas cercanas a la superficie del material.

## RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

El daño producido por este fenómeno se caracteriza por la aparición de zonas erosionadas en la superficie expuesta del material. Este daño puede ser minimizado por la aplicación de pinturas que previenen los daños que se puedan originar en la matriz por la degradación de esta debida a la radiación.

Es evidente, pues, que las condiciones hot-wet en los materiales compuestos afectan a las propiedades mecánicas del material disminuyéndolas, siendo este daño reversible en mayor medida al eliminar la humedad en el material y evitar las altas temperatura. Sin embargo durante el proceso de exposición pueden darse efectos irreversibles como la aparición de grietas, influyendo negativamente en mayor medida en la interface matriz-fibra.



## 5.11. Análisis General

En este trabajo de investigación, la experimentación se orientó directamente en un concreto polimérico de alta resistencia, formado por áridos naturales y un aglomerante orgánico constituido por una resina termoestable poliéster, presentando algunas de sus propiedades físicas y mecánicas, mediante diferentes técnicas experimentales, tales como: resistencia a la compresión, tensión, intemperismo y permeabilidad, como consecuencia del estudio experimental llevado a cabo se ha podido apreciar como el concreto polimérico está formado por porosidad cerrada proporcionando una elevada continuidad a su microestructura interna, lo que justifica en parte, la mejora en propiedades mecánicas respecto al concreto tradicional con unos valores medios de resistencia a compresión de 40 MPa.

El concreto polimérico se produce por la mezcla de granulometrías de granos de mármol bien controladas con una resina aglomerante, la utilizada para estas muestras será de poliéster insaturada, flexible, debido a sus buenas propiedades y relativo bajo costo. El concreto polimérico es un material resistente y durable, presenta una baja permeabilidad y cura rápidamente. Como posible desventaja contra el concreto normal sería el elevado costo de la resina el costo de los agregados es comparativamente insignificante.

El concreto polimérico analizado es un material de construcción que comprende tres fases: inorgánica (agregados), orgánica (resina poliéster termoestable) e inerte (porosidad debido al aire ocluido producido durante su fabricación). La mayor parte de sus aplicaciones actuales se relaciona con elementos prefabricados para paneles en fachadas.

Las propiedades del concreto polimérico dependerán en gran medida de la formulación.

En lo que refiere a los estudios mecánicos se ha estimado oportuno realizar un análisis comparativo entre dos tipos de mezclas diferentes de concreto polimérico basadas en resina poliéster isoftálica y ortoftálica, con similares contenidos de resina.

## 5.12. Materiales y parte Experimental

Durante el periodo de curado, las cadenas de poliéster están entrecruzadas, debido a la acción de un catalizador, este enlace entre cadenas es un proceso exotérmico, el ordenamiento de las cadenas y su exotermia, implican una importante retracción de la matriz del concreto polimérico a lo largo de las primeras 5 a 7 horas relacionadas con el tiempo de curado. La proporción de áridos es una de las decisiones más importantes para la calidad del concreto polimérico, debido a que hay una gran variedad de medidas y de la correcta selección del material se obtendrá mayores resistencias, por lo general en este tipo de concretos se utilizan granos y ceros de mármol, arenas sílica. La formulación de la mezcla en la resina se basa en dos componentes principales:

Resina base poliéster y ortoftàlica, producida por condensación de un glicol con dos ácidos dicarboxílicos, uno saturado y otro insaturado.

Un agente de curado, adecuado para iniciar, mantener y controlar el entrecruzamiento de las cadenas de polímero, es estas pruebas se utilizo como sistema de curado está compuesto por un octato de cobalto y un iniciador (actuante como catalizador, metil etil cetona).

Resultados Comportamiento Mecánico: El proceso de producción de elementos de concreto polimérico estructural requiere de plantas bien equipadas para lograr una producción continua, beneficiándose así su corto tiempo de curado. El concreto polimérico puede alcanzar su resistencia a compresión en 24 horas, aunque puede hacer falta hasta 16 días para el curado completo. En el concreto tradicional, este proceso tiene lugar durante 28 días hasta alcanzar su resistencia.

Proporción de mezcla del concreto polimérico de resina poliéster ortoftàlica

<b>COMPONENTES</b>	<b>CONTENIDO</b>
RESINA DE POLIESTER ORTOFTÀLICO	12.30%
CERO FINO	6.70%
CERO FINO GRUESO	24.70%
GRANO DE MARMOL	49.3%

Proporción de mezcla del concreto polimérico de resina poliéster isoftàlica

<b>COMPONENTES</b>	<b>CONTENIDO</b>
RESINA DE POLIESTER isoftàlica	12.30%
CERO FINO	22.00%
CERO FINO GRUESO	50.00%
GRANO DE MARMOL	15%

El proceso de preparación se realizó de acuerdo a los siguientes procesos:

- 1.- Pesar la cantidad de resina poliéster
- 2.- Pesar las cantidades de cero fino y agregados
- 3.- Mezclar el cero fino y el agregado para tener un agregado homogéneo
- 4.- En base a la cantidad de resina poliéster agregar a esta el .1% de catalizador (butanox) y mezclar por un minuto
- 5.- Inmediatamente después de agregar la resina con el catalizador sobre la mezcla de agregados mezclar hasta obtener un material homogéneo
- 6.- la mezcla debe realizarse en un periodo no mayor a 4 minutos, dependiendo de las cantidades a mezclar
- 7.- vaciar la mezcla en los moldes correspondientes de manera gradual, esto es agregar una cantidad suficiente para cubrir una tercera parte de la altura del molde, apisonar esta cantidad, y agregar el resto del material para llenar el molde y volver apisonar.
- 8.- El material aunque cura en un par de horas, es desmoldado a las 24 hrs y queda listo para hacer las pruebas mecánicas.

1.- MOLDE DE MADERA DE 25 X 25



2.- Engrasado del molde  
Cera de apisono y poliestireno Desmoldante



3.- Integración de la pasta



5.- Vaciado de pasta a molde



6.- Aplicación del grano (acabado grano expuesto)



**5.14. Tabla comparativa de P.U.**  
**Prefabricado Concreto Tradicional / Prefabricado Concreto Polimérico**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DEL MEXICO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Dependencia:  
 Concurso No.

Fecha:  
 2010/10/18

Obra: **PROGRAMA DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA Y DOCTORADO**

Lugar: CD. UNIVERSITARIA, D.F. D.F.

