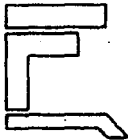


00164  
2  
20j



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

TESIS QUE PRESENTA  
EL ARQ. MARTIN YAÑEZ MOLINA  
PARA OBTENER EL  
GRADO DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA -TECNOLOGÍA.  
CON EL TITULO DE :  
TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ARQUITECTÓNICO APARENTE



U.N.A.M.  
ABRIL DE 1995

FALLA DE ORIGEN



## **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 está 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.

**SINODALES:**

**M. en Arq. Francisco Reyna Gómez**

**M. en Arq. Gabriel Mérito Basurto**

**M. en Arq. Enrique Sanabria Atilano**

**M. en Arq. Gemma Verduzco Chirino**

**Arq. Carlos González Lobo**

## INDICE

---

<b>PROLOGO</b>	7
<b>I. INTRODUCCION</b>	10
<b>II. ¿POR QUE CONCRETO ARQUITECTONICO?</b>	11
II.1. El concreto como medio de expresión	
II.2. El concreto aparente en este siglo	
<b>III. TECNOLOGIA PARA OBRAS DE CONCRETO CON TERMINADO APARENTE</b>	22
<b>III.1. Cimbra</b>	
III.1.1. Definición	
III.1.2. Aspectos generales	
III.1.3. Materiales	
III.1.3.1. Madera	
III.1.3.2. Triplay	
III.1.3.3. Acero	
III.1.3.4. Aluminio y magnesio	
III.1.3.5. Plásticos	
III.1.4. Requisitos de la cimbra	
III.1.5. Texturas y patrones	
III.1.5.1. Marcas de la cimbra	
III.1.5.2. Cimbras con forros especiales	
III.1.5.3. Forros para la cimbra	
III.1.6. Junteo	
III.1.6.1. Juntas para la cimbra	
III.1.6.2. Rebabas	
III.1.7. Seguros para las cimbras	
III.1.7.1. Agujeros	
III.1.7.2. Accesorios para la cimbra	
III.1.7.3. Remoción de los amarres	
III.1.8. Recubrimientos o selladores para la cimbra	
III.1.8.1. Función	
III.1.8.2. Tipos de recubrimiento o sellador	
III.1.8.3. Agentes descimbrantes	
III.1.8.4. Influencia de los materiales de la cimbra	

- 
- III.1.9. Descimbrado
    - III.1.9.1. Aspectos generales
    - III.1.9.2. Protección del concreto
    - III.1.9.3. Esquinas y líneas con borde agudo
    - III.1.9.4. Choque térmico
    - III.1.9.5. Procedimientos para el descimbrado
  - III.2. Materiales que se utilizan en la elaboración del concreto**
    - III.2.1. Cemento
      - III.2.1.1. Cemento Portland
        - III.2.1.1.1. Cemento Portland Normal
        - III.2.1.1.2. Cemento Portland de fraguado rápido
        - III.2.1.1.3. Cemento Portland de fraguado extra rápido
        - III.2.1.1.4. Cemento Portland de ultra alta resistencia
        - III.2.1.1.5. Cemento Portland de bajo calor
        - III.2.1.1.6. Cemento modificado
        - III.2.1.1.7. Cemento resistente a los sulfatos
        - III.2.1.1.8. Cemento Portland de escoria de alto horno
        - III.2.1.1.9. Cemento Portland puzolana
        - III.2.1.1.10. Cemento blanco
      - III.2.1.2. Cementos especiales
      - III.2.1.3. Cemento coloreado
    - III.2.2. Agregados fino y grueso
      - III.2.2.1. Granulometría abierta
    - III.2.3. Acero de refuerzo
    - III.2.4. Agua
    - III.2.5. Aditivos
      - III.2.5.1. Agentes inclusores de aire
      - III.2.5.2. Aditivos acelerantes
      - III.2.5.3. Aditivos reductores de agua y retardantes de cimbrado
      - III.2.5.4. Aditivos minerales y puzolanas
      - III.2.5.5. Pigmentos y aditivos pigmentados
        - III.2.5.5.1. Materiales para pigmentos
        - III.2.5.5.2. Efecto
        - III.2.5.5.3. Requisitos generales
  - III.3. Dosificación y mezclado del concreto en obra**
    - III.3.1. Resistencia
    - III.3.2. Dosificación
    - III.3.3. Mezcla del concreto
      - III.3.3.1. Mezclado estacionario
      - III.3.3.2. Concreto premezclado

---

III.3.3.3. Transporte y manejo del concreto

**III.4. Colado y compactación**

III.4.1. Colado

III.4.1.1. Temperatura

III.4.1.2. Compactado

III.4.2. Vibrado

III.4.3. Curado

III.4.3.1. Concreto blanco y de color

**III.5. Concreto arquitectónico con acabado aparente**

III.5.1. Texturas a partir de la cimbra

III.5.1.1. Acabados lisos

III.5.1.2. Acabados con textura

III.5.1.2.1. Cimbra de madera

III.5.1.2.2. Cimbra metálica

III.5.2. Forros

III.5.3. Patrones estampados

III.5.4. Acabado con agregado expuesto

III.5.4.1. Chorro de arena y de agua

III.5.4.2. Lavado con esponja

III.5.4.3. Martelinados o fracturados

III.5.4.3.1. Martelina

III.5.4.3.2. Punteado

III.5.4.3.3. Picado

III.5.4.3.4. Cincelado

III.5.5. Selladores y pinturas

III.5.6. Decoloraciones e imperfecciones

III.5.7. Aplanados de morteros

III.5.7.1. Fino

III.5.7.2. Mediano

III.5.7.3. Grueso

III.5.8. Morteros de color

III.5.9. Concreto lanzado

III.5.9.1. Muros de contención

III.5.9.2. Muros y losas

**III.6. Especificaciones de diseño**

III.6.1. Características arquitectónicas

III.6.1.1. Criterios generales de aceptación

III.6.2. Medición

III.6.3. Acabados

III.6.4. Diseño arquitectónico

---

III.6.4.1. Criterios generales	
III.6.4.2. Detalles de diseño arquitectónico	
III.6.5. Especificaciones	
<b>III.7. Control de calidad</b>	
III.7.1. En la cimbra	
III.7.2. En la selección de materiales	
III.7.3. En el acabado aparente	
III.7.4. Planeamiento de la obra	
<b>IV.CONCLUSION</b>	<b>110</b>
<b>IV.1. Hacia el futuro</b>	
<b>V. INDICE DE FOTOGRAFIAS</b>	<b>115</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>117</b>

## PROLOGO

---

Mi primera experiencia con el concreto aparente fue en el año de 1977, cuando entré a trabajar en el despacho del arquitecto Alejandro Caso para participar en la realización del proyecto de las Oficinas Administrativas de la Planta Nucleo-eléctrica de Laguna Verde de la C.F.E. en el estado de Veracruz. Al iniciarse la obra el Arquitecto Caso encargó la realización de diferentes muestras para así poder escoger el concreto por él imaginado. El concreto aparente que se quería conseguir era similar al de una roca metamórfica donde el color del concreto fuera el color de la arena de mar y los agregados fueran conchitas marinas.

En el lugar había un laboratorio de materiales de la C.F.E., que se complementaba con el laboratorio de la Ciudad de México, así que se comenzó con hacer dosificaciones de las mezclas que podrían semejar a ese concreto con arena de mar, cemento, grava del lugar, conchitas y agua potable.

El resultado fue interesante. Para lograr la textura, el martelinado rompía las conchitas, por lo que hubo que intentar otros métodos como sopleteado con arena y lavado con esponja. Este último permitía que las conchitas se vieran, pero no era lo que se quería como aspecto final. Sin embargo, procedimos adelante y se tronaron dos cilindros para ver la resistencia del concreto que se requería por diseño estructural. El resultado fue terrible por que sólo alcanzamos 69 Kg/cm<sup>2</sup> de los 200 Kg /cm<sup>2</sup> necesarios.



---

Se procedió a hacer otras dosificaciones y usando otros agregados (mármoles, gravas, incluso cascotes de refrescos y cervezas) para tener en el concreto arquitectónico el color, textura y resistencia adecuados. Al acabar las pruebas teníamos no sólo la fórmula del concreto adecuado, sino también el procedimiento de construcción, que consistió en hacer un doble colado, uno para el concreto estructural y otro para el arquitectónico.

A partir de esta obra, no sucedieron varias más. En todas ellas el uso del concreto hizo su aparición. En todas se experimentaron concretos diferentes y aparecieron problemas nuevos.

El objetivo de esta tesis es tener un Manual de Tecnología del Concreto Arquitectónico Aparente para facilitar, promover, obtener un concreto aparente de calidad y con ello fomentar su uso, ya que el material tiene muchas cualidades plásticas, ventajas económicas y de continuidad en la tradición constructiva de nuestro país.

Existen muchas normas del American Concrete Institute y del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, sin embargo para un arquitecto que quiera usarlo como un acabado final, tendrá que revisar muchas normas y textos. Esta tesis trata de recopilar lo más importante y útil para quien quiera llegar a usar el concreto arquitectónico.

Después de la Introducción explico el "¿por qué concreto arquitectónico aparente?", en donde se dan algunos puntos que sirven de filosofía para trabajar con este material. Enseguida se trata de las partes que intervienen en la obtención del concreto aparente como es la selección de la cimbra, los

---

Se procedió a hacer otras dosificaciones y usando otros agregados (mármoles, gravas, incluso cascotes de refrescos y cervezas) para tener en el concreto arquitectónico el color, textura y resistencia adecuados. Al acabar las pruebas teníamos no sólo la fórmula del concreto adecuado, sino también el procedimiento de construcción que consistió en hacer un doble colado, uno para el concreto estructural y otro para el arquitectónico.

A partir de esta obra, se sucedieron varias más. En todas ellas el uso del concreto hizo su aparición. En todas se experimentaron concretos diferentes y aparecieron problemas nuevos.

El objetivo de esta tesis es tener un Manual de Tecnología del Concreto Arquitectónico Aparente para facilitar, promover, obtener un concreto aparente de calidad y con ello fomentar su uso, ya que el material tiene muchas cualidades plásticas, ventajas económicas y de continuidad en la tradición constructiva de nuestro país.

Existen muchas normas del American Concrete Institute y del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, sin embargo para un arquitecto que quiera usarlo como un acabado final, tendrá que revisar muchas normas y textos. Esta tesis trata de recopilar lo más importante y útil para quien quiera llegar a usar el concreto arquitectónico.

Después de la Introducción explico el ¿ por qué concreto arquitectónico aparente?, en donde se dan algunos puntos que sirven de filosofía para trabajar con este material. Enseguida se tratará de las partes que intervienen en la obtención del concreto aparente como es: la selección de la cimbra, los

---

materiales que se utilizan, el colado y el acabado. Este último punto es el tema central de la tesis en donde resaltaré los aspectos estéticos del concreto y cómo poder hacer un concreto con esas características.

Al final se encuentra la bibliografía y una selección de normas.

## I. INTRODUCCION

---

Existen diversos tipos de concretos y de cementos. En esta tesis hablaremos unicamente del concreto hidráulico, producto del uso de cementos de origen calcáreo. A continuación para marcar los parámetros definiremos algunos términos:

*Concreto:* Es "un material artificial compuesto por grava y arena, aglomeradas por el cemento y agua".

El concreto tiene una alta resistencia a la compresión, de acuerdo a su calidad, pero carece prácticamente de resistencia a la tracción.

*Concreto arquitectónico:* De acuerdo al ACI SP-19 (78), "es el que está expuesto permanentemente y que por consiguiente, requiere de un cuidado especial en la selección de la cimbra y de los materiales que se utilizan para preparar el concreto, así como en el colado y el acabado, a fin de obtener la apariencia arquitectónica deseada".

## **II. ¿POR QUE CONCRETO ARQUITECTONICO?**

---

El concreto arquitectónico es el acabado final de una piedra, que empezó por ser en su proceso de elaboración líquida; en el colado se moldeo para fraguar y endurecer, llegando así a la piedra sólida que necesitamos, con la textura, resistencia y color que diseñamos.

Es el heredero moderno de las tradiciones de construcción prehispánicas, alcanza la volumetría de las construcciones coloniales y para nuestro medio es barato y durable.

Ciertamente, los romanos ya conocían y utilizaban el cemento, pero lo usaban para fabricar el concreto ciclópeo. Nunca se había usado el concreto aparente. Es hasta este siglo que junto con el acero su uso es realmente práctico.

El arquitecto, a la vez que busca las posibilidades de forma del nuevo material, estudia un nuevo campo tecnológico con nuevos agregados, aditivos procesos de elaboración, aumentando resistencias, etc.

### **II.1. El concreto como medio de expresión.**

Cada material tiene determinadas propiedades naturales, que dependen de su estructura interna. Limitan su empleo, determinan su uso y preparación e influyen en el proyecto y en la forma. La experiencia y la costumbre motivan determinadas sensaciones y hacen que un material idóneo para determinados fines, aparezca inapropiado para otros. Nuevos elementos y procedimientos de trabajo, así como nuevos conceptos ya sea en el terreno cultural como en el económico, o por el desarrollo tecnológico pueden abrir nuevos campos de

---

aplicación para un material y llegar a manifestar propiedades que antes no se tenían en cuenta.

Esencialmente, no existe material alguno que en sí denote fealdad o inferioridad en condiciones. Todo material puede ser bello si su empleo y tratamiento es adecuado, y a la inversa, aún el material más valioso puede resultar insípido y absurdo si su empleo es equivocado.

El material, la forma y el volumen constituyen una unidad viva, orgánica e inseparable. Solamente en la imaginación podemos separarlos para reconocer que papel desempeña cada uno y deducir la razón del por qué en ciertos casos una obra nos causa una sensación de plenitud y en otros de falta de equilibrio. Por lo tanto, las propiedades técnicas de un material no pueden por sí mismas constituir elementos decisivos para su utilización. Hay que tomar en consideración el hecho de si un material es capaz de expresar un determinado contenido y una idea creadora. Únicamente puede alcanzarse un resultado satisfactorio cuando todos los factores dan lugar a una unidad conceptual, formal y derivada de la materia empleada.

La forma y el contenido no existen jamás por sí mismas. El volumen está ligado a una forma y no existe forma que lleve implícito un volumen. Ambos necesitan sin embargo del material, mediante el cual se expresan. La forma y el contenido son aportaciones del proyectista, sin embargo el material no. A este lo puede únicamente escoger, constituir y adaptar. No lo produce el mismo, sino que únicamente puede emplearlo en las formas conocidas del producto industrial: prensado, aserrado, cortado o estirado- como tabique, viga, placa o perfil.

---

Por el contrario, y desde un principio, el concreto no tiene forma. Vertido en estado líquido, adquiere su configuración en la forma donde el conjunto endurece. En su forma definitiva, el material es consecuencia directa de sus componentes. Coinciden la materialización de la forma y la del material. Esta es a la vez la forma final de la obra.

Aquí reside el contraste entre el concreto aparente y los demás materiales. Mientras que en el producto industrial el arquitecto no puede influir más que en forma indirecta, en el concreto interviene desde su elaboración.

Puede influir en el proceso de fabricación y determinar en el proyecto sus propiedades y resultados. Al poder rellenar una forma cualquiera, su adaptabilidad a ésta queda sólo restringida por los límites técnicos de construcción de la cimbra. La máxima libertad en la elección de la forma se conjuga con la fuerza de su inmutabilidad.

El verdadero objeto de la construcción, erigir el edificio, se convierte en el concreto en erigir la forma. El vertido en sí, sirve únicamente para fijar en forma permanente la expresión plástica de una forma hueca provisional. La singularidad de este proceso requiere el máximo cuidado en la construcción de la cimbra y en su concepción. No es posible modificar, corregir, ni controlar la forma naciente.

La superficie del concreto aparente, en su estado natural o después de un tratamiento, alcanza con los años una pátina que la mantiene siempre viva y expresiva. La posibilidad de envejecer señala una cualidad del concreto que le hace apropiado para construcciones duraderas y distinto de aquellas superficies lisas y sin expresividad, cuya naturaleza técnica excluye un envejecimiento

---

aparente; tales fachadas tiene la ambición de parecer siempre nuevas, aún cuando sus formas denoten claramente la época de construcción.

A pesar de su distinto proceso de elaboración, es posible comparar diversas propiedades y características del concreto con las de la piedra natural: peso y densidad del material, resistencia a las acciones exteriores y adaptabilidad a la forma. A este paralelismo estructural corresponden semejanzas en su empleo y expresión. Ambos son primarios en su origen y proporcionan un efecto de indestructibilidad y permanencia. Son materiales apropiados para una arquitectura duradera. También en su carácter primario estructural se muestra el parentesco entre la construcción en concreto y en piedra. Las formas arquitectónicas de las pirámides, templos y catedrales quedaban ya definidas al terminar la estructura. El resto era acabado, que no modificaba esencialmente la forma artística, sino que mejoraba únicamente las posibilidades de su empleo.

La construcción en concreto aparente plantea problemas que están íntimamente ligados con la cuestión del significado de la arquitectura para nuestra época. La singularidad del proceso de colado, la posibilidad de envejecimiento, la durabilidad, el proceso manual de fabricación y la multiplicidad de formas hacen que el concreto aparente ocupe un lugar preferente como medio de expresión creadora.



---

## II.2. El concreto aparente en este siglo

El uso del concreto arquitectónico aparente, empieza en México como en el mundo por dos motivos:

- 1) La evolución de la tecnología del concreto armado y
- 2) La evolución del gusto, en el que la influencia de la teoría de la arquitectura trate que los materiales hablen con la verdad.

Por otra parte la economía de posguerra del mundo era de optimización.

En nuestro país el concreto aparente presentaba, al igual que ahora la dualidad de mano de obra relativamente barata al igual que las materias primas. En la etapa post-revolucionaria, la necesidad de dotar al país de escuelas, hospitales y vivienda hace del concreto armado el material a usar ya que no contábamos con una industria del acero.

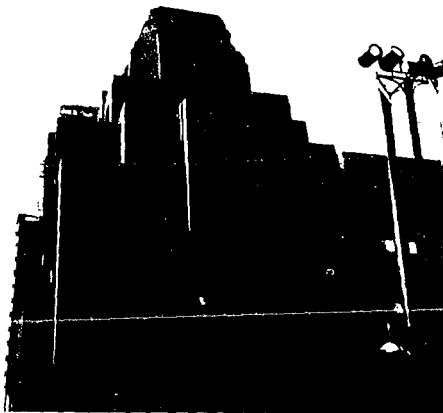


Foto 1 La Nacional, Cia. de Seguros. Arq. Manuel Ortiz Monasterio (1932). Primer edificio en concreto aparente.

---

En nuestro país a finales de la década de los veinte, Juan O'Gorman hace una serie de casas en donde se ve la influencia de Le Corbusier. Casas en las que no sólo se imita la forma sino se usa el material moderno que es el concreto armado dejándolo aparente. La mejor conservada de ellas es la que hizo al pintor Diego Rivera, en donde el concreto queda brutalmente "aparente", tal como salió de la cimbra, sin que esté diseñada con un fin estético y posteriormente se pintó. Es en la década de los treinta en que los principios del funcionalismo - lo útil, lo lógico, lo estético y lo social- en la Teoría de la Arquitectura de Villagrán adoptan al concreto aparente. El Hospital de Tuberculosos de Huipulco, ya muy modificado, es un ejemplo de ello.

En 1930-32 se construye el primer rascacielos con estructura de concreto armado para La Nacional, Compañía de Seguros. Entre 1947 y 1950, diferentes

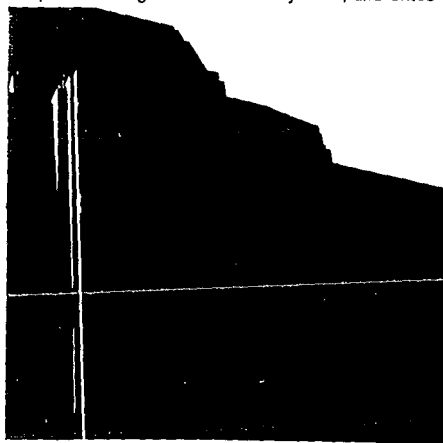


Foto 2 La Nacional, Cia. de Seguros. Arq. Manuel Ortiz Monasterio (1932). Detalle

---

arquitectos, entre los que se encuentran Luis Barragán, Enrique del Moral y otros empiezan a usar el aplanado de cemento-arena para recubrir los muros de tabique, pintándolos de colores.

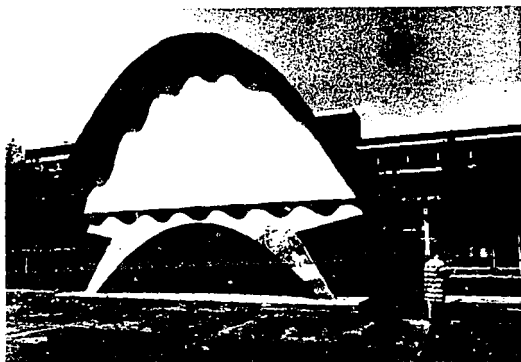


Foto 3 Pabellón de Rayos Cósmicos. Arq. Jorge Gonzalez Reyna ( 1958)

En la década de los cincuenta las estructuras de concreto continúan siendo exploradas y diversas bodegas, naves industriales y otros géneros son realizados en concreto armado. Su forma es muy atractiva y se usan paraboloides hiperbólicos, superficies regladas, trabelosas en las que el acabado se dejó aparente. En esta etapa importa más la forma estructural que la exquisités del concreto aparente. Ejemplos de este tipo los tenemos en el

---

Pabellón de Rayos Cósmicos de C.U., la iglesia de la Medalla Milagrosa y cubiertas como la del Mercado de la Merced.



Foto 4 Instituto Nacional Indigenista . Arq. Alejandro Caso (1962)

Sin embargo, es hasta la época de los sesenta en que aparecen edificios en los cuales el concreto aparente es ya una intención. El edificio del Instituto Nacional Indigenista es uno de los primeros en los que se utiliza el concreto martelinado, en donde el agregado queda expuesto y a partir de este momento el concreto armado ya no sólo es un sistema estructural o constructivo, sino que tiene su propia piel. Esta piel es la que nos importa para esta tesis, el cómo puede darse un acabado con concreto aparente.



Foto 5 Edificio Mar Flo. Arq. Ricardo Legorreta (1972)

La historia reciente del concreto aparente radica en explorar colores de cemento, agregados o formas de pulir o de dar textura al concreto. Como ejemplo de ésto encontramos el edificio del INEGI en Aguascalientes, Ags. En donde se hizo un concreto lo más blanco posible, utilizando para ésto cemento blanco y agregado de mármol blanco. El edificio Mar-Flo, en donde a

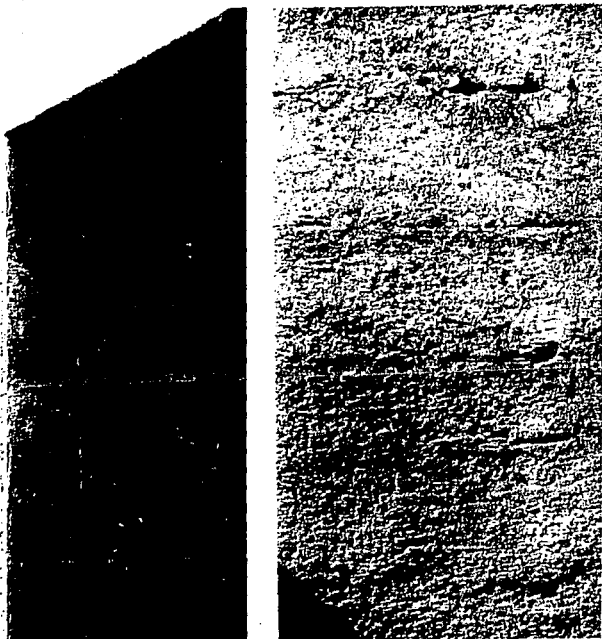


Foto 5a y 5b Detalles del concreto del Edificio MarFlo. Se puede apreciar el color, el entebiarado de la cimbra y el martelinado fino. A pesar de sus casi 25 años el concreto en apariencia se ve bien. Sin embargo en la segunda foto vemos que hay agrietamientos en el concreto que no será fácil de reparar, ya que el colado inicial fué defectuoso, se aprecia el armado de los estribos. El concreto posteriormente a que se terminó recibió una protección con barniz

---

base de colorantes se trata de encontrar un concreto de color sepia, o en las fachadas precoladas del Centro Médico Siglo XXI en donde se hacen gamas de colores, ya sea tierras u ocre.

Para los agregados se ha empleado tezontle, dando un aspecto rojizo obscuro al concreto o "Gravamil" en el cual parte del agregado es barro, con lo que el concreto toma una tonalidad color barro.

Para las texturas se ha ido conforme lo permite la tecnología a los extremos del pulido al agregado expuesto a base de romper la superficie con cincel, pico, martelina, chorro de aire, lavado con esponja y pasando con las texturas que se le puede dar a la cimbra.

Es importante decir que el avance de la economía y de la tecnología, hará cada vez más diferentes los acabados del concreto aparente colado en sitio, que los prefabricados.

### III. TECNOLOGIA PARA OBRAS DE CONCRETO CON TERMINADO APARENTE

---

"Diseñar es resolver un problema físico con una forma física" nos dice Christopher Alexander en su libro "Ensayo sobre la síntesis de la forma". Cuando el problema arquitectónico que se nos presenta plantea que se puede resolver constructivamente usando estructura de concreto armado, tenemos que pensar como resolver su sistema estructural, sus claros, las secciones de columnas y trabes, en base a la forma de trabajo mecánico del concreto armado. Se pensará en el procedimiento constructivo. Pero desde el punto de vista del concreto aparente tenemos que tener en cuenta desde ese momento, cómo vamos a dar la expresión de este material. Por una parte queda la forma, que nuestro material dócilmente tomará y por otra el color, la textura, la modulación que nosotros queramos darle.

Como parte del proyecto es bueno iniciar con las pruebas de los materiales del lugar desde los primeros instantes. Por otra parte, el estructurista diseñará la cimbra para ver en dónde quedarán las juntas frías, dejar los recubrimientos de acuerdo a lo que convenga al proyecto arquitectónico y además diseñar el procedimiento de construcción, es decir, cómo se va a colar para que el concreto arquitectónico quede como se pensó. Las demás especialidades de ingenierías que participen en la construcción se tendrán que adecuar al proyecto original.

Los siguientes puntos son los principales que afectan la apariencia del concreto arquitectónico y por lo tanto su apariencia estética:



---

### **III.1 Cimbra**

**III.1.1 Definición.** "Es el sistema completo de apoyo para la colocación del concreto, incluidos los moldes." (1)

**III.1.2 Aspectos generales.** La manera más sencilla de juzgar una obra de concreto es la de su acabado. La cimbra, la manera de hacerla y su empleo, juegan el papel más importante en este aspecto. El costo de la cimbra es elevado y con frecuencia es mayor que el del mismo concreto. Su manufactura la debe realizar personal especializado y en lo posible, se debe pensar en el mayor número de utilizaciones posibles para abaratar su costo.

La selección de cimbras y materiales de cimbrado suele estar limitada por los parámetros establecidos por el arquitecto en los planos, las especificaciones, las muestras y los modelos. Los arquitectos que establezcan dichos parámetros deben considerar la estética de la masa y relacionarla con los materiales utilizados. Las cimbras especificadas y el tratamiento de la superficie, adquieren vital importancia para lograr el éxito en un proyecto cuando se emplean con fines arquitectónicos.

Al analizar los costos de la cimbra, deben examinarse por separado cuatro elementos:

1. El costo de los materiales de cimbra
2. El costo de la erección de la cimbra
3. El costo del descimbrado
4. Las consideraciones especiales para cumplir con los requisitos de reglamentos.

---

(1) El término "cimbra" es generalmente usado en México, por lo que se usará a lo largo de este texto. En España se utiliza el término "encofrado". La cimbra de acuerdo a la definición del diccionario es "la subestructura de madera sobre la que reposa la obra de fábrica del arco o bóveda, durante el proceso de construcción, que se mantiene hasta que la estructura se ha terminado y es capaz de ser autorresistente". El término usado en inglés es *formwork* aun cuando también se usa *falsework*.