**ANALISIS DE PRECIO UNITARIO**

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Partida:	A	Análisis No.:	10			
Análisis:	<b>PU70310</b>	<b>PZA</b>				
<b>PIEZA TIPO MURO</b>						
<b>BASICOS</b>						
BAS1074	FABRICACION DE CONC. DE 0.05 m. ESP.	M2	\$251.81	12.470000	\$3,140.07	24.82%
BAS3000	OREJAS DE IZADO	PZA	\$17.24	6.000000	\$103.44	0.82%
BAS3001	VARILLA DEL No.3	ML	\$10.11	40.400000	\$408.44	3.23%
BAS3145	NERV.CONC. f'c=250 0.125x0.15m. 15x20-4	ML	\$67.94	8.600000	\$584.28	4.62%
BAS3171	NERV.CONC.f'c=250.25x12.5cm. +2PZA15x20-4	ML	\$128.68	11.600000	\$1,492.69	11.80%
BAS4000	PLACA AHOGADO DE 12x20x5/16"	PZA	\$113.25	2.000000	\$226.50	1.79%
BAS6001	BARRILETE DE 1" AHOGADO	PZA	\$121.68	2.000000	\$243.36	1.92%
BAS7083	PASTA ACABADO DE 0.025 m.ESP. MARTEL.	M2	\$202.76	12.470000	\$2,528.42	19.99%
BAS60571	TRANSPORTE DE PRECOLADOS A OBRA	M <sup>2</sup>	\$92.38	12.470000	\$1,151.98	9.11%
BAS61532	MONTAJE DEPRECOLADOS CON GRUA	PZA	\$1,423.95	1.000000	\$1,423.95	11.26%
BAS62115	CONECTOR FIJO 2 ( ) 3" x0.40m.	PZA	\$179.58	2.000000	\$359.16	2.84%
BAS62501	CONECTO MOVIL < 4"x4"x5/16"x0.30	PZA	\$212.66	2.000000	\$425.32	3.36%
BAS63001	LAVADO DE PRECOLADOS	M2	\$45.11	12.470000	\$562.52	4.45%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$12,650.13</b>	<b>100.01%</b>
Costo Directo:					\$12,650.13	
INDIRECTOS			28%		\$3,542.04	
PRECIO UNITARIO					<b>\$16,192.17</b>	

(\* DIECISEIS MIL CIENTO NOVENTA Y DOS PESOS 17/100 M.N. \*)

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DEL MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Dependencia:  
Concurso No.

Fecha:  
2010/10/18

Obra: PROGRAMA DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA Y DOCTORADO

Lugar: CD. UNIVERSITARIA, D.F. D.F.

## ANALISIS DE BASICOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------	----------	---------	---

Partida: Análisis  
No.:

Análisis: **BAS0002** **M3**  
**CONCRETO F'c=250 kg/cm<sup>2</sup>**

### MATERIALES

MAT10500	ACELERANTE DE FRAGUADO	LT	\$8.50	16.085000	\$136.72	14.17%
MAT10552	CEMENTO NORMAL	TON.	\$1,550.00	0.420000	\$651.00	67.48%
MAT10570	AGUA	M3	\$8.15	0.246000	\$2.00	0.21%
MAT10572	ARENA AZUL	M3	\$125.00	0.629000	\$78.63	8.15%
MAT10591	GRAVA AZUL	M3	\$125.00	0.618000	\$77.25	8.01%

**SUBTOTAL: MATERIALES** **\$945.60** **98.02%**

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ30002 REVOLV.1 SACO MOTOR ELECTRICO. HORA \$8.02 2.386000 \$19.14 1.98%

**SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA** **\$19.14** **1.98%**

Costo Directo: **\$964.74**

(\* NOVECIENTOS SESENTA Y CUATRO PESOS 74/100 M.N. \*)

Partida: Análisis  
No.:

Análisis: **BAS0134** **M3**

## PASTA CEMENTO BLANCO Y AGREGADOS PETREOS EN COLOR AMARILLO

### MATERIALES

MAT10554	CEMENTO BLANCO	TON.	\$2,500.00	0.453000	\$1,132.50	41.34%
MAT10570	AGUA	M3	\$8.15	0.241000	\$1.96	0.07%
MAT10604	CERO FINO AMARILLO	TON	\$800.00	0.878000	\$702.40	25.64%
MAT10639	GRANO DE MARMOL AMARILLO	TON	\$800.00	1.104000	\$883.20	32.24%

**SUBTOTAL: MATERIALES** **\$2,720.06** **99.29%**

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ030002 REVOLV.1 SACO MOTOR ELECTRICO HORA \$8.02 2.386000 \$19.14 0.70%

**SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA** **\$19.14** **0.70%**

Costo Directo: **\$2,739.20**

(\* DOS MIL SETECIENTOS TREINTA Y NUEVE PESOS 20/100 M.N. \*)

Partida: Análisis  
No.:

Análisis: **BAS1074** **M2**



## FABRICACION DE CONC. DE 0.05 m. ESP.

### MATERIALES

MAT10042	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$13.00	0.142800	\$1.86	0.74%
MAT10078	MALLA ELECT 6 x 6 /4 - 4	m2	\$27.00	1.300000	\$35.10	13.94%
MAT10550	YESO	KG	\$2.00	7.200000	\$14.40	5.72%
MAT10681	DESMOLDANTE	LT	\$9.00	0.201600	\$1.81	0.72%
MAT10919	CARGO POR MOLDE	M2	\$30.00	1.000000	\$30.00	11.91%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$83.17</b>	<b>33.03%</b>

### MANO DE OBRA

MO100001	1.- VACIADO DE CONC.PASTA Y MOLDES	JOR	\$3,523.75	0.019720	\$69.49	27.60%
MO100002	2.-HABILITADO Y COLOCACION DE ACERPO	JOR	\$1,436.12	0.014820	\$21.28	8.45%
MO100004	4.-MOVIMIENTOS EN PLANTA Y EN OBRA	JOR	\$549.71	0.039990	\$21.98	8.73%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$112.75</b>	<b>44.78%</b>

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$112.75	0.030000	\$3.38	1.34%
EQ30003	GRUA VIAJERA	HORA	\$37.80	0.319750	\$12.09	4.80%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$15.47</b>	<b>6.14%</b>

### BASICOS

500002	CONCRETO F'c=250 kg/cm <sup>2</sup>	M3	\$964.74	0.052000	\$50.17	19.92%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$50.17</b>	<b>19.92%</b>
Costo Directo:					<b>\$261.56</b>	

(\* DOSCIENTOS SESENTA Y UN PESOS 56/100 M.N. \*)

Partida:

**Análisis: BAS3000**

Análisis  
No.:  
**PZA**

## OREJAS DE IZADO

### MATERIALES

MAT10001	ALAMBROn fy=2530 kg/cm <sup>2</sup> , No.2	KG	\$11.00	0.950200	\$10.45	60.61%
MAT10042	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$13.00	0.044600	\$0.58	3.36%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$11.03</b>	<b>63.97%</b>

### MANO DE OBRA

MO100002	2.-HABILITADO Y COLOCACION DE ACERO	JOR	\$1,436.12	0.004200	\$6.03	34.98%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$6.03</b>	<b>34.98%</b>

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$6.03	0.030000	\$0.18	1.04%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$0.18</b>	<b>1.04%</b>
Costo Directo:					<b>\$17.24</b>	

(\* DIECISIETE PESOS 24/100 M.N. \*)

Partida:

**Análisis: BAS3001**

Análisis  
No.:  
**ML**

### VARILLA DEL No.3

**MATERIALES**

MAT10007	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> No. 3	KG	\$10.50	0.590400	\$6.20	61.33%
MAT10042	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$13.00	0.027750	\$0.36	3.56%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$6.56</b>	<b>64.89%</b>

**MANO DE OBRA**

MO100002	2.-HABILITADO Y COLOCACION DE ACERPO	JOR	\$1,436.12	0.002400	\$3.45	34.12%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$3.45</b>	<b>34.12%</b>

**EQUIPO Y HERRAMIENTA**

%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$3.45	0.030000	\$0.10	0.99%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$0.10</b>	<b>0.99%</b>

Costo Directo:

\$10.11

(\* DIEZ PESOS 11/100 M.N. \*)

Partida:

Análisis

No.:

Análisis: **BAS3145**

**ML**

### NERVADURA DE CONCRETO $f'_c=250$ CON UNA SECCION DE 0.125x0.15m Y REFUERZO A BASE A ARMEX 15x20-4

**MATERIALES**

MAT10042	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$13.00	0.064200	\$0.83	1.22%
MAT10067	ARMACERO 15x20-4	ML	\$17.40	1.060000	\$18.44	27.14%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$19.27</b>	<b>28.36%</b>

**MANO DE OBRA**

MO100001	1.- VACIADO DE CONC.PASTA Y MOLDES	JOR	\$3,523.75	0.006150	\$21.67	31.90%
MO100002	2.-HABILITADO Y COLOCACION DE ACERPO	JOR	\$1,436.12	0.005100	\$7.32	10.77%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$28.99</b>	<b>42.67%</b>

**EQUIPO Y HERRAMIENTA**

%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$28.99	0.030000	\$0.87	1.28%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$0.87</b>	<b>1.28%</b>

**BASICOS**

BAS0002	CONCRETO $F'_c=250$ kg/cm <sup>2</sup>	M3	\$964.74	0.019500	\$18.81	27.69%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$18.81</b>	<b>27.69%</b>

Costo Directo:

\$67.94

(\* SESENTA Y SIETE PESOS 94/100 M.N. \*)

Partida:

Análisis

No.:

Análisis: **BAS3171**

**ML**

## NERVADURA DE CONCRETO f'c=250 CON UN SECCION DE 0.25x12.5cm. CON DOS ARMEX DE 15x20-4

### MATERIALES

MAT10042	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$13.00	0.128400	\$1.67	1.30%
MAT10067	ARMACERO 15x20-4	ML	\$17.40	2.100000	\$36.54	28.40%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$38.21</b>	<b>29.70%</b>

### MANO DE OBRA

MO100001	1.- VACIADO DE CONC.PASTA Y MOLDES	JOR	\$3,523.75	0.012460	\$43.91	34.12%
MO100002	2.-HABILITADO Y COLOCACION DE ACERPO	JOR	\$1,436.12	0.009390	\$13.49	10.48%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$57.40</b>	<b>44.60%</b>

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$57.40	0.030000	\$1.72	1.34%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$1.72</b>	<b>1.34%</b>

### BASICOS

BAS0002	CONCRETO F'c=250 kg/cm <sup>2</sup>	M3	\$964.74	0.032500	\$31.35	24.36%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$31.35</b>	<b>24.36%</b>
Costo Directo:					\$128.68	

(\* CIENTO VEINTIOCHO PESOS 68/100 M.N. \*)

Partida:

Análisis  
No.:

Análisis: **BAS4000**

**PZA**

## PLACA AHOGADA DE 12x20x5/16"

### MATERIALES

MAT10008	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2 No. 4	KG	\$10.50	2.533800	\$26.60	23.49%
MAT10093	PLACA DE ACERO DE 5/16"	KG	\$13.50	1.568400	\$21.17	18.69%
MAT10684	OXIGENO (PLANTA)	M3	\$42.00	0.082200	\$3.45	3.05%
MAT10686	GAS BUTANO (PLANTA)	KG	\$9.50	0.047700	\$0.45	0.40%
MAT10745	SOLDADURA E-7018	KG	\$21.00	0.298800	\$6.27	5.54%
MAT10766	PINTURA ANTICORROSIVA	LT	\$38.00	0.014900	\$0.57	0.50%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$58.51</b>	<b>51.67%</b>

### MANO DE OBRA

MO100009	9.-HAB. Y SOLDADURA CONECTORES EN PLANTA	JOR	\$549.71	0.080220	\$44.10	38.94%
MO100013	13.-PINTURA CONECTORES EN PLANTA	JOR	\$266.67	0.004520	\$1.21	1.07%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$45.31</b>	<b>40.01%</b>

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$45.31	0.030000	\$1.36	1.20%
EQ030050	EQUIPO DE CORTE	HORA	\$0.78	0.217740	\$0.17	0.15%
EQ030055	PLANTA DE SOLDAR	HORA	\$18.67	0.423320	\$7.90	6.98%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$9.43</b>	<b>8.33%</b>

Costo Directo:

\$113.25

(\* CIENTO TRECE PESOS 25/100 M.N. \*)

Partida:

Análisis  
No.:

Análisis: **BAS6001**

**PZA**



## BARRILETE DE 1" AHOGADO

### MATERIALES

MAT10008	VARILLA No.4	KG	\$10.50	1.435800	\$15.08	12.39%
MAT10292	BARRILETE DIAM. 1"	PZA	\$35.00	1.050000	\$36.75	30.20%
MAT10745	SOLDADURA E-7018	KG	\$21.00	0.441500	\$9.27	7.62%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$61.10</b>	<b>50.21%</b>

### MANO DE OBRA

MO100009	9.-HAB. Y SOLDADURA CONECTORES EN PLANTA	JOR	\$549.71	0.084660	\$46.54	38.25%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$46.54</b>	<b>38.25%</b>

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ030055	PLANTA DE SOLDAR	HORA	\$18.67	0.676760	\$12.64	10.39%
%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$46.54	0.030000	\$1.40	1.15%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$14.04</b>	<b>11.54%</b>

Costo Directo:

\$121.68

(\* CIENTO VEINTIUN PESOS 68/100 M.N. \*)

Partida:

Análisis

No.:

**Análisis: BAS7083**

**M2**

## PASTA ACABADO DE 0.025 m.ESP. MARTEL.

### MATERIALES

MAT10521	ADITIVO PARA RESANES AMERBOND	LT	\$18.00	0.092000	\$1.66	0.82%
MAT10470	CINCEL PARA MARTELINAR	PZA	\$5.00	0.050000	\$0.25	0.12%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$1.91</b>	<b>0.94%</b>

### MANO DE OBRA

MO100001	1.- VACIADO DE CONC.PASTA Y MOLDES	JOR	\$3,523.75	0.008090	\$28.51	14.06%
MO100005	5.-RESANES EN PLANTA	JOR	\$473.22	0.081480	\$38.56	19.02%
MO100010	10.-MARTELINADO, PICOLETEADO	JOR	\$245.56	0.154270	\$37.88	18.68%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$104.95</b>	<b>51.76%</b>

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$104.95	0.030000	\$3.15	1.55%
EQ030080	COMPRESOR 15 HP. MOTOR ELECT.	HORA	\$30.36	0.411380	\$12.49	6.16%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$15.64</b>	<b>7.71%</b>

### BASICOS

BAS0134	PASTA C.B-C.F.A.-G.M.A.	M3	\$2,739.20	0.029300	\$80.26	39.58%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$80.26</b>	<b>39.58%</b>

Costo Directo:

\$202.76

(\* DOSCIENTOS DOS PESOS 76/100 M.N. \*)

Partida:

Análisis

No.:

**Análisis: BAS60571**

**M2**

## TRANSPORTE DE PRECOLADOS A OBRA

### MANO DE OBRA

MO100004	4.-MOVIMIENTOS EN PLANTA Y EN OBRA	JOR	\$549.71	0.020150	\$11.08	11.99%
----------	------------------------------------	-----	----------	----------	---------	--------

**SUBTOTAL: MANO DE OBRA** \$11.08 **11.99%**

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ30003	GRUA VIAJERA	HORA	\$37.80	0.162500	\$6.14	6.65%
EQ30211	FLETE PLANTA A OBRA	VIAJ	\$15,000.00	0.021380	\$320.70	347.15%
%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$11.08	0.030000	\$0.33	0.36%

**SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA** \$327.17 **354.16%**

Costo Directo: \$338.25

(\* TRESCIENTOS TREINTA Y OCHO PESOS 25/100 M.N. \*)

Partida: Análisis  
No.:

**Análisis: BAS61532** **PZA**

## MONTAJE DEPRECOLADOS CON GRUA

### MANO DE OBRA

MO100006	6.-MONTAJE Y NIVELACION EN OBRA	JOR	\$1,062.76	0.457350	\$486.05	34.13%
----------	---------------------------------	-----	------------	----------	----------	--------

**SUBTOTAL: MANO DE OBRA** \$486.05 **34.13%**

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$486.05	0.030000	\$14.58	1.02%
EQ030062	TIRFOR DE 3 TON.	HORA	\$0.61	18.293890	\$11.16	0.78%
EQ30062	GRUA HIDRAULICA 15 TON.	HORA	\$467.86	1.949640	\$912.16	64.06%

**SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA** \$937.90 **65.86%**

Costo Directo: \$1,423.95

(\* UN MIL CUATROCIENTOS VEINTITRES PESOS 95/100 M.N. \*)

Partida: Análisis  
No.:

**Análisis: BAS62115** **PZA**

## CONECTOR FIJO 2 ( ) 3" x0.40m.

### MATERIALES

MAT10165	CANAL DE 3" (6.10 Kg/m)	KG	\$12.00	5.124000	\$61.49	34.24%
MAT10685	OXIGENO (OBRA)	M3	\$42.00	0.060500	\$2.54	1.41%
MAT10687	GAS BUTANO (OBRA)	KG	\$9.50	0.035100	\$0.33	0.18%
MAT10745	SOLDADURA E-7018	KG	\$21.00	0.591000	\$12.41	6.91%
MAT10766	PINTURA ANTICORROSIVA	LT	\$38.00	0.036800	\$1.40	0.78%

**SUBTOTAL: MATERIALES** \$78.17 **43.52%**

### MANO DE OBRA

MO100007	7.-HAB. Y SOLDADURA CONECTORES EN OBRA	JOR	\$797.98	0.113180	\$90.32	50.30%
----------	--	-----	----------	----------	---------	--------

MO100014	14.-PINTURA CONECTORES EN OBRA	JOR	\$266.67	0.020250	\$5.40	3.01%
----------	--------------------------------	-----	----------	----------	--------	-------

**SUBTOTAL: MANO DE OBRA** \$95.72 **53.31%**

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ030050	EQUIPO DE CORTE	HORA	\$0.78	0.096860	\$0.08	0.04%
EQ030056	PLANTA DE SOLDAR / OBRA	HORA	\$3.39	0.808930	\$2.74	1.53%
%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$95.72	0.030000	\$2.87	1.60%

**SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA** \$5.69 **3.17%**

Costo Directo: \$179.58

(\* CIENTO SETENTA Y NUEVE PESOS 58/100 M.N. \*)

Partida: Análisis  
No.:

**Análisis: BAS62501** **PZA**



## CONECTO MOVIL < 4"x4"x5/16"x0.30

### MATERIALES

MAT10133	ANGULO DE ACERO 4"x4"x5/16"	KG	\$11.00	3.843000	\$42.27	19.88%
MAT10302	PERNO ROSCADO DIAM. 1"x1.00 m.	PZA	\$92.00	0.525000	\$48.30	22.71%
MAT10338	TUERCA DIAM. 1"	PZA	\$8.00	2.100000	\$16.80	7.90%
MAT10351	RONDANA PLANA 1"	PZA	\$2.00	4.200000	\$8.40	3.95%
MAT10685	OXIGENO	M3	\$42.00	0.075700	\$3.18	1.50%
MAT10687	GAS BUTANO	KG	\$9.50	0.056700	\$0.54	0.25%
MAT10745	SOLDADURA E-7018	KG	\$21.00	0.166000	\$3.49	1.64%
MAT10752	RONDANA DE NEOPRENO DE 1" DIAM.	PZA	\$10.00	2.100000	\$21.00	9.87%
MAT10766	PINTURA ANTICORROSIVA	LT	\$38.00	0.037300	\$1.42	0.67%