---

**III.1.3 Materiales.** Existe una variedad casi ilimitada de materiales útiles para las cimbras y forros o cubiertas para cimbras. Entre estos se incluyen la madera, el triplay, el metal (aluminio, acero, magnesio), el plástico ( reforzado y sin reforzar), los moldes desechables de yeso y los forros de hule. El poliestireno, etc. Cada uno de estos materiales tiene sus ventajas y también sus limitaciones.

Las condicionantes económicas actuales de nuestro país nos obligan a considerar cuidadosamente el material a elegir. El Tratado de Libre Comercio de Norte América nos permite conseguir cualquier material para la cimbra o los forros, sin embargo tenemos que ser realistas y usar en lo posible los materiales existentes en nuestro país.

Analizaremos algunos de los materiales más comunmente usados para la cimbra:

#### **III.1.3.1 Madera**

Es un material para cimbras que se puede utilizar con mucha facilidad, que puede tener una superficie lisa, o puede estar acerrada con acabado rugoso o sopleteada con arena para transmitir texturas distintivas a la superficie del concreto. Las cimbras de madera pueden alterar el color de la superficie de concreto descimbrado a traves de variaciones en la absorción de las diferentes partes de la tabla. Las partes más permeables absorberán más agua del concreto fresco y reducirán la relación agua-cemento que produce un color más oscuro en la superficie.

Con cada uso de la cimbra, el efecto de obscurecimiento de la madera sobre la superficie del concreto va disminuyendo. Cuando la cimbra se ha utilizado varias veces, puede esperarse una variación considerable en el color de la superficie del concreto, desde el primero hasta el último uso.

---

para obtener un color uniforme en la superficie es aconsejable obtener toda la madera del mismo lote y emplear un sellador de cimbra. Cuando se desean variaciones de color controladas, puede lograrse utilizando madera de distintas fuentes.

### **III.1.3.2 Triplay**

Puede comprarse triplay tratado que proporciona una superficie uniforme y casi impermeable. Cuando se desea transferir la veta de la madera al concreto, debe evitarse el empleo de recubrimientos impermeabilizantes. El sopleteado con arena sobre la superficie del triplay proporcionará una textura de fibra rugosa al concreto.

### **III.1.3.3 Acero**

Las superficies de acero son impermeables y proporcionan un color uniforme al concreto. El revestimiento de acero debe ser lo bastante grueso para soportar la carga entre sus elementos de apoyo, con el fin de mantener las deflexiones dentro de los límites aceptables. Se recomienda el uso de agentes separadores que contengan algún inhibidor de corrosión, para reducir la posibilidad de que aparezcan manchas. Cuando se va a colar cemento Portland blanco o de color claro, el revestimiento de acero debe someterse a limpieza con ácido a fin de eliminar la escama de laminación y así evitar las manchas. El pavonado sobre el material soldado ha sido eficaz para evitar las manchas en superficies de diferentes características. La cimbra de acero galvanizado puede causar adherencia al concreto y, por lo tanto su uso debe evitarse.

---

#### **III.1.3.4 Aluminio y magnesio**

Las aleaciones de aluminio y de magnesio pueden emplearse con éxito cuando son compatibles con el concreto. No existe método estándar de prueba para determinar dicha compatibilidad. En México son poco usadas por el alto costo de los materiales.

#### **III.1.3.5 Plásticos**

Los plásticos desempeñan un papel cada vez más importante en la práctica del cimbrado del concreto arquitectónico gracias a su superficie impermeable y su capacidad para ser moldeados con cualquier patrón o textura; no causan la decoloración que es tan común con la mayoría de los materiales para cimbra de tipo absorbente. El empleo de materiales lisos para el cimbrado puede dar como resultado un color disparejo conocido como transparencia del agregado. Los materiales plásticos para cimbras se emplean para obtener superficies brillantes de concreto, que deben tratarse con precaución pues, expuestas a la intemperie, en seguida pierden parte de su brillo debido a los efectos de humedecimiento y secado, así como de congelación y descongelación.

Los plásticos pueden ser tanto reforzados como no reforzados.

a) Los plásticos reforzados contienen fibra de vidrio en diversas formas, para incrementar la resistencia a la flexión de los materiales resinosos. Estos plásticos han tenido considerable aceptación en cimbras especiales para concreto arquitectónico. Debe emplearse la resina apropiada en la superficie, a fin de asegurar un buen comportamiento durante un número razonable de usos. El mantenimiento del recubrimiento de resina es obligatorio para conservar la unidad de la superficie.

---

b) Los plásticos no reforzados pueden obtenerse en forma de hoja con superficies lisas o texturizadas. Las hojas de plástico necesitan un apoyo apropiado para resistir la presión del concreto. Los plásticos no reforzados se emplean por lo general como forros con un sistema de cimbras diseñado para ajustarse a todos los requisitos estructurales de contención del concreto. El plástico se emplea sólo para cambiar las características de la superficie.

c) La espuma preformada puede utilizarse como cimbra de cavidades. Los casetones de espuma preformada se cortan con facilidad al tamaño deseado, se fijan sin problemas a la cimbra y gracias a su bajo costo no es necesario recuperarlos. La espuma plástica se emplea también como refuerzo para los forros de plástico grueso para cimbras.

#### **III.1.4 Requisitos de la cimbra**

En general, las cimbras de uso arquitectónico deben ser diseñadas, construidas y conservadas de acuerdo con las recomendaciones de la norma ACI - 347. Debido a que los requisitos de colado y compactación pueden ser más estrictos para el concreto arquitectónico, se requiere especial cuidado en cuanto a la elección del diseño de la cimbra.

Los siguientes puntos son una guía para el diseño:

1. Debe ser construída y montada de manera que se logren la forma, el tamaño, la posición y el acabado requeridos para el concreto.
2. Debe ser lo suficientemente resistente para poder soportar la presión o peso del concreto fresco y de cualquier otra carga, sin distorsión, fugas, fallas o peligro de accidente para los trabajadores.
3. Debe estar diseñada y construída de manera que pueda montarse y retirarse fácilmente, ahorrando tanto tiempo, como dinero .

- 
4. Debe ser susceptible de quitarse sin dañarse y sin ocasionar daños al concreto.
  5. Debe ser susceptible de manejarse ya sea con el equipo disponible, o manualmente si fuera necesario.
  6. La distribución de la cimbra debe permitir acceso para el manejo y colado del concreto y, de igual importancia, deben tomarse todas las precauciones necesarias que brinden absoluta seguridad en las áreas y plataformas de trabajo.
  7. Las juntas entre los elementos deben estar lo suficientemente ajustadas para evitar fugas de lechada.

El concreto arquitectónico requiere cimbras más herméticas y mejor fabricadas que las que generalmente se usan en el concreto estructural. Las consideraciones básicas para elegir la cimbra ( y los forros para la misma) son: si es o no absorbente, y si la absorción será uniforme. Un contratista puede estar totalmente familiarizado con la cimbra adecuada para fines estructurales y, sin embargo, ser incapaz de lograr el acabado arquitectónico especificado.

### **III.1.5 Texturas y patrones**

Al principio de este capítulo se menciona la manera de juzgar al concreto arquitectónico por su acabado. Aquí hablaremos de como la tecnología nos ha ayudado a poder conseguir más acabados arquitectónicos con texturas.

#### **III.1.5.1 Marcas de la cimbra**

Todas las cimbras tienen algunas características que pueden transferirse como textura o patrón a la superficie terminada. Entre ellas se incluyen las siguientes:

- 
- a) Tamaño de la unidad del material de cimbrado o del tablero prefabricado.
  - b) Ancho de tablonés.
  - c) Variaciones en las características de absorción del frente, que cambian la relación agua-cemento del concreto en la superficie y por consiguiente, el color del concreto.
  - d) Configuraciones especiales del perímetro que se observan en los tableros de tipo patentado.
  - e) Veta de la madera.
  - f) Aumento de la veta de la madera debido a la humedad.
  - g) Marcado de número y tamaño.
  - h) Parches de triplay.



Foto 6 Marca de la cimbra. Aquí se puede apreciar como al descimbrar quedo marcada la veta de la madera, la duela, los clavos, el tamaño del tablero. Evidentemente se pensó desde el inicio el uso del concreto arquitectónico aparente. Arq. Enrique de la Mora.



---

### **III.1.5.2 Cimbra con forros especiales**

Los forros que se utilizan en las cimbras para estructuras, producen una gran variedad de buenos acabados aparentes en el concreto. Los forros que se usan con más frecuencia están hechos de duela, plástico reforzado con fibra de vidrio, cloruro de polivinilo o hule. Con excepción de la duela, los forros no son de naturaleza absorbente y producen acabados arquitectónicos uniformes en el concreto.

### **III.1.5.3 Forros para la cimbra**

Se pueden obtener distintas texturas y patrones mediante un diseño específico que considere el empleo de forros de cimbra. El empleo de forros es una práctica que suele proporcionar los resultados deseados en el muro terminado, porque la cara puede diseñarse por separado, lo que permite una elección del sistema de refuerzo de la cimbra. El método de sujeción de los forros para la cimbra debe ser estudiado para que se logre el efecto visual deseado:

a) Pueden emplearse forros de madera para dar características de tablonés, veteado, listones biselados o de tablero estriado, cambiando la dirección de la veta o de los tablonés en los tablonés adyacentes. También pueden emplearse forros estriados de diversos materiales.

b) Los forros de plástico sólido o de espuma plástica proporcionan una amplia variedad de texturas y diseños para superficies con acabados lisos o ligeramente granulados. Ciertos plásticos pueden moldearse con calor en una amplia diversidad de diseños. Los forros de plástico deben estar firmemente sujetos a la cimbra de apoyo. Las porciones anchas de forros de plástico utilizadas para hacer superficies dentadas

---

profundas en el concreto deben quedar aseguradas entre la cimbra de apoyo y el forro.

c) Los forros elastoméricos pueden considerarse para texturas con relativamente poco espesor, y pueden adquirirse y usarse ya sea en forma de hojas o en formas sólidas obtenidas por extrusión. El elastómero debe someterse a pruebas de resistencia al deterioro producido por aceites que suelen utilizarse como agentes de separación, y debe tener la rigidez suficiente para resistir la corrugación. El elastómero también debe ser probado en cuanto a la posibilidad de que manche el concreto.

d) Los forros metálicos están disponibles en diversas texturas que pueden ser combinadas con diversos tipos de sujetadores para lograr el efecto arquitectónico deseado. Las juntas del forro deben hacerse sobre los listones biselados o en las esquinas de la cimbra, ya que es difícil evitar el escurrimiento en las juntas a tope. Deben llevarse a cabo investigaciones para determinar la posible ocurrencia de manchas debidas al material del forro o sus sujetadores.

### **III.1.6 Junteo**

Una junta de construcción, o junta de trabajo, es aquella en la que hay necesidad de colar concreto fresco contra o sobre concreto ya endurecido. Estas son necesarias por que es imposible colar el concreto continuamente de principio a fin.

Las juntas en la cimbra son de importancia vital en las obras de concreto arquitectónico, porque una junta, donde quiera que esté, se refleja en las superficies aparentes. El uso de juntas con entrecalles es la manera más sencilla y práctica de ocultar estas marcas que son estéticamente objetables. Las entrecalles deben existir en todas las juntas de construcción y de control, y

---

deben incluirse como una característica arquitectónica de la estructura terminada.

#### **III.1.6.1 Juntas de la cimbra. Prevención de escurrimientos**

Cuando se permite que el agua que contiene cemento se escurra de la cimbra, el resultado será una mancha en la superficie. El defecto resultante se caracteriza por una superficie rica en agregados, diferente de las superficies adyacentes normales, compactas, y por un cambio de color. Puede presentar rayado, moteado o un aspecto más oscuro que deriva de la menor disponibilidad de agua para la hidratación.

#### **III.1.6.2 Rebabas**

Las rebabas son salientes delgadas de concreto endurecido que se proyectan desde la cara del muro. Se pueden desprender o pulir al ras.

#### **III.1.7 Seguros para cimbras**

##### **III.1.7.1 Agujeros**

En el concreto arquitectónico se debe dar especial atención al aspecto estético que se produce por el sistema empleado para sujetar la cimbra. Los sistemas más comunes de sujeción para cimbra del concreto arquitectónico son los seguros de resorte (con o sin conos), los seguros de espiral, los seguros cónicos y los pernos hembra. Cada uno de estos sistemas presenta varias ventajas en el cimbrado de elementos estructurales. El sistema de sujeción para concreto arquitectónico debe seleccionarse con base en el tamaño de los agujeros que estos dejan en el concreto, en la posibilidad de que haya escurrimiento de la lechada y en la posibilidad de que aparezcan manchas de óxido.

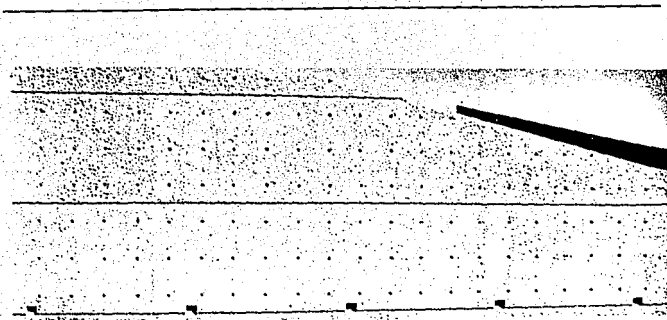


Foto 7 Agujeros. Se puede apreciar el estudio de los agujeros que deja el sistema de sujeción de la cimbra. Se usaron conos de madera de 2 " para que cuenten en la textura de la fachada. Los módulos de las tarimas de la cimbra casi se pierden, con el "cincelado". Se marco fuertemente la junta de colado con un fin estético. Edificio Hewlett Packard. Arq. Teodoro Gonzalez de León y Arq. Francisco Serrano. ( 1993)

### III.1.7.2 Accesorios para la cimbra. Amarres

a) Los amarres recomendados para cimbras no deben dejar ningún metal corrosivo a menos de 4 cm de distancia de la superficie terminada y, generalmente, se ubican dentro de uno de los siguientes grupos:

1. Amarres de elementos simples y continuos para espesores específicos de muros y características positivas de hendiduras.
2. Amarres de pernos hembra en partes del muro donde se deja una pieza macho interior con rosca, y los dispositivos exteriores de sujeción se quitan y se vuelven a usar.
3. Amarres de perno macho donde los dispositivos exteriores de sujeción son reutilizables, con una unidad hembra con rosca sacrificable, que se deja dentro del muro.