**SUBTOTAL: MATERIALES** **\$145.40** **68.37%**

### MANO DE OBRA

MO100007	7.-HAB. Y SOLDADURA CONECTORES EN OBRA	JOR	\$797.98	0.066730	\$53.25	25.04%
MO100014	14.-PINTURA CONECTORES EN OBRA	JOR	\$266.67	0.039760	\$10.60	4.98%

**SUBTOTAL: MANO DE OBRA** **\$63.85** **30.02%**

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ030050	EQUIPO DE CORTE	HORA	\$0.78	0.120410	\$0.09	0.04%
EQ030056	PLANTA DE SOLDAR / OBRA	HORA	\$3.39	0.414050	\$1.40	0.66%
%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$63.85	0.030000	\$1.92	0.90%

**SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA** **\$3.41** **1.60%**

Costo Directo:

\$212.66

(\* DOSCIENTOS DOCE PESOS 66/100 M.N. \*)

Partida:

Análisis

No.:

**Análisis: BAS63001**

**M2**

## LAVADO DE PRECOLADOS

### MATERIALES

MAT10521	ADITIVO PARA RESANES AMERBOND	LT	\$18.00	0.092000	\$1.66	3.68%
MAT10570	AGUA	M3	\$8.15	0.002000	\$0.02	0.04%
MAT10795	DETERGENTE	KG	\$15.00	0.059000	\$0.89	1.97%

**SUBTOTAL: MATERIALES** **\$2.57** **5.69%**

### MANO DE OBRA

MO100008	8.-RESANES EN OBRA	JOR	\$529.05	0.074620	\$39.48	87.52%
----------	--------------------	-----	----------	----------	---------	--------

**SUBTOTAL: MANO DE OBRA** **\$39.48** **87.52%**

### EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ030072	HAMACA	HORA	\$1.69	0.596980	\$1.01	2.24%
EQ30090	EQUIPO HIDROLIMPIEZA	HORA	\$5.83	0.149240	\$0.87	1.93%
%MO00001	HERRAMIENTA MENOR.	%MO	\$39.48	0.030000	\$1.18	2.62%

**SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA** **\$3.06** **6.79%**

Costo Directo:

\$45.11

(\* CUARENTA Y CINCO PESOS 11/100 M.N. \*)

## 6. ¿Sustentables?

**“El desarrollo actual de la actividad humana no debe estar comprometida con la posibilidad de que las próximas generaciones puedan seguir desarrollándola”<sup>44</sup>.**

Este concepto tiene una gran profundidad ya que la acción de consumir hay que entenderla como cualquier disminución o perjuicio de los recursos disponibles, entroncando de este modo y de forma directa, cualquier actividad con pretensiones de desarrollarse debe aunar, a la satisfacción de una necesidad requerida por la sociedad, unas condiciones que merezcan una valoración positiva de su desarrollo. Por lo tanto, la sostenibilidad es una expresión de responsabilidad social que tiene que ver con el ahorro de los recursos naturales no renovables, con el respeto al medio ambiente y que se aplica en el tiempo.

Forman parte de ella:

Aspectos de ahorro (energético, de recursos naturales, etc.), medioambientales (control de emisión de gases de efecto invernadero, valorización de residuos, etc.)

Aspectos sociales (generación de empleo, seguridad y salud en el trabajo, etc.).

Aspectos económicos (productividad, eficiencia en la accesibilidad al producto, etc.).

Cuando el producto final a considerar es una construcción de concreto cabe plantear el siguiente balance de consumos e impacto ambiental. A corto plazo, durante:

La obtención de materias primas.

La producción del concreto.

La ejecución de la construcción.

A largo plazo, durante:

La vida de servicio, es decir el balance de consumos del usuario durante la utilización de la construcción la evaluación y el mantenimiento de dicha construcción.

La deconstrucción o demolición de la construcción, después de su vida útil, ya obsoleta e inservible.

El reciclado de los residuos propios de la demolición que, de este modo, se aprovechan.

La sustentabilidad de las construcciones, el balance de consumos e impacto ambiental a corto plazo, resulta que es inferior al balance realizado a largo plazo en consecuencia el resultado de dicha cuantificación es que el concreto es un material adecuado para una construcción más sostenible porque:

---

<sup>44</sup> Manuel Burón, De la Sostenibilidad, Revista del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., Febrero 2008. [www.imcyc.com/ct2008/index.htm](http://www.imcyc.com/ct2008/index.htm) Pagina Consultada el Noviembre del 2009.

Proporciona inercia térmica y reduce la demanda energética de la construcción.  
Proporciona a la construcción una vida útil muy elevada.  
Proporciona una elevada resistencia última al fuego, aumentando la seguridad de las personas y de los patrimonios

Ofrece un aislamiento acústico suficiente para asegurar el confort del usuario, ahorrando el consumo de otros materiales.  
Reduce los gastos de conservación y mantenimiento, durante la vida útil de la construcción, a valores irrelevantes.  
Al final de su vida útil, es reciclable, pudiendo formar parte, como material granular reciclado, de nuevas construcciones.

La sostenibilidad del prefabricado, como elemento constructivo como tal se podrá lograr mejorando los procesos de obtención de las materias primas y el proceso de producción, es una forma positiva de contribuir a alcanzar una mayor sostenibilidad del elemento siempre y cuando

Se utilicen cementos con adiciones.

Se utilicen cementos obtenidos por procesos que incorporen materias primas que produzcan menos emisiones de CO<sub>2</sub>. • Se usen cementos obtenidos por procesos que incorporen materias primas que necesiten menos temperatura de cocción se utilicen cementos obtenidos consumiendo menos energía proporcionada por combustibles primarios (fósiles), empleando combustibles alternativos no fósiles.

Se recuperen zonas de cantera, después de realizar en ellas las correspondientes actividades de tipo extractivo.

Se utilice para la fabricación del concreto, agua reciclada.