- 
- b) Los requisitos de descimbrado y acabado tempranos pueden determinar el sistema de amarres de la cimbra.
- c) El espaciamiento de los amarres suele regirse por su resistencia, resistencia de la cimbra, la velocidad de colado, la deflexión permisible y los requisitos arquitectónicos.
- d) Los amarres están disponibles, por su resistencia, en diversas categorías. Las resistencias se eligen para igualar el diseño de la cimbra, el espaciamiento arquitectónico deseado y la velocidad de colado.
- e) Cada tipo de amarre deja un agujero característico. Los amarres de resorte de alambre dejan pequeños agujeros, de aproximadamente 6 mm de diámetro y con profundidad nominal de 25 mm . A veces se disponen de conos o cribas de madera o de plástico para expresiones arquitectónicas o cuando se requieren hendiduras más profundas, hasta de 50 mm. Los conos incrementan el diámetro del agujero hasta 25 mm y se emplean para reducir el escurrimiento de lechada en las partes en que el amarre pasa a través de la cimbra. Es esencial que se aprieten en forma adecuada. El agujero característico de los pernos hembra depende de la clase de resistencia de los amarres, que tiene diámetros del orden de 20 a 40 mm. Los pernos macho requieren de un cono, por lo que existe un recubrimiento de concreto cuando se dejan en el muro. Estos conos pueden ser de 25 a 50 mm de diámetro. Los amarres de tracción pueden ser de 10 a 40 mm de diámetro, y dejan un agujero de diámetro similar al de la varilla, que atraviesa por completo el muro. Todos los amarres mencionados anteriormente dejan agujeros redondos y relativamente limpios que después pueden parcharse al ras o

- 
- con una ligera cavidad para dar un efecto arquitectónico de sombra.

Los amarres de resorte (sin conos ni otros sellos especiales) no son los más adecuados para concreto arquitectónico, a menos que se desee un aspecto rústico, sin acabado.

### III.1.7.3 Remoción de los amarres

a) Los amarres deben ser retirados lo más pronto posible después del descimbrado. Una vez que se lleva a cabo la remoción de la cimbra, los amarres sin recubrimiento o los que tienen tendencia a manchar deben romperse lo más pronto posible, y los extremos que quedan en el concreto.

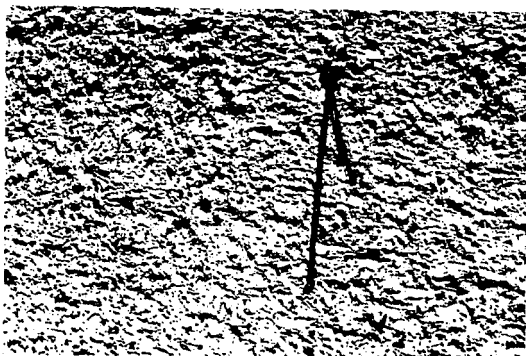


Foto 8 Amarres. Este nunca se quitó

---

deben tratarse para evitar las manchas de óxido.

b) Los amarres de resorte de acero inoxidable son los que presentan menos problemas de manchado y se cortan por lo menos 25 mm más adentro de la superficie terminada.

c) Los amarres con recubrimiento plástico deben romperse y sus extremos deben ser tratados para evitar las manchas que produce la corrosión.

d) No debe permitirse el empleo de amarres de alambre torcido, ya que es casi imposible lograr una superficie que dure mucho tiempo sin manchas si no se cortan dentro del muro los extremos ahogados y se resana despues en un área más bien grande.

e) Para reducir el descascaramiento, la remoción de los conos debe postergarse hasta que el concreto tenga la resistencia adecuada. Cuando se retiran los conos, el extremo del amarre debe recubrirse inmediatamente con mortero seco apisonado o tapar con taquetes estándar.

### **III.1.8 Recubrimientos o selladores para la cimbra**

#### **III.1.8.1 Función**

Los recubrimientos o selladores para las cimbras suelen aplicarse en forma líquida sobre las superficies de contacto, ya sea durante su manufactura o en campo, para uno o más de los siguientes fines:

a) Principalmente para proteger y prolongar la vida útil de la parte de la cimbra de madera o de triplay que estará en contacto con el concreto.

b) Para evitar variaciones de color y empolvamiento de la superficie de concreto.

---

c) Para alterar la textura de las superficies de contacto (por ejemplo, para evitar la transferencia de patrones de grano que no estén especificados).

d) Para facilitar la separación del concreto durante el descimbrado. ( A pesar de la cuidadosa aplicación del agente descimbrante, parte del concreto puede ser accidentalmente removida antes o durante la operación de colado).

e) Para ayudar a obtener un espesor uniforme de la superficie nivelada cuando se emplee un retardador de concreto superficial.

f) Para evitar la corrosión en cimbras de cara de acero.

### **III.1.8.2 Tipos de recubrimiento o sellador**

La selección de un recubrimiento para la cimbra dependerá del material con que ésta se haga; de las características requeridas de la superficie del concreto; de cuantas veces se reutilizará la cimbra, y del ambiente que la rodea durante el uso. La experiencia es la norma más valiosa para la evaluación y la selección. Las pruebas preliminares se emplean para establecer los lineamientos para la especificación de materiales y procedimientos.

### **III.1.8.3 Agentes descimbrantes**

La selección cuidadosa de un agente descimbrante debe comprender la investigación.

Los diversos agentes descimbrantes, independientemente de la marca patentada, pueden clasificarse en categorías, según su influencia característica en la superficie del concreto.

a) Los aceites genuinos (puros), pueden hacer que la superficie del concreto presente más alveolado (o picaduras), pero tienden a ser más uniformes en cuanto a color. Si se usan en exceso, pueden penetrar la superficie del concreto y mancharlo.



---

b) Los aceites puros (2% de agentes emulsificantes), producen superficies con menos alveolado y menos diferencias de color. Si se usa en exceso puede causar retardo y diferencias de color. Se formula diferente para cimbra de madera que de acero.

c) Las ceras tienen excelentes características desmoldantes. Insolubles en agua tiene el problema de aplicación por la temperatura del medio ambiente que tendrá que ser mayor a 10 grados. Las solubles en agua son de fácil aplicación ( brocha, rodillo o aspersión).

d) En los recubrimientos volátiles se emplea una ligera base de parafina o nafténica sin refinar como vehículo para los otros componentes, tales como ceras, silicones resinas sintéticas y aún jabones insolubles en agua. Puesto que el vehículo se evapora, no existe el riesgo de que se manche la superficie o de que aparezcan defectos mecánicos si se aplica de manera uniforme y con limpieza. Esta solución suele ser costosa y no es un descimbrante tan eficaz como los otros.

e) Los agentes descimbrantes químicamente activos contienen compuestos que reaccionan con la cal libre presente en el concreto fresco y producen jabones insolubles en agua, por lo que impiden la formación de una película superficial en la entrecara cimbra-concreto. Estos jabones son muy resbalosos y ayudan a reducir las cavidades de aire en la superficie de la cimbra mientras están húmedos, y actúan como agentes descimbrantes al secarse. Hay que ser muy cuidadosos ya que producen decoloración y empolvamiento, si se rebasan las recomendaciones del fabricante.

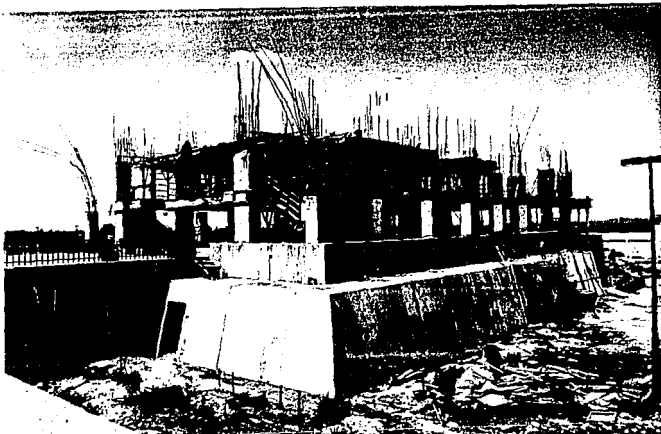


Foto 9 Edificio del INEGI. Cimbra. Aquí puede apreciarse el proceso de construcción . Una parte ya esta descimbrada y lista para ser martelinada; otra lista para ser colada

#### III.1.8.4 Influencia de los materiales de la cimbra

Puesto que el material de la cimbra influye en el comportamiento de los agentes descimbrantes, éstos deben seleccionarse despues de haber escogido el material de la cimbra:

a) cimbras de madera y de triplay: aunque es preferible saturar de agua la cimbra de madera en vez de emplear agentes descimbrantes, es difícil hacerlo en la obra. La mayoría de los aceites comerciales son satisfactorios si se usan correctamente.

b) acero: las características son diferentes que la de la cimbra de madera ya que debe tener un anticorrosivo y deben estar libres de agua.

---

c) las cimbras de plástico pueden usarse varias veces sin tener que usar un agente descimbrante, pero luego se vuelven asperas, para lo cual hay que usar una emulsión de base oleosa o una cera casera de alta calidad.

### **III.1.9 Descimbrado**

#### **III.1.9.1 Aspectos generales**

Suponiendo que se hayan ejercido la planeación y el cuidado necesarios, así como la mano de obra requerida para producir la calidad deseada en el trabajo, el descimbrado debe ser tal que contribuya a mantener los resultados ya obtenidos.

#### **III.1.9.2 Protección del concreto**

Las cimbras deben ser retiradas sin causar daño al concreto. Debe quedar prohibido el apalancamiento contra la superficie de cualquier concreto, por cualquier razón, incluso al retirar la cimbra. Una vez retirada la cimbra, el concreto debe protegerse para impedir cualquier daño, incluyendo las operaciones normales de construcción. Debe prohibirse a los trabajadores utilizar la superficie del concreto como pizarrón.

#### **III.1.9.3 Esquinas y líneas con borde agudo**

Siempre que sea posible deben usarse esquinas achaflanadas en vez de esquinas agudas. Si se requieren esquinas agudas, será necesario dedicarles atención especial. Las esquinas agudas incrementan el costo. Deben cuidarse al quitar la cimbra ya que es fácil que se rompan.

#### **III.1.9.4 Choque térmico**

Al descimbrar debe tenerse cuidado de evitar descensos bruscos en la temperatura del concreto.

---

### **III.1.9.5 Procedimientos para el descimbrado**

Los procedimientos de descimbrado deben de cumplir con la norma ACI-347- "Recommended Practice for Concrete Formwork"

### **III.2 . Materiales que se utilizan en la elaboración del concreto**

Como se menciona al principio, el concreto está compuesto por cemento, grava, arena y agua mezclados entre sí. Cada uno de estos elementos aporta características al concreto de modo que si uno varía, el concreto como resultado final es distinto.

La gran mayoría de las mezclas que se utilizan en el concreto arquitectónico son muy diferentes de las mezclas estándar que se usan para el concreto estructural; lo anterior es particularmente cierto para aquellas mezclas en las que el agregado estará expuesto. El tipo de acabado deseado y los materiales disponibles en la zona, pueden dar como resultado que el problema de la mezcla sea más complejo y tenga variaciones. Puesto que con una mezcla inadecuada es virtualmente imposible obtener un buen acabado en el concreto arquitectónico, el diseño de la mezcla para este tipo de concreto debe ser manejado sólo por personal experimentado en esta área.

El tema de esta tesis plantea como principal punto al concreto aparente, pero no hay que olvidar que las diferentes proporciones de agua y cemento o las calidades de cada uno de los componentes, afectan la resistencia del concreto.

A continuación se hablará de cada uno de estos componentes y de sus efectos en el concreto aparente.

---

### III.2.1.Cemento

"El cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto".

"Para efectos de construcción, el significado del término cemento se restringe a materiales aglutinantes utilizados con piedras, arena, ladrillos, bloques, etc. Los principales componentes de este tipo de cemento son compuestos de cal, de modo que en construcción se trabaja con cementos calcáreos".

"Los cementos que se utilizan en la fabricación de concreto tienen la propiedad de fraguar y endurecer con el agua, en virtud de que experimentan una reacción química con ella y, por lo tanto, se denominan concretos hidráulicos".

"Los cementos hidráulicos están compuestos principalmente por silicatos y aluminatos de cal y pueden clasificarse, en general, como cementos naturales, cementos Portland y cementos de alta alúmina". (1)

El cemento ejerce la principal influencia en el colado de los acabados aparentes, ya que cubre la superficie expuesta del concreto. La influencia del agregado grueso es mínima, pero la del agregado fino es de cierta importancia. Por otra parte, en la mayoría de los acabados con agregado expuesto, el color del cemento es de menor importancia porque el agregado grueso representa la mayor parte de la superficie visible. Sin embargo, el cemento afecta el valor del tono de cualquier concreto arquitectónico.

---

**III.2.1.1. Cemento Portland:** es un cemento que "se obtiene de la mezcla minuciosa de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, quemándolos a una temperatura de formación de clinkers, y mezclando el clinker resultante", esta es la definición de la British Standard (BS 12: 1978), la cual estipula también que: "ningún otro material, aparte del yeso y del agua, puede adicionarse después de la calcinación".

Fig. 1 Esquema de fabricación cemento Portland

(1) Tecnología del Concreto. Adam M. Neville

Completando la definición mencionaremos brevemente el proceso de fabricación del cemento Portland, por considerarlo interesante y de importancia para comprender el proceso del fraguado del concreto:

Este consiste en moler finamente la materia prima, mezclarla minuciosamente en ciertas proporciones y calcinarla en un horno rotatorio de gran dimensión a una temperatura de aproximadamente 1,400 °C, donde el material se sintetiza y se funde parcialmente, formando bolas conocidas como clinker. El clinker se enfría y tritura hasta obtener un polvo fino, después se adiciona un poco de yeso y el producto resultante es el cemento Portland.