El curado del concreto cuando se realice por medio de agua, tratar de juntar lo que no es absorbida por el concreto y volverla a utilizar, las aguas de lluvia que se puedan recolectar en el transcurso del año en la planta de producción

**En México, la construcción industrializada no se debe considerar como sustituta de la tradicional; ambas formas deben entenderse y complementarse ofrecer soluciones alternativas, los constructores y diseñadores no se preocupan por conocer nuevas tecnologías constructivas ya que disponen de una mano de obra barata casi esclavizada que satisface sus necesidades de construcción. Uno de los fines de la industrialización es proporcionar a los trabajadores un salario que les permita un nivel de vida aceptable**

Nuestro país impone grandes retos en lo que a construcción se refiere. La construcción industrializada es una alternativa que implica para nosotros, ingenieros y arquitectos, la necesidad de conocer e involucrarnos con estas nuevas tecnologías y adaptarlas a nuestras necesidades y recursos. La industrialización de los procesos de construcción dependerá de los materiales, nuestra inquietud deberá ser encontrar un nuevo material de construcción, inventar un material apto para ser producido y trabajado industrialmente, y que sea aislante de la humedad, del calor y del ruido. Debe ser un material ligero, que no sólo permita sino que exija una producción industrial.

Existe una gran variedad de propiedades que abarcan los distintos tipos de concretos más utilizados. Aunque todavía queda bastante por investigar, en algunos de ellos existe una gran proporción de aptitudes ya desarrolladas y disponibles.

**La idea del concreto como de un material único, de bajo contenido tecnológico y utilizado por mano de obra escasamente calificada, debe rechazarse. El técnico competente dispone para cada tipo de utilización distintos tipos de concreto y de calidades, sin olvidar las variedades de cemento y de aditivos disponibles.**

Los prefabricados deberán disponer de etiquetas inteligentes con detalles 3D para facilitar el desmontaje y remontaje, las cuales funcionan en caso de una sobrecarga o daño, también como transmisor para el director de la planta, y el control de su proceso de fabricación

Todo lo que se construya hoy de elementos prefabricados de concreto tendrán una vida útil de más de 50 años, probablemente más de 100 años. Estos edificios y otro tipo de estructuras se usarán en un mundo muy diferente al actual. Si comprobamos lo que vendemos y esto implica un pensamiento estratégico serio y una planificación estaremos en condiciones de mejorar nuestras construcciones.

Los Concretos Ligeros, surgen de toda esta necesidad de crear materiales novedosos y que cubran las necesidades de vida útil como la había mencionado y no solo eso si no de altas resistencias en cortos tiempos, requisitos de seguridad estructural y que puedan ser estético. Creando así una demanda continúa de materiales de construcción altamente resistente, capaz de satisfacerlos cada vez más estrictos requerimientos estructurales y funcionales.

La construcción se encuentra en constantes búsqueda de insumos para la rápida fabricación, mas livianos, de fácil instalación, con altas resistencias mecánicas, con buenas resistencias al ambiente y alta relación costo / beneficio, para así establecer sistemas de construcción mas seguros, económicos, resistentes y duraderos, con alta compensación de acuerdo con la inversión efectuada.

Es así como llegan los llamados Materiales Compuestos que ofrecen altas resistencias y rigidez, pueden adaptarse mejor a geometrías muy complejas, lo que actual mente se esta necesitando en el mercado con un peso muy ligero pero con soluciones muy innovadoras.

A este tipo de materiales se tendrá que tener en cuenta que los efectos ambientales generan daños, ya que son susceptibles al registrar alteraciones en su comportamiento en las siguientes situaciones, exposición al aire húmedo, o a un líquido, degradación debido a los rayos ultravioleta, ataques químicos etc.

Las propiedades del material son muy sensibles a la calidad del proceso de fabricación. El conjunto de procedimiento que se realiza antes, durante y después de la fabricación para asegurar la calidad, influye significativamente en el costo final del producto.

Otro punto a considerar serán las pruebas de laboratorio a este tipo de elementos, ya que como no existe ninguna norma mexicana que establezca pruebas de resistencia mecánica a elementos prefabricados con materiales compuestos, se tendrán que ir diseñando por métodos de prueba y error y registrar resultados para poder dar las bases y se empiecen crear normas a este tipo de elementos.

De los resultados que pudimos obtener de las pruebas realizadas a las muestra podemos concluir lo siguiente. Presenta una interfaz compacta formada por una capa de resina que envuelve los áridos. Por lo tanto el concreto polimérico presenta una alta continuidad de transferencia de cargas. La porosidad cerrada presente en este concreto hace de el un atractivo material de gran durabilidad. La continuidad de la microestructura, facilita la protección de los elementos de concreto polimérico contra los agentes atmosféricos, la corrosión los ataques químicos, con la utilización de las cargas. Las ventajas de sus propiedades mecánicas comparadas con las de los concretos tradicionales resistencia a la compresión 3 veces mayor la del concreto polimérico, y resistencias mínimas a flexión.

## Glosario de Términos

ACI: Concreto de Alto Desempeño

Acelerante: Compuesto o agente empleado para activar la reacción de polimerización de un plástico termo fijó.

Docilidad: La aptitud de un concreto para ser empleado en una obra determinada; para que un concreto tenga docilidad, debe poseer una consistencia y una cohesión adecuada, así, cada obra tiene un concepto de docilidad, según sus medidas y características:<sup>45</sup>

Cargas: Material inerte agregado a una mezcla de plástico (resina) con el fin de dar volumen, reducir costo, modificar propiedades mecánicas, impartir color, mejorar textura superficial.

Catalizador: Sustancia activa que acelera una reacción química sin entrar en ella.

Concreto arquitectónico: Es aquel que queda expuesto en su superficie interior o exterior dentro de una estructura

Cinders: Son residuos de la combustión de alta temperatura del carbón o coquizan en hornos industriales

Concreto: contiene cemento Portland, agua y relleno mineral como arena y agregado. Cuando el cemento se hidrata, los ingredientes se ligan para formar una matriz sólida.

Coordinación modular: Es el uso de elementos de construcción con medidas basadas en un modulo.

Componente: Unidad simple o compuesta que forma parte de un edificio

Compuestos: Los materiales compuestos o plásticos reforzados se obtienen mediante la combinación de una resina termofraguante como el poliéster o las epoxídicas (epoxídicas) con un refuerzo a base de fibra de vidrio, fibra de carbono, tejido u otros. Esta combinación confiere a las manufacturadas características particulares de resistencia mecánica.

Concreto polimérico: se refiere al material que resulta del mezclado de los agregados con resinas como único aglomerante.

Cristalinidad: Alineamiento de una molécula en una disposición regular para la cual se puede describir una celda unitaria.

Desmoldante: Material o sustancia que al impedir el contacto directo entre el molde y la resina de lámina, evita la adhesión y facilita la extracción del molde.

Densidad: Es la masa de un cuerpo por unidad de volumen

El decímetro cúbico es una unidad de volumen. Corresponde con el volumen de un cubo de un decímetro de lado. Equivale a la milésima parte de un metro cúbico y también a un litro.

Durabilidad: la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto.

Fibra de Vidrio: Serie de fibras que están tejidas y unidas por medio de un aglutinante como las fibras textiles, esto a base de estiramiento de vidrio fundido hasta lograr diámetros inferiores a una centésima de milímetro

---

<sup>45</sup> Características del Concreto, [www.arqhys.com/agua-concreto.html](http://www.arqhys.com/agua-concreto.html), pagina consultada Mayo 2009



Grado de polimerización: Peso molecular de un polímero dividido por el peso molecular de la unidad de repetición

Gelcoats: Capa superficial de resina en un laminado de plástico reforzado, esta capa proporciona el acabado impartiendo resistencia química al intemperie.

IMCYC: Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto

Industrialización: La Industria, es un conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales.

Iniciador: Material que al añadirlo a un monómero inicia la polimerización

Junta: Espacio que queda entre dos componentes ya colocados.

Modulo Básico: Unidad de medida, de tamaño fijo a la cual se refiere todas las medidas que forman parte de un sistema de coordinación modular.

Modulo de Diseño: Unidad de medida mayor formada por múltiplos del modulo básico

Mohs: escala es una relación de diez materiales ordenados en función de su dureza de menor a mayor. Se utiliza como referencia de la dureza de una sustancia.

Mano de obra: Es la fuerza de trabajo

Monómero: La misma unidad de un mero que esta sola, es decir, que no es parte de un polímero.

Mezclado: Mezcla íntima mecánica de varios polímeros.

"Megapascal (MPa), esto es  $10^6$ , equivale al  $N/mm^2$ . Se utiliza generalmente para cálculo de cimentaciones y secciones resistentes en estructuras, donde las resistencias suelen darse en  $N/mm^2$  y las tensiones o esfuerzos sobre el terreno en MPa."<sup>46</sup>

1 MPa = 1 000 000 Pa

1 MPa = 1  $N/mm^2$

1 MPa = 10,197  $kgf/cm^2$

Permeabilidad: es una propiedad que permite la filtración de un fluido, a través de sus espacios interconectados

Peso Específico: Es el peso de la unidad de volumen

Prefabricación: Empleo racional del diseño, materiales, equipos mecánicos de producción, transporte y montaje, para producir en series repetitivas fuera de la obra.

Precolado: Elementos hechos a base de concreto dentro de la obra, pero fuera de su destino final de servicio.

Polímero: "Molécula formada por grupos estructurales repetitivos o meros"<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup> Pascal (unidad) - Wikipedia, la enciclopedia libre

10<sup>-6</sup> Pa,  $\mu$ Pa, micropascal, 10<sup>6</sup> Pa, MPa, megapascal. 10<sup>-9</sup> Pa, nPa, nanopascal, 10<sup>9</sup> Pa, GPa ... El megapascal (MPa), esto es 10<sup>6</sup>, equivale al  $N/mm^2$ . [www.es.wikipedia.org/wiki/Pascal\\_\(unidad\)](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Pascal_(unidad)), Pagina consultada noviembre 2009.

Plástico termoestable: polímero que se estabiliza en una red rígida

Polímero lineal: Polímero en el cual las unidades de repetición se unen en línea en lugar de formar redes.

Poliámidas: Las poliamidas se trabajan con casi todas las técnicas en uso para los materiales termoplásticos

Recubrimiento: definido como "la distancia entre la superficie exterior del acero de refuerzo (incluyendo anillos y estribos) y la superficie del concreto más cercana

Resina poliéster: Es un poliéster insaturado a base de ácido ortoftálico, tereftálico o isoftálico con un alto contenido de moléculas unitarias que son capaces de reaccionar con otras parecidas o diferentes para la formación de un polímero,

Reticula Modular: Red de líneas en ángulo recto a una distancia igual al tamaño del módulo básico.

Sostenible: "Conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos, protección y conservación del medio ambiente"<sup>48</sup>

Tolerancia de trabajo: Máximo error de medida permitido

Termoplástico: Alto polímero que fluye y se funde cuando se calienta

Viscosidad: Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales.

#### Abreviaciones Utilizadas

POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD – PEBD  
POLIETILENO ALTA DENSIDAD – PEAD  
POLIPROPILENO – PP  
POLICLORURO DE VINILO – PVC  
POLIESTIRENO – PS  
POLIACETATO DE VINILO – PVAc  
POLIMETACRILATO DE METILO – PMMA  
POLIAMIDAS – PA  
POLIETILENTEREFTALATO – PET  
POLIESTERES INSATURADOS – UP

---

<sup>47</sup> Finn Trojan, Materiales para Ingenieros y sus aplicaciones, Edit. Mac Graw-Hill, 1980 , pag. 305-332

<sup>48</sup> Alberto Muciño, Artículo Concreto Nanotecnológico, Revista Razón y Palabra, Num. 68 , Pagina consultada el 23 de Junio del 2009. <http://www.razonypalabra.org.mx/N/n68/1amucino.html>

- 1.-ROSMALÉN JAN, Van, "La prefabricación y su aplicación al diseño arquitectónico", tesis para obtener el grado de maestro en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México de 1984.
- 2.-HERACLIO ESQUEDA HUIDROBO, Concreto arquitectónico, IMCYC, 1996
3. MARUSIN, S.L., "Ancient concrete structures", Concrete International, enero de 1996, pp. 56-58.
4. WEIGLER H. y S. KARL, "Hormigones ligeros armados", Gustavo Gili, 1974.
5. Eurocódigo 2 - Proyectos de estructuras de hormigón Parte 1-4: Reglas Generales. Hormigón de Árido Liger de Textura Cerrada UNE-ENV 1992-1-4, abril de 1996.
6. CZARNECKI, L., "The status of polymer concrete", Concrete International, julio de 1985.
7. FOWLER, D. W., "Structural design of polymer concrete", Thirth Southern African Conference on Polymers in Concrete, Johannesburg, Sudáfrica, 15-17, julio de 1997.
9. ZOLLO, R., "Fiber-reinforced concrete: an overview after 30 years of development", Cement and Concrete Composites 19, 1997 pp. 102-122.
10. NEVILLE, Tecnología del Concreto, Edot. IMCYC, 1977
11. GÁLLIGO, J. M y Ma.P ALAEJOS, "Hormigón de alta
13. DUGAT, J., N. ROUX y G. BERNIER, "Mechanical properties of reactive powder concretes", Materials and Structures, mayo de 1996.
14. L.C. HOLLAWAY.and D.R. HEAD, Advanced Polymer Composites and Polymers in the Civil Infraestructuras, Edit. Elsevier, 2001
15. AL-MANASEER A. A. y T.R. DALAL, "Concrete containing plastic aggregates", Concrete International, agosto de 1997.
16. JAMES, F. SHAKELFORD, Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros, Edith. Pearson, 2005
17. TOUTANJI, N.A.: "The use of rubber tire particles in concrete to replace mineral aggregates", Cement and Concrete Composites 18, 1996.
- 18.- FIMN TROJAN, Materiales para Ingenieros y sus aplicaciones, Edit. Mac Graw-Hill, 1980, pag. 305-332
- 19.- LUIS BILURBINA Y FRANCISCO LIESA, Materiales no metálicos resistentes a la corrosión, Edit. Marcombo,
- 20.- GUNERY AKOVAL, Polimers in Construction, Edit. Rapra Technology limited, 2005
- 21.- IX Congreso Nacional de Polímeros, Sociedad Polimerica de Mexico, A.C. Centro de Investigación en Química Aplicada, Octubre 1999.
- 22.- ANTONIO MIRAVETE, Materiales Compuestos, Tomo I, II .Edit. Antonio Miravete, 2000