### III.2.1.1. Tipos de cemento Portland.

Existen varios tipos de cemento Portland en el mercado:

Descripción inglesa	Descripción ASTM
Portland normal	Tipo I
Portland de fraguado rápido	Tipo III
Portland de fraguado extra-rápido	
Portland de ultra-alta resistencia rápida	
Portland de bajo calor	Tipo IV
Cemento modificado	Tipo II
Portland resistente a los sulfatos	Tipo V
Portland de escoria de alto horno	Tipo IS
Portland blanco	
Portland puzolana	Tipo IP
	Tipo P
Cemento con escoria	Tipo S

Fig.2 Tipos de cemento Portland

---

Se mencionan los diferentes cementos existentes pero el más recomendable para concreto aparente será siempre el Portland normal, que a continuación se describe:

#### **III.2.1.1.1. Cemento Portland Normal**

Los morteros y cementos elaborados con cemento Portland normal, son atacados por sulfatos y ácidos. Los sulfatos, que pueden estar presentes en tabiques de arcilla, suelos y aguas subterráneas, se encuentran en mayor cantidad en el agua de mar; los ácidos pueden existir en suelos y aguas subterráneas como resultados de procesos industriales o materias orgánicas. En estas situaciones puede ser necesario el empleo de cementos especiales o tomar otras medidas apropiadas.

#### **III.2.1.1.2. Cemento Portland de fraguado rápido**

Es similar al cemento Portland Normal, y la diferencia como su nombre lo indica esta en que adquiere su resistencia más rápidamente. Este debe describirse como un cemento de alta resistencia a edad temprana. El tiempo de fraguado es prácticamente el mismo.

Su uso es indicado cuando necesitamos descimbrar para volver a usar la cimbra rápidamente o que se necesitará terminar la obra rápidamente.

El rápido incremento de resistencia libera una mayor cantidad de calor de hidratación, por lo que este no deberá usarse en construcciones masivas ni en secciones estructurales grandes. En algunos casos para nuestro concreto aparente, éste producirá grietas que perjudicarán la apariencia, pero en algunos casos de temperaturas bajas, ayudará a evitar los daños por congelación prematura.



---

#### **III.2.1.1.3. Cemento Portland de fraguado extra-rápido**

Es conveniente para construcciones en clima frío, o en los que se requiera alta resistencia a muy temprana edad. Su uso está prohibido para concreto con refuerzo de acero ya que contiene cloruro de calcio que ataca al acero.

#### **III.2.1.1.4. Cemento Portland de ultra-alta resistencia rápida**

Este cemento no tiene aditivos y su uso es recomendable para concreto reforzado y presforzado.

#### **III.2.1.1.5. Cemento Portland de bajo calor**

Este cemento se usa en grandes secciones de concreto ya que evita que el concreto se agriete. Tiene baja resistencia rápida. Pero aguanta ataques moderados de sulfatos.

#### **III.2.1.1.6. Cemento modificado**

Para algunas aplicaciones la baja resistencia rápida puede significar una desventaja y, por ésta razón, un cemento que se llama modificado ( tipo II) se fabrica en Estados Unidos. Este cemento modificado combina adecuadamente una proporción mayor de desarrollo de calor que aquella del cemento de bajo calor con un aumento de resistencia similar a la del cemento Portland normal. El cemento modificado se recomienda para estructuras donde se desea calor de hidratación moderadamente bajo, o cuando se temen ataques moderados de sulfatos. Este cemento se usa mucho en Estados Unidos.

---

#### **III.2.1.1.7. Cemento resistente a los sulfatos**

En el cemento endurecido, el hidrato de aluminato de calcio puede reaccionar con una sal de sulfato que esté en el exterior. Al irse esta reacción hacia el interior del concreto éste se expandirá, causando la desintegración gradual del concreto. Para evitar esto se usa cemento con bajo contenido de  $C_3A$ , este cemento se conoce como Portland resistente a los sulfatos.

#### **III.2.1.1.8. Cemento Portland de escoria de alto horno**

Este cemento es parecido al Portland normal. Tiene bajo calor de hidratación; tiene alta resistencia a los sulfatos, por lo que se usa en construcciones marinas. Es de bajo consumo de energía en su fabricación.

#### **III.2.1.1.9. Cementos Portland puzolana**

Es el nombre dado a mezclas combinadas de cemento Portland y puzolanas.

La puzolana es un material natural o artificial que contiene sílice en una forma reactiva. La definición del ASTM C 618-78, describe la puzolana como un material silíceo o silicoaluminoso, el cual tiene poco o nulo valor cementante, pero en forma muy dividida y en presencia de humedad reaccionará químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas normales para formar un compuesto con propiedades cementantes.

Los cementos Portland puzolana adquieren resistencia con mucha lentitud y requieren por tanto un curado mucho mayor. Al final tiene la misma resistencia que el cemento Portland normal.

En general es más barato que el Portland, pero su ventaja principal es: la lenta hidratación y por tanto su bajo valor de hidratación. Esto es de gran utilidad

---

en construcciones de concreto masivo. Tiene buena resistencia al ataque de sulfatos y otros agentes destructivos.

#### **III.2.1.1.10. Portland blanco**

Es muy usado para fines arquitectónicos o acabados con pintura de tonos pastel en regiones tropicales. Es conveniente usar un agregado adecuado. Este cemento no causa manchas debido a su bajo contenido de álcalis solubles. Este cemento vale prácticamente el doble del cemento Portland normal. El cemento blanco es un cemento Portland fabricado de acuerdo con las especificaciones de la ASTM C 150, para cementos tipo I y tipo III.

Los cementos blancos se hacen con materias primas seleccionadas que contiene cantidades insignificantes de óxidos de hierro y de manganeso. Todos los cementos blancos tienen bajo contenido de álcalis. Las variaciones en uniformidad de tono en una marca de cemento blanco son pequeñas, aunque puede haber diferencias mayores entre las distintas marcas o fuentes de fabricación. El cemento blanco utilizado con pigmentos minerales proporciona intensidad y uniformidad de color satisfactorias.

#### **III.2.1.2. Cementos especiales**

##### ***Normas de calidad.***

Los cementos portland o los cementos especiales empleados para concreto arquitectónico deben cumplir con los requisitos especificados en la ASTM C 150, ASTM C 595, ASTM C 845 u otras normas aprobadas. Los cementos tienen diferentes características de color, inherentes o agregados, que pueden afectar el tono deseado para el concreto. A fin de minimizar las variaciones de color, se debe emplear cemento del mismo tipo y marca, de la

---

misma fábrica y de las mismas materias primas para todo el concreto de una estructura determinada. Sin embargo, estas precauciones por sí mismas no aseguran automáticamente la uniformidad del color, ya que las variables en la fabricación y manejo del concreto, así como en el equipo de entrega también pueden tener efectos notables. Las muestras de cemento y de concreto que se suministran al arquitecto deben estar marcadas de manera que muestren el tipo, la marca de fábrica y fuente de la que se obtuvo el cemento empleado.

Los cementos de color amarillo, canela y café claro suelen emplearse en el concreto arquitectónico, y están disponibles en muchas plantas. Estos cementos cumplen con la norma ASTM C 150 o ASTM C 595.

Existen otros cementos de color producidos mediante la adición de pigmentos al cemento blanco durante el proceso de fabricación. Estos cementos están disponibles en colores amarillo, café claro, negro, naranja, rosa, canela, y se ajustan a la ASTM C 150.

### **III.2.1.3. Concreto coloreado**

Además de los cementos grises y blancos convencionales, comercialmente están disponibles cementos portland que dan al concreto terminado un matiz parduzco o canela, como también lo están algunos cementos coloreados elaborados a base de cemento blanco y pigmentos. Los colores de los agregados naturales varían considerablemente según su clasificación geológica y aún entre rocas de un mismo tipo hay diferencias. Mientras que el cemento gris puede combinarse de manera muy eficaz con un gran número de agregados, especialmente cuando su acabado será con agregado expuesto, el

---

uso de cemento blanco con o sin pigmentos amplía la gama de posibles combinaciones de color.

En el capítulo de aditivos se hablará de los colorantes con mayor profundidad.

### **III.2.2. Agregados fino y grueso**

Para el enfoque del concreto aparente que toca esta tesis haré énfasis en las cualidades que hay que buscar en los agregados, tanto fino como grueso. Para la calidad del concreto en su resistencia, apariencia, maniobrabilidad, etc. se deberán hacer pruebas que cumplan la normatividad, puesto que la arena y la grava juntas constituyen alrededor de las tres cuartas partes del concreto.

La grava se obtiene por excavación o dragado de un banco y por trituración de roca sólida. El agregado generalmente es lavado y graduado.

El término de agregado fino se refiere a un agregado cuya mayor parte pasa a través de una malla con abertura de 5 mm. Agregado grueso se refiere a un agregado cuya mayor parte queda retenida en la malla de 5 mm .

En un concreto arquitectónico se puede experimentar variando la grava de río o triturada por otras piedras como puede ser el mármol. A la arena se le puede agregar polvo de mármol o tezontle. Se puede decir que con los materiales disponibles e imaginación, se descubren nuevos concretos aparentes.

Pueden emplearse agregados de peso normal o ligero en acabados de agregado expuesto, para proporcionar incontables combinaciones de color y de textura. Entre dichos agregados se incluyen la grava natural, la grava triturada y los agregados de piedra triturada de muchos colores distintos. Entre los agregados artificiales se encuentran los esquistos expandidos, las arcillas, las pizarras y escorias, el vidrio, y los materiales de cerámica. Todos los agregados para el revestimiento y para el concreto de determinada estructura deben

---

provenir de la misma fuente, a fin de que proporcionen calidad y colores similares a la muestra aprobada. Se puede emplear cualquier combinación para contrastar, siempre que se cumplan los niveles deseados de resistencia, durabilidad y trabajabilidad. Los materiales, los colores, la granulometría, el tamaño del agregado y el peralte de la mocheta que sea compatible con este último pueden variar para efectos arquitectónicos.

Todos los agregados de revestimiento deben tener registros de servicio comprobados o resultados satisfactorios de pruebas de laboratorio. Por lo regular, los agregados seleccionados para propósitos arquitectónicos están señalados en las especificaciones del proyecto en cuanto a su origen, tamaño y color.

#### **III.2.2.1. Granulometría abierta**

Las normas de dosificación para mezclas de granulometría abierta varían en un rango muy amplio. El empleo de un solo tamaño de malla o de una variedad estrecha de tamaño de agregado grueso, con un pequeño porcentaje de arena de concreto o de mampostería para mejorar la trabajabilidad, da como resultado una distribución más uniforme del agregado expuesto.

La relación del agregado fino con el agregado grueso por peso debe ser de 1:2.5 a 1:3, en mezclas de granulometría abierta, y el agregado fino suele ser arena de mampostería. Esto es necesario para lograr textura y color uniformes cuando se desea una concentración elevada de agregado grueso en la superficie.

La elección de agregados se hace más crítica cuando se trata de concretos blancos. Los agregados oscuros tienden a crear sombras cuando las secciones más delgadas de mortero blanco no pueden ocultarlos por completo.

---

La intensidad del color puede disminuir cuando se emplean agregados sucios de apilamientos contaminados. Los agregados finos tienen mayor efecto sobre el concreto blanco o de color claro, y pueden emplearse para variar el color particular deseado.

Pueden establecerse requisitos especiales, tales como la granulometría abierta o un tamaño sencillo de agregado, para acabados de agregado expuesto con el fin de proporcionar la mejor exposición del agregado grueso en la superficie. Los tamaños máximos de agregado pueden variar de 1/8 a 1 1/2 pulgadas según sea el efecto arquitectónico deseado. Las granulometrías abiertas pueden incluir agregado grueso en un rango reducido de tamaños, por ejemplo de 1 1/2 a 3/4 de pulgada, de 1 a 1/2 pulgada, de 3/4 a 3/8 de pulgada u otros.

### **III.2.3. Acero de refuerzo**

La capacidad del contratista para colar correctamente el concreto arquitectónico se verá afectada sensiblemente por los detalles del acero de refuerzo. Es posible que las grandes concentraciones de acero hagan necesario el uso de otros diseños de mezclas o métodos de colado. En muchos de los diseños de armado, las varillas de refuerzo pueden estar en paquetes o espaciadas, esto último es con el fin de que el contratista tenga espacio suficiente para colar y compactar el concreto.

En el aspecto del acero de refuerzo, lo más importante desde el punto de vista estructural es dar mayor resistencia al concreto, que le llamamos concreto armado. Pero desde el punto de vista del concreto aparente, el acero representa quizá el punto más crítico, ya que es el acero un factor de riesgo muy alto durante el colado, para que éste quede visible, o forme huecos, o se oxide con el

---

tiempo y manche el concreto arquitectónico. Estos aspectos serán tratados por separado en los capítulos de vibrado y normas.

Es de suma importancia para el concreto arquitectónico aparente cuando se va a martelinar dejar 5 cm de recubrimiento del acero, para evitar en lo posible que éste aparezca.

#### **III.2.4. Agua**

El agua que se utilice para la fabricación de concreto deberá ser potable. Aunque la mayoría de las aguas son adecuadas para los concretos comunes, la que contiene hierro u óxido puede manchar el concreto blanco o de color claro.

#### **III.2.5. Aditivos**

El Comité ACI 212 ha hecho recomendaciones con respecto al empleo de aditivos en el concreto. Cuando se utilizan cementos blancos o de color claro, es necesario hacer pruebas especiales para determinar cualquier efecto del aditivo sobre el color final. La compatibilidad del color puede establecerse mediante el colado de tableros en la obra, antes del uso real del concreto en la construcción.

Dentro de los aditivos que pueden ser útiles para el concreto aparente tenemos los siguientes:

##### **III.2.5.1. Agentes inclusores de aire**

La inclusión de aire como se presenta en la tabla 3.4.1 del ACI 301 es la que se recomienda en general para concretos arquitectónicos en zonas de clima extremo. Para reducir el alveolado, las superficies expuestas por una sola cara suelen requerir solamente la cantidad mínima de aire incluido recomendada en la tabla 3.4.1. Pueden necesitarse pequeños porcentajes de aire incluidos para obtener buena trabajabilidad en mezclas ásperas especiales.



---

### **III.2.5.2. Aditivos acelerantes**

El empleo de cloruro de calcio puede contribuir a la corrosión de los metales y al oscurecimiento y moteado del concreto, por lo que no se recomienda para concreto arquitectónico.

### **III.2.5.3. Aditivos reductores de agua y retardantes de cimbrado**

Los aditivos reductores de agua y retardantes de fraguado se emplean normalmente en concreto arquitectónico para reducir la cantidad de agua de mezclado, o para incrementar la trabajabilidad del concreto, en particular con mezclas especiales de agregado áspero.

Los aditivos retardantes pueden utilizarse en el concreto arquitectónico para retardar o controlar el fraguado inicial del concreto, de manera que reduzca al mínimo las juntas frías. Las dosis elevadas pueden causar problemas del fraguado, agrietamiento o decoloración, en especial con cementos blancos o amarillos.

### **III.2.5.4. Aditivos minerales y puzolanas**

Los aditivos minerales o las puzolanas que cumplan con la norma ASTM-C-618 pueden agregarse para lograr trabajabilidad adicional, siempre que no se observe ningún cambio perjudicial en el aspecto arquitectónico deseado.

En particular, el empleo de ceniza volante en la mezcla oscurecerá el color, al mismo tiempo que mejorará la trabajabilidad en grado considerable.

### **III.2.5.5. Pigmentos y aditivos pigmentados**

Para aumentar el tono del color del concreto arquitectónico pueden emplearse pigmentos o aditivos pigmentados. Los pigmentos que se emplean con más frecuencia para este fin son los óxidos minerales finamente molidos, naturales o sintéticos. Los pigmentos naturales en general no están tan

---

finamente molidos, ni son tan puros como los materiales sintéticos y, por lo regular, no producen un color tan intenso por unidad de adición. Por lo general, los óxidos sintéticos son más satisfactorios, pues tienen tonos más atractivos, mayor permanencia y mejor comportamiento. Sin embargo, pueden reaccionar químicamente con otros productos empleados en la superficie tales como los retardantes de superficie o el ácido muriático, por lo que deben ser sometidos a prueba antes de utilizarlos.

El tono de color depende de la cantidad que se emplee de estos materiales. La cantidad del pigmento se expresa como un porcentaje del contenido de cemento por peso. Las cantidades adicionadas inferiores al 6 % casi siempre tienen poco o ningún efecto sobre las propiedades físicas del concreto fresco o endurecido.

Cantidades mayores pueden incrementar el requisito de agua de la mezcla, en grado tal, que la resistencia y otras propiedades, como la resistencia a la abrasión, pueden verse afectadas de manera adversa. Las cantidades de pigmento que excedan del 5 % rara vez producen mayor intensidad de color, en tanto que, si pasan del 10 %, pueden perjudicar la calidad del concreto. Cuando se emplean con cemento blanco, los pigmentos producen colores más intensos que cuando se usan con cemento gris.

#### **III.2.5.5.1. Materiales para pigmentos**

Los pigmentos enumerados a continuación se pueden usar para obtener diversidad de colores:

Tonos de color	Pigmento
Grises hasta llegar al negro	Oxido negro de hierro Negro mineral Negro carbón
Azul	Azul ultramarino Azul ftalocianino
Rojo brillante a rojo obscuro	Oxido rojo de hierro
Café	Oxido café de hierro Sombra cruda o quemada
Marfil, crema o ante verde	Oxido amarillo de hierro Oxido de cromo verde ftalocianino
Blanco	Bióxido de titanio

#### III.2.5.5.2 Efecto

La adición de negro carbón no modificado aumenta considerablemente la cantidad de aditivo inductor de aire necesario para proporcionar al concreto resistencia contra congelación y deshielo. La mayoría de los negros carbón disponibles para colorear concreto contienen, sin embargo, materiales inductores de aire en cantidad suficiente para compensar el efecto inhibitor del negro carbón.

---

Recientemente se han empleado con éxito tintes orgánicos de talocianina para producir tonos de azul y verde, desde claro hasta oscuro, en el concreto; no obstante, la experiencia al respecto es aún limitada. Si bien el costo por kilo es elevado, los tintes se utilizan en cantidades menores que el 1% por peso de cemento y pueden dispersarse en el agua de mezclado, eliminándose, así, la necesidad del premezclado.

Para emplear cualquier agente colorante es importante contar con resultados de pruebas o registros de comportamiento que indiquen la estabilidad del color en el concreto. El negro carbón es difícil de manejar y puede causar diversos tonos de negro debido a la porosidad de la superficie. No debe emplearse el negro humo común. Cabe señalar que el concreto coloreado mediante pigmentos puede mostrar grados variables de resistencia al intemperismo. Debe determinarse su efecto sobre los requerimientos de agua y de contenido de aire.

#### **III.2.5.5.3 Requisitos generales**

Los aditivos colorantes adecuados deben tener los siguientes requisitos:

1. Firmeza de color a la luz del sol.
2. Estabilidad química en presencia de alcalinidad producida por la reacción del cemento.
3. Estabilidad del color cuando se le expone al autoclave.
4. Ausencia de efectos adversos en el tiempo de fraguado o el desarrollo de resistencia del concreto.

---

### III.3. Dosificación y mezclado del concreto en obra

El concreto consiste en una mezcla de cemento, arena, piedras (agregado grueso) y agua, y para que sea de buena calidad debe ser diseñado apropiadamente y contener la cantidad correcta de cada material. El cemento, la arena y el agregado grueso se dosifican por peso; esto reduce las diferencias entre uno y otro lote de concreto y facilita el trabajo para el hombre en la obra.

El objetivo al diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales los que se dispone, para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso. Para lograr tal objetivo, una mezcla de concreto bien proporcionada deberá poseer las propiedades siguientes:

1. En el concreto fresco, trabajabilidad aceptable.
2. En el concreto endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme.
3. Economía.

La mayor parte de las propiedades que se busca obtener en el concreto endurecido, dependen fundamentalmente de la calidad de la pasta del cemento, el primer paso para proporcionar una mezcla de concreto es la relación agua-cemento acorde con la durabilidad y resistencia requerida. Las mezclas de concreto deberán mantenerse lo más sencillas posible, pues un número excesivo de ingredientes, a menudo provocan que la mezcla de concreto sea difícil de controlar.

Por la facilidad con que se determina, la resistencia a la compresión es la medida para la calidad del cemento. Sin embargo hay otras propiedades tales

---

como la durabilidad, la permeabilidad y la resistencia al desgaste que pueden tener igual o mayor importancia.

Dentro del rango normal de resistencias empleadas en la construcción con concreto, la resistencia a la compresión se relaciona inversamente con la relación agua cemento. Cuanta más agua tiene la mezcla mas débil es el concreto.

### **III.3.1. Resistencia**

La resistencia a la compresión ( F'c) especificada a los 28 días, para una clase individual de concreto, es la resistencia que se espera sea igualada o sobrepasada por el promedio de cualquier conjunto de tres ensayos de resistencia consecutivos, sin que ningún ensayo individual (promedio de dos cilindros) quede debajo de 35 Kg / cm<sup>2</sup> de la resistencia especificada cuando los especímenes hayan sido curados en condiciones de laboratorio.

### **III.3.2. Dosificación**

La dosificación es el proceso de pesar o medir volumétricamente e introducir al mezclador los ingredientes para una mezcla de concreto. Para producir concretos de calidad uniforme , los ingredientes deberán medirse con precisión en cada mezcla. La mayoría de las especificaciones requiere que la dosificación se efectúe por peso en vez de hacerlo por volumen debido a las imprecisiones al medir por volumen al agregado (especialmente la arena húmeda).

### **III.3.3. Mezclado del concreto**

Todo concreto se debe mezclar completamente hasta que sea uniforme en apariencia, con todos sus ingredientes distribuidos equitativamente. Los mezcladores no deben ser cargados por encima de sus capacidades evaluadas y deberán ser operados aproximadamente a la misma velocidad para la cual

---

fueron diseñados.

#### **III.3.3.1. Mezclado estacionario**

Los mezcladores estacionarios son:

Los grandes mezcladores centrales de las plantas de premezclado y

Las revolventoras que se usan en obras chicas (desde 1 bulto de cemento)

#### **III.3.3.2. Concreto premezclado**

El concreto premezclado se dosifica y se mezcla fuera del sitio del proyecto y se entrega en el área de construcción en estado fresco y sin endurecer.

#### **III.3.3.3. Transporte y manejo del concreto**

Aunque no existe una forma perfecta para transportar y manejar el concreto, una planeación anticipada puede ayudar en la elección del método más adecuado evitando así la ocurrencia de problemas. La planeación deberá tener en cuenta tres eventos que en caso que sucedan podrían afectar seriamente la calidad del trabajo terminado:

Retrasos

Endurecimiento temprano y secado

Segregación

En México existen fábricas de premezclado que tienen camiones con brazo telescópico y bombeo para depositar directamente en donde se va a colar.

Si la estructura es muy alta o grande se pueden pedir bombas con mangueras lo suficientemente largas para que llegue al mismo lugar del colado.

Si se hace a pie de obra se puede transportar en botes, o en carretillas concretteras.

---

### **III.4.Colado y compactación**

El colado y compactación correctos del concreto son, probablemente, las partes más importantes de toda la secuencia que constituye la operación del colado, desde el muestreo, mezclado y transporte, hasta el curado final. El éxito no se alcanza con un enfoque fortuito, sino con previsión y planeamiento cuidadosos. El colado y la compactación deben considerarse prácticamente una operación.

#### **III.4.1. Colado**

En el instante en que el concreto cae en la cimbra, el arquitecto entrega propiamente el control de la situación. Es entonces cuando el maestro encargado del colado del concreto y el operador del vibrador se convierten en las figuras principales, y de su capacidad depende el resultado final que se obtenga del concreto arquitectónico. El colado y la compactación por vibración deben hacerse adecuadamente la primera vez. La mayoría de los errores no se pueden ocultar, y la reparación de los defectos no sólo es difícil, sino que puede afectar también las utilidades. Hay que programar con anticipación la mejor manera de colar.

Se deben seguir las siguientes recomendaciones generales:

- 1.-El concreto debe depositarse en su posición final, o lo más cerca posible de ésta.
- 2.-El concreto debe colarse en capas uniformes.
- 3.-No debe haber restricción en cuanto a la altura desde la que se cuela el concreto.
- 4.- El concreto debe colarse lo más rápido posible.



---

5.-Cuando se requiera buen acabado en columnas y muros, deben llenarse las cimbras a una velocidad mayor a los dos metros de altura por hora.

6.-Es preciso asegurarse de que cada capa de concreto haya sido bien compactada, antes de colar la capa siguiente. Además, cada nueva capa debe colarse mientras la anterior aún responde a la vibración.

7.- Se debe evitar la formación de juntas frías.

8.- En columnas y muros, el colado debe hacerse de manera que el concreto no se estrelle contra la cara de la cimbra; así mismo, debe evitarse el impacto fuerte sobre el acero de refuerzo, ya que este golpe podría moverlo.

9.-Es preciso cerciorarse siempre de que el colado del concreto pueda observarse desde el exterior de la cimbra.

#### **III.4.1.1. Temperatura**

La temperatura del concreto debe conservarse constante; las temperaturas del concreto entre 18 y 29 °C normalmente producen concreto arquitectónico de color uniforme. Las temperaturas mayores de 27 °C dan como resultado una mayor velocidad de fraguado, líneas de flujo visibles y juntas frías cuando la programación del colado no está coordinada con la producción del colado del concreto.

#### **III.4.1.2. Compactado**

Después de que el concreto ha sido mezclado, transportado y colado, contiene aire atrapado en forma de vacíos. El objeto de la compactación es eliminar la mayor cantidad posible de este indeseable aire; lo ideal es reducirlo a menos del 1 %.

---

Es importante extraer este aire atrapado por las siguientes razones:

- 1.- Los vacíos reducen la resistencia del concreto.
- 2.-Incrementan la permeabilidad, que a su vez reduce la durabilidad.
- 3.-Los vacíos reducen el contacto entre el concreto y el acero de refuerzo, lo que reduce la adherencia y el elemento no será tan fuerte como fue diseñado.
- 4.-Los vacíos producen defectos visibles, como cavidades y alveolado en las superficies trabajadas.

#### **III.4.2. Vibrado**

El varillado, el paleado, incluso el apisonamiento con el pie, son medios útiles para eliminar el aire del concreto y compactarlo, pero la mejor manera es vibrarlo.

Cuando una mezcla de concreto es vibrada, se fluidifica y se reduce la fricción interna entre las partículas de agregado. Esta fluidificación hace que el aire atrapado surja a la superficie y que el concreto se compacte.

Con una mezcla cohesiva y apropiadamente diseñada, se minimizan la segregación y el sangrado. En una mezcla excesivamente húmeda, los trozos grandes de agregado pueden asentarse durante la compactación, dando como resultado una capa débil de lechada en la superficie; cuando esto ocurre, la lechada debe ser retirada. Por lo tanto, es más redituable verificar que la mezcla esté correctamente dosificada desde el principio.

Para el vibrado es necesario tomar en cuenta las siguientes precauciones:

- 1.-Asegurarse de que se puede observar la superficie del concreto.
- 2.- Introducir con rapidez el atizador.
- 3.- Dejarlo dentro del concreto durante 10 segundos.

- 
- 4.- Sacarlo lentamente.
  - 5.- Introducir de nuevo el atizador, a no más de 500 mm de distancia de su posición anterior.
  - 6.- Evitar que el atizador toque la cara de la cimbra.
  - 7.-Evitar que el atizador toque el acero de refuerzo.
  - 8.- Evitar utilizar el atizador para hacer fluir el concreto.
  - 9.-Evitar insertar el atizador en la parte superior del cúmulo de concreto.
  - 10.-Verificar que el atizador penetre hasta 100 mm en la capa anterior.
  - 11.-Introducir todo el largo de la cabeza del atizador en el concreto.
  - 12.- Evitar que el atizador trabaje mientras no esté dentro del concreto.
  - 13.- Evitar dobleces en las flechas flexibles.
  - 14.-Tener presente que cuando el acabado es importante, un poco de vibración adicional reduce el número de cavidades.
  - 15.-Asegurarse de que el motor no se mueva por las vibraciones.
  - 16.- Limpiar bien el atizador después de usarlo.

### **III. 4.3. Curado**

Cuando se mezcla cemento con agua, tiene lugar una reacción química; esta reacción, llamada hidratación, es la que hace que el cemento, y por lo tanto el concreto, se endurezca y después desarrolle resistencia. Este desarrollo de resistencia se observa sólo si el concreto se mantiene húmedo y a temperatura favorable, especialmente durante los primeros días.