## PAGINAS DE INTERNET

- 1.- Kyösti Tuutti y Lars-Olaf Nilsson, Durabilidad del Concreto, Revista del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Pagina consultada en marzo del 2008.  
[www.imcyc.com/revista/1998/junio/constru.htm](http://www.imcyc.com/revista/1998/junio/constru.htm).
- 2.- Arq. Adrián Reyes, Todo en Uno, Revista del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2002, Pagina Consultada en Noviembre del 2008.  
<http://www.imcyc.com/cyt/diciembre02/todo.htm>
- 3.- Revista Construcción y Tecnología, Prefabricación,  
<http://www.imcyc.com/ct2008/index.htm>, Pagina Consultada Septiembre del 2008.
- 4.- Kurt Hermann, Colado del concreto a altas temperaturas, Revista del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Pagina Consultada en Noviembre de 2008.  
<http://www.imcyc.com/revista/2001/abril2001/colado.htm>
- 5.- La Industrialización y el Empresario,  
<http://www.monografias.com/trabajos5/induemp/induemp.shtml>.
- 6.-Kakaroto I. Concreto, monografias.com,  
<http://www.monografias.com/trabajos4/concreto/concreto.shtml>. Pagina consultada el 22 de septiembre del 2009.
- 7.- OCAMPO RUIZ, Ernesto, Artículo Nanotecnología y Arquitectura, Revista del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., Febrero 1998.
- 8.- Martínez Dircio Javier, México y la construcción industrializada,  
<http://www.imcyc.com/revista/1998/junio/constru.htm>, Pagina consultada 26 de octubre del 2008
- 9.- Construcción industrializada. <http://arkimia.nireblog.com/post/2007/12/20/construccion-industrializada>
- 10.- 100 años de industrialización de la construcción, pabloaretxabala 14-06-2007 GTM 1 @ 10:17 Tags: Industrialización Construcción mies,  
<http://hontza.nireblog.com/post/2007/06/14/100-anos-de-industrializacion-de-la-construccion>
- 11.- Avances en Tecnología de Concreto, MCI. José Antonio Tena Colunga,  
<http://www.imcyc.com/revista/1998/mayo/avmay98.htm>
- 12.- Superconcretos, un concreto de origen nuclear, Mireya Perez,  
[www.imcyc.com/ct2008/abr08/tecnologia.htm](http://www.imcyc.com/ct2008/abr08/tecnologia.htm) - 23k -
- 13.- Nuevas Generaciones de Materiales para la Construcción, gracias a la Nanotecnología, Cognoscible Technologies, <http://www.cognoscibletechnologies.com/es/prensa/noticias/nanotecnologia-divulgacion>. Pagina Consultada Mayo del 2009.
- 14.-Proyecto Microcad, Micro concreto de Alto Desempeño  
<http://www.microconcreto.net/main.html>, pagina consultada septiembre 2009.

15.- Fibra y micro concreto, En el caso del micro concreto (MC) se emplea árido fino en lugar de fibra. Este es uno de los materiales más nuevos empleados para viviendas de bajo costo.

...

[www.sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/.../SK01MS0A.HTM](http://www.sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/.../SK01MS0A.HTM), pagina consultada en septiembre del 2009.

16.- Pascal (unidad) - Wikipedia, la enciclopedia libre,  $10^{-6}$  Pa,  $\mu$ Pa, micropascal, 10<sup>6</sup> Pa, MPa, megapascal.  $10^{-9}$  Pa, nPa, nanopascal, 10<sup>9</sup> Pa, GPa ... El megapascal (MPa), esto es 10<sup>6</sup>, equivale al N/mm<sup>2</sup>. [http://www.es.wikipedia.org/wiki/Pascal\\_\(unidad\)](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Pascal_(unidad)), Pagina consultada noviembre 2009.

17.-Trans Material, Amazon.com: Transmaterial 2: A Catalog of Materials That Redefine,Amazon.com: Transmaterial 2: A Catalog of Materials That Redefine Our Physical Environment (9781568987224): Blaine Brownell: Books. [www.amazon.com](http://www.amazon.com)

18.- Polímeros - Monografias.com, Concepto y clasificación; Tipos de Polímeros Más Comunes; Polímeros termoplásticos; Resinas termofijas; Homopolímeros y copolímeros; Los Lubricantes y los [www.monografias.com/trabajos14/.../polimeros.shtml](http://www.monografias.com/trabajos14/.../polimeros.shtml), pagina consultada octubre 2009.

19.- Efectos Ambientales en los Composites. Temperatura y Humedad,.El material compuesto usado en una zona específica de la estructura ... de una tensión térmica debida a los cambios de temperatura.[ingeneriademateriales.wordpress.com/.../efectos-ambientales-en-composites-temperatura-y-humedad/](http://ingeneriademateriales.wordpress.com/.../efectos-ambientales-en-composites-temperatura-y-humedad/) .

<http://ingeneriademateriales.wordpress.com/2009/07/18/efectos-ambientales-en-composites-temperatura-y-humedad/>, pagina consultada 18 de julio del 2009

20.- Análisis y Caracterización, [www.sc.ehu.es/iawfemaf/archivos/materia/00017124.htm](http://www.sc.ehu.es/iawfemaf/archivos/materia/00017124.htm). Pagina consultada el 21 octubre del 2009.