El concreto que ha sido correctamente curado es superior en muchos aspectos: no sólo es más resistente y más durable bajo ataques químicos, sino que también es más resistente al desgaste y más impermeable; por añadidura, es menos probable que lo dañen las heladas y los golpes accidentales que

---

reciba. El curado apropiado proporciona a la delgada capa expuesta de éste una propiedad de cubierta endurecida, que aumenta considerablemente su resistencia al desgaste y su buen aspecto durante mucho tiempo, cuando está a la intemperie.

En todos los aspectos, un concreto bien curado es un mejor concreto.

El color del concreto puede verse afectado, estando todo el resto uniforme, por su edad en el momento de remover la cimbra y por el clima imperante después de la remoción, es decir, si el día es húmedo o caliente y seco.

Cuando la uniformidad del color es importante, por ejemplo en el caso de superficies aparentes o de aquellas que conservan las marcas de la cimbra, es posible:

- 1.-Dejar la cimbra en posición durante 4 días, en cuyo caso, por lo general no es necesario el curado adicional.
- 2.-Cubrir o envolver el concreto con hojas húmedas de yute o polietileno, cuando la cimbra se remueve antes de 4 días, y dejarlo cubierto durante otros tres días por lo menos. Otra alternativa puede ser la aplicación de un compuesto de curado, pero sólo en el caso de que el concreto vaya a estar permanentemente expuesto a la intemperie.

Todas las superficies de concreto, incluyendo las blancas y las de color, que vayan a estar expuestas permanentemente a la intemperie requieren mayor atención en su curado. Una superficie bien curada será más impermeable y más capaz de resistir la acción de las heladas, el clima húmedo y el seco; así mismo, se reducirá la cuarteadura de la superficie. Un buen curado ayuda también a

---

conservar durante largo tiempo el aspecto del concreto, al reducir la acumulación de suciedad.

Todo concreto que vaya a estar expuesto permanentemente a la intemperie debe someterse a un curado de por lo menos 7 días; esto se aplica también a concretos cuyas superficies vayan a ser tratadas con martelinado o soplado con arenisca.

Para este propósito pueden utilizarse hojas de yute o polietileno, pero en general es más conveniente emplear un compuesto de curado, aplicado por aspersion.

#### **III.4.3.1. Concreto blanco y de color**

Es preferible el empleo de hojas de plástico al de yute, algunos yutes, especialmente cuando son nuevos, pueden dejar una mancha en el concreto. Las hojas de plástico tienen la ventaja adicional de que, cuando se dejan puestas, pueden evitar que la superficie se ensucie debido al trabajo cercano; la remoción subsecuente de mugre y manchas es costosa y requiere mucho tiempo.

No es aconsejable la aplicación de compuestos de curado sobre concreto blanco o de color, a no ser que esté seguro, mediante pruebas en obra, de que no mancharán la superficie.

Existen aditivos para curar concreto de base agua y base solvente. Los base agua son más utilizados en concretos con acabados aparentes ya que prácticamente no manchan el concreto en cambio los que tienen parafina generalmente manchan al concreto.

---

### **III.5. Concreto arquitectónico con acabado aparente**

El tema central de esta tesis es la forma de acabar el proceso de fabricación de la piedra llamada concreto con un fin arquitectónico, es decir la apariencia final del concreto complementa nuestra obra arquitectónica, ya sea una casa, un edificio de oficinas o la cortina de una presa. En otras palabras el concreto tendrá un fin estético. La técnica de la que se habla brevemente en este trabajo servirá para llegar a un concreto aparente racional y al azar.

#### **III.5.1. Texturas a partir de la cimbra**

En algunos casos el concreto quedará aparente, tal como queda después de descimbrar en los que es muy importante la cimbra que se va a usar. El acabado será como el negativo de una fotografía. El concreto nos dirá exactamente como fué el molde con el que se coló.

Con esto en mente, podemos imaginar concretos aparentes completamente lisos, de tal forma que incluso hasta se puedan pulir y abrillantar, o podemos pensar que la cimbra sea de madera, de tal forma trabajada, que al colar y descimbrar nos quede un concreto aparente con la textura de la veta de madera.

A este tipo de acabados los clasificaremos en lisos y con textura.

##### **III.5.1.1. Acabados lisos**

La cimbra podrá ser de diferentes materiales entre los que encontramos más comúnmente paneles de madera como es el triplay o las tarimas de madera (ver foto 6), placas de acero y fibra de vidrio. Aún cuando cualquier superficie lisa y dura podría servir.

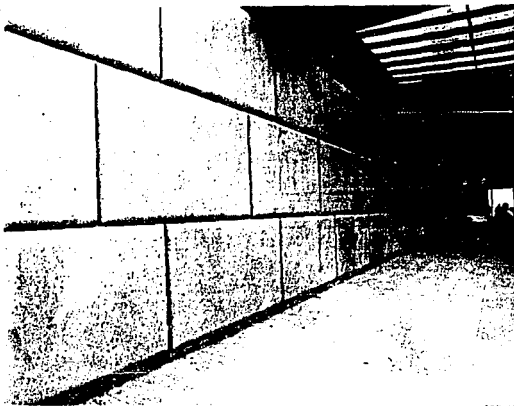


Foto 9 Molde de fibra de vidrio. Centro Comercial Santa Fe. Arq. Javier Sordo Madaleno (1994)  
Este uso del concreto aparente imita los sillares de piedra. La textura es prácticamente lisa, por lo que deja un agregado visible solamente a través de la transparencia del cemento. Por la escala humana vemos su tamaño monolítico. Está fabricado con cemento blanco y colorante rosa. Son piezas precoladas. Se puede apreciar la calidad curva del perímetro de las "piedras".

Dentro de esta clasificación encontramos, de acuerdo a su procedimiento de construcción, si es colada en sitio o precolada.

Comunmente las placas se encuentran en medidas de 1.22 x 2.44 m por lo que la modulación se hará en este tamaño. Las juntas de colado en algunos casos se podrán desaparecer y en otros se marcarán, pero lo que se tiene que estudiar cuidadosamente son los troqueles de la cimbra, ya que contarán visualmente.

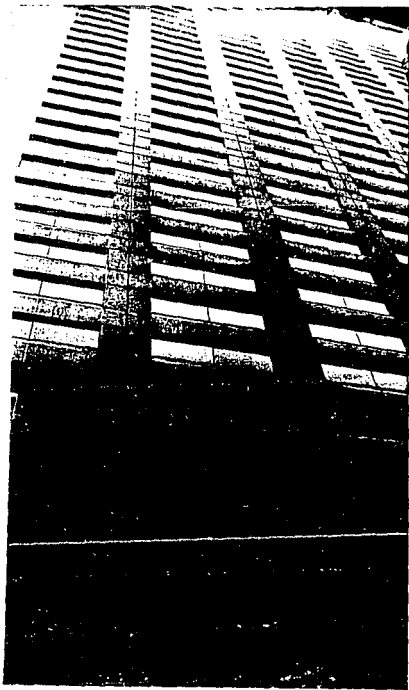


Foto 10. Juntas de colado y troqueles. Hotel Presidente Chapultepec. Arq. Juan Sordo Madaleno. (1978).

Este es un edificio de gran altura y usa su estructura como fachada y acabado final. El concreto es prácticamente liso. Es de color gris. Las juntas de colado están diseñadas para verse a gran distancia. Estas muestran un cuidadoso despiece, incluso los agujeros que dejan los atiesadores de la cimbra. Ver foto de detalle ( foto 11).

El edificio a pesar de tener mas de 15 años de terminado no presenta envejecimiento.





Foto 11 Detalle de la foto anterior, en donde vemos la textura del concreto sus juntas de colado y los prácticamente imperceptibles agujeros de los conos dejados por los atiesadores.

Cuando se deja el concreto acabado aparente liso, prácticamente el único atractivo que tendrá es hacer un buen despiece de módulos de piedra en base a las juntas frías y a colocar agradablemente los agujeros.

#### **III.5.1.2. Acabados con textura**

Los acabados con textura a partir de la cimbra los podríamos dividir en los que están hechos a partir de la cimbra tal cual o los que a la cimbra se les coloca un forro hecho en algún material de tal forma que es éste el que da la textura al concreto una vez descimbrado.

---

### **III.5.1.2.]. Acabados con textura a partir de la cimbra**

La cimbra como lo mencionamos en el punto III.1.2. es la que da el acabado y esto es lo que nos importa a nosotros.

#### **III.5.1.2.1. Cimbra de madera**

En nuestro país el sistema de cimbrado más comúnmente usado es el de tarimas de madera hechas con duelas. Estas tarimas miden 0.5 m x 1.00 m y dejan una fuerte textura en sí ya que tanto el módulo de la tarima como la construcción de esta por la separación de las duelas deja una agradable textura y por si fuera poco se queda marcada la veta de la madera. ( Ver foto 6 )

La desventaja de este sistema es: el alto costo de la madera; generalmente es madera verde; la actitud poco ecológica de acabar con nuestros bosques y tiene cuando más tres usos.

Se pueden usar otras cimbras de madera que también dejarán textura, hechas a base de tablones, polines, triplay tal como vienen del aserradero o de la fábrica. En algunos casos se podrá sopletear con arena para marcar aun más la textura.

#### **III.5.1.2.2. Cimbra metálica**

Esta cimbra es cara y se deberá pensar para usarse muchas veces. Por lo mismo entre más se use más barata saldrá. La textura puede darse tanto como la imaginación lo permita. El aspecto económico nos dirá cuando es mejor usar obra falsa de otro material y usar forros metálicos para dar textura.

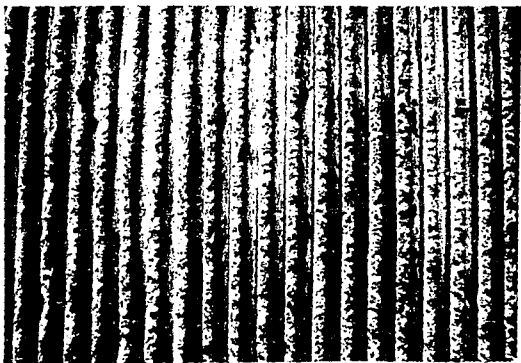


Foto 12 Concreto aparente producto de un cimbra metálica. Para realzar más este acabado se martelinó una parte y se dejó lisa la otra.

### III.5.2. Forros

La textura en el concreto aparente como huella dejada por la cimbra tiene su mejor futuro en los forros. La obra aparente podrá ser en madera o fierro, la base de la cimbra igual pero el forro en sí se podrá hacer de materiales más baratos y de mayor duración. Ya en el punto III.1.5.2. y III. 1.5.3. se habla de algunas características de los forros. Poco se ha explorado pero aquí tenemos la veta artística del concreto aparente. En los años sesentas en México se estableció una compañía extranjera que hacía solo acabados artísticos, texturas y tramas en base al uso de estireno como forro molde. Sin embargo, quizás el costo de escultor o la falta de imaginación del arquitecto no ha permitido el gran desarrollo de éste en México. Aquí me gustaría recordar el ejemplo realizado por

---

Le Corbusier en la Unidad de Habitación de Marsella, en donde a base de forros  
deja plasmado en el concreto el Modulor ( 1947- 1952).



Foto 13 Escultura de la Ruta de la Amistad. (1968)

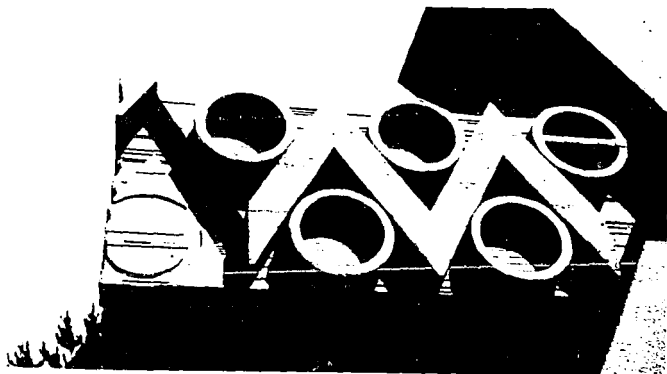


Foto 14 Escultura de la Ruta de la Amistad (1968)

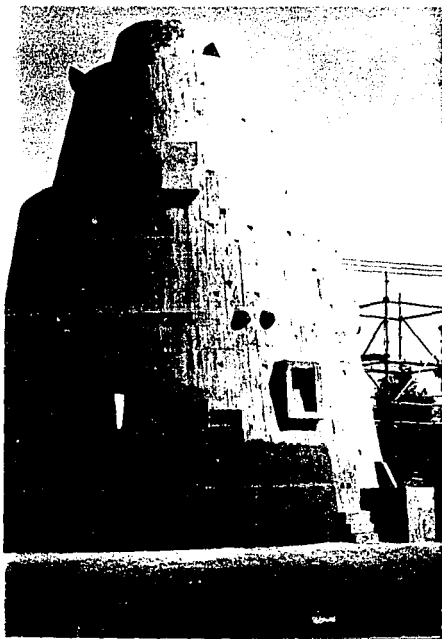


Foto 15 Escultura de la Ruta de la Amistad. (1968) En las fotos anteriores apreciamos el uso del concreto arquitectónico aparente, como un bajo relieve en la primera y como entablados en la segunda. El concreto obtuvo la forma que se le quiso dar: círculos, esferas, texturas, etc.

---

### III.5.3. Patrones estampados

El concreto estampado es una superficie de concreto que ha sido colada y coloreada y luego impresa con un patrón a fin de lograr un acabado especial.

También se le llama concreto con patrones, labrado o impreso.

Este tipo de acabado es de reciente uso, sin embargo es muy interesante ya que se trata de que sea agradable. Y para eso la idea es que sea un acabado de concreto que no parezca concreto.

El proceso, llamado concreto estampado, incorpora el uso de herramientas especiales para imprimir patrones en el concreto fresco en estado plástico y estampando dicha herramienta en la superficie siempre en forma horizontal.

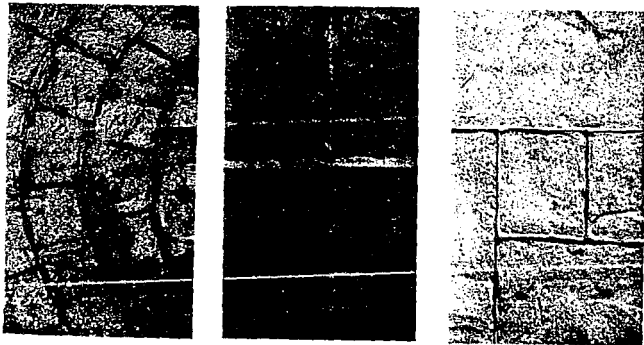


Foto 16 Ejemplos de pisos con patrones estampados.

---

Algunos moldes cuentan con cuchillas de configuraciones en formas de ladrillos, mosaicos, guijarros y otros patrones. Las texturas de pizarra que son la última innovación ofrecen una superficie mucho más plana con una apariencia muy real de pizarra o piedra.

El tipo de impresión que puede obtenerse depende de las herramientas, el color, el concreto y la técnica.

Para sellar la superficie del concreto se utilizan diversos recubrimientos que proporcionan un curado uniforme, reduciendo las eflorescencias y proporcionando una superficie que se mantenga limpia. Lo más importante es una buena uniformidad en el curado.

En la planeación del trabajo se necesita determinar la posición de las juntas de control para controlar la colocación del concreto. Para obtener resistencia adicional al resbalamiento se aplica un ligero escobillado.

Antes de que el trabajo se pueda considerar terminado, en la mayoría de los casos se especificará escobillar un revestimiento coloreado para sellar la superficie. El sellado de color generalmente contiene el mismo pigmento que la superficie coloreada. Este protege y abrillanta el acabado. Después que se haya terminado la construcción, puede aplicarse otra capa de sellador.

El primer y más importante hecho acerca del concreto estampado es el que se trata de una losa coloreada. La preparación del sustrato, la cimbra, los detalles de las juntas y el acero de refuerzo son los mismos que para una losa común y corriente. También se utilizan los mismo métodos para colocar y llevar a cabo el colado.

---

Las superficies de concreto coloreadas se obtienen utilizando una mezcla seca especial. Después que la losa de concreto se ha colado, nivelado y pulido se rocía con una mezcla de cemento, arena y pigmento a lo largo de toda la superficie. El resultado es una superficie de concreto coloreada con una capa de aproximadamente 3 a 5 mm aunque la mezcla seca puede hacerse en la obra, resulta insatisfactorio si hay variaciones en las proporciones de un material. Pequeñas variaciones en la cantidad de pigmento o en la granulometría de los agregados pueden ocasionar grandes variaciones en en el color del concreto.

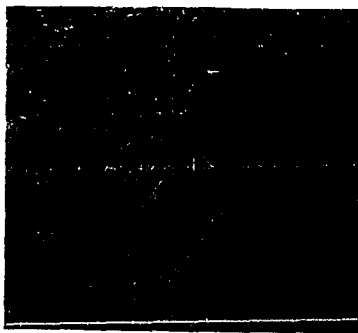


Foto 17 Concreto estampado.



### III.5.4. Acabado con agregado expuesto

En el concreto con agregado expuesto, el mortero de la superficie se retira para exponer el agregado grueso, se coloca cuidadosamente al agregado grueso en dicha superficie. Aplicando diversas técnicas se pueden obtener superficies con agregado expuesto con una amplia gama de colores y texturas. Por su demostrada durabilidad y belleza arquitectónica, este tipo de acabados está entre los más populares.

#### III.5.4.1. Textura de concreto con agregados expuestos en donde el agregado está aparente. Chorro de arena y de agua

El chorro de arena (o chorro abrasivo) y el chorro de agua son métodos mecánicos para dar acabados; se emplean para texturizar superficies aparentes, para eliminar variaciones de color de la superficie o para exponer el agregado en el concreto arquitectónico. Sin embargo, si se recurre a este método para eliminar o esconder defectos inesperados, por lo general se acentúan los defectos en vez de corregirlos.

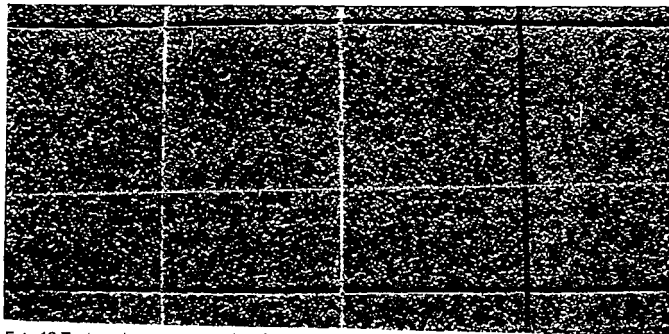


Foto 18 Textura de concreto arquitectónico con agregado expuesto

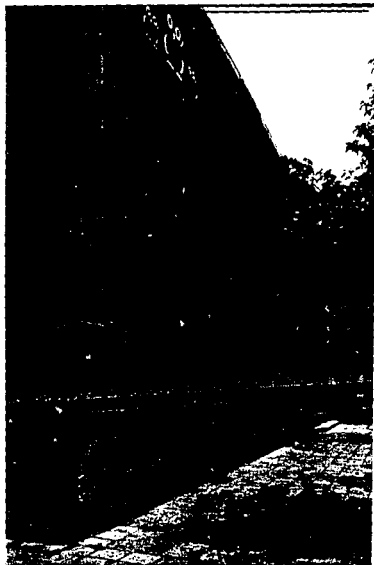


Foto 19. Restaurante Sanborns de Av. Mazarik

En la foto anterior vemos un detalle del mismo edificio en donde se aprecia la agradable textura que deja esta técnica. Las "piedras" son precoladas. La junta entre las dos piedras es de una pasta de cemento con un colorante similar al de las piedras. En algunas juntas que se tendrán que dar por diseño estructural el junteo se hará con un material expandible que aguante las contracciones y dilataciones por temperatura.

#### III.5.4.2. Lavado con esponja

Este método es muy usado en pisos, en donde se cuele con un agregado que tiene las aristas más bien redondeadas y de menos de 1/2 ". Antes de que fragüe, se le quita con esponja la pasta y el resultado es una textura muy agradable. Es altamente recomendable usar cemento blanco con algún aditivo colorante. Solo se puede usar en superficies horizontales

### III.5.4.3. Martelinados o fracturados



Foto 20 Martelinado

el agregado grueso que aparece en la superficie. El martelinado no mejora el aspecto de concretos que tienen defectos en la superficie, tales como

Un método para proporcionar un aspecto atractivo al concreto en obra, es el martelinado; sin embargo éste requiere habilidad y extremo cuidado si se quiere obtener un resultado satisfactorio. Existen diversas maneras de martelinar el concreto. La textura varía según la herramienta utilizada y el modo de emplearla. Las hay eléctricas y manuales. El martillo martelinador neumático, cuya cabeza asemeja un ablandador de carnes, es una herramienta de uso común para este fin. Básicamente, todos los métodos para texturizar el concreto arquitectónico consisten en remover el mortero, o capa suave exterior, del concreto endurecido mientras se fractura

---

segregación, pérdida de lechada y labiado; por el contrario este tipo de acabado suele acentuar estos defectos. Para martelinar es indispensable que el concreto tenga un buen acabado directamente de la cimbra.

Existen varios tipos de martelinado:

#### III.5.4.3.1. Martelinado

Da una textura áspera en general. La superficie del cemento se resquebraja y se descantilla mediante una cabeza del martillo dentada.

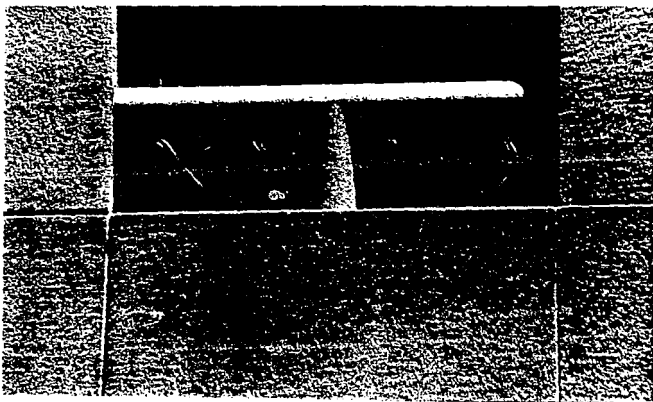


Foto 21 Martelinado Hotel Mandarin House. Arq. Javier Sordo Madaleno ( 1995). Se aprecia el martelinado fino. El concreto es ligeramente rosado gracias al uso de cemento blanco y colorante. Las placas son precoladas. El junteo es del mismo color. Es un detalle de gran interés la sección redonda de los ventanales, la cual es también precolada.

El martelinado será igual si es colado en el sitio o si los elementos son precolados. La ventaja en el precolado será siempre el control de calidad.

El procedimiento de construcción es más rápido en edificios muy grandes o de gran altura.

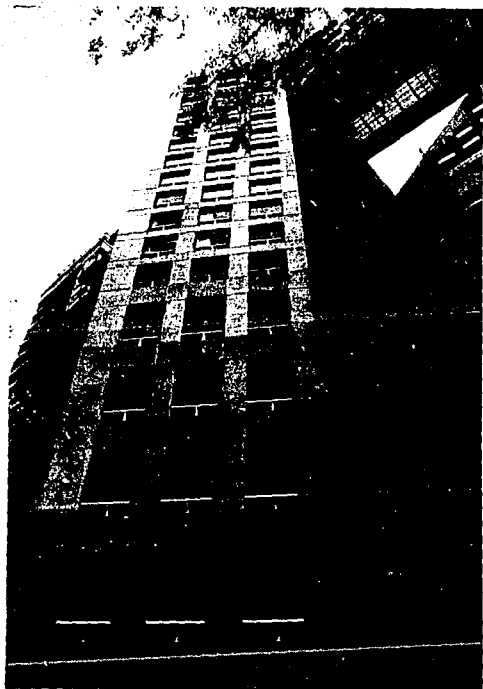


Foto 22 Hotel Mandarin House. Vista de la fachada del hotel. Se aprecia el concreto prácticamente liso, ya que es una textura muy fina para este edificio alto.

---

### III.5.4.3.2. Punteado

Todo el concreto es agujereado con una herramienta conocida con el nombre de "punta" o "punteador", también de operación mecánica. La textura es más aspera que la del martelinado y se rige por la forma de la cabeza de la herramienta. Esta puede ser de punta corta para textura ligera o de punta larga para textura gruesa. El tamaño y espaciamiento de las cavidades puede variar pero no pueden quedar superficies lisas.

Para lograr buenos resultados hay que mantener la presión constante; terminar un área pequeña por vez y no debe intentarse trabajar en líneas a lo largo de la superficie.

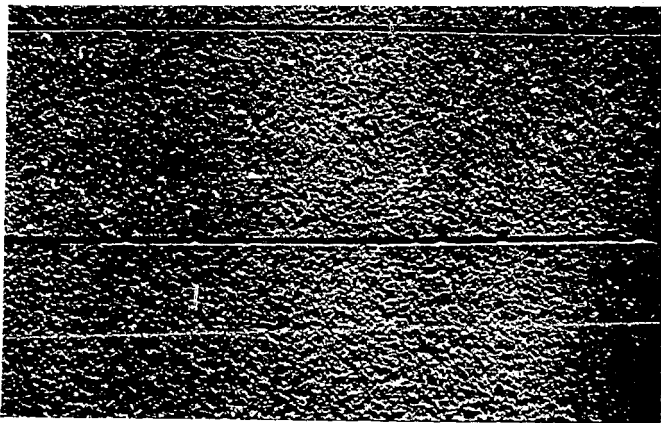


Foto 23 Centro Cultural Arte Contemporáneo. Arq. Javier Sordo Madaleno (1986)  
Concreto de color sanguina y agregados de mármol. Es una textura más rugosa que la anterior, pero muy pareja en su realización.

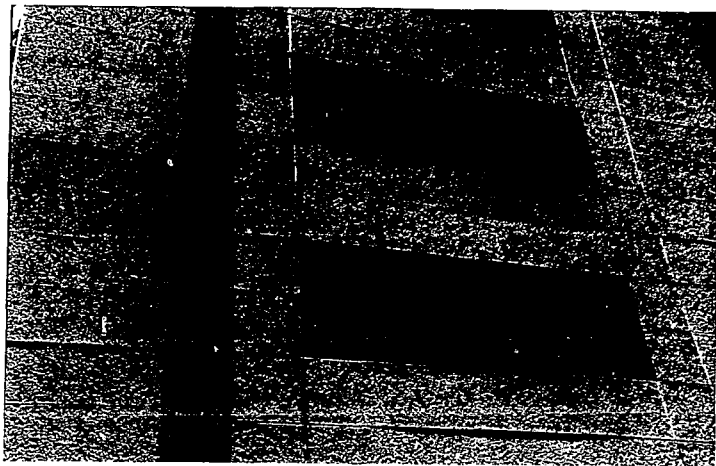


Foto 24 detalle del edificio anterior

---

### III.5.4.3.3. Picado

Se ha usado el pico para texturas más burdas, en las que el grosor del agregado debe ser lo suficientemente grande para que se pueda reventar, con el uso de esta herramienta, por ejemplo de 3" .

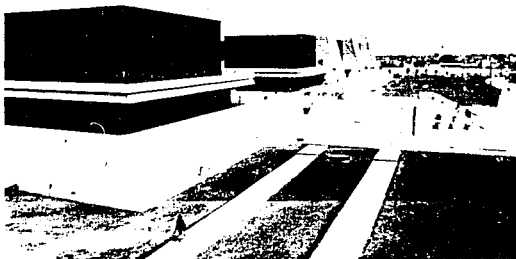


Foto 25 Edificio del INEGI en Aguascalientes, Ags. Arq. Alejandro Caso y Margarita Chavez. Arquitectos asociados Arq. Martín Yañez y Arq. Andrea Martín. (1987- 1995).

El uso de concreto en edificios muy largos permite hacer uso de concreto picado donde la textura a escala urbana tiene que ser muy agresiva. El concreto es blanco, usando agregado de mármol hasta de 3" Se uso arena gris. La mezcla de cemento fue 70 % gris y 30 % blanco.

El concreto realizado con pico prácticamente implica que sea colado en sitio. Es sumamente artesanal. Ningún operario tiene la misma fuerza que otro por lo que hay que estar cuidando que hagan su trabajo muy "parejo". Incluso es diferente en el mismo operario si es al principio de la jornada o si es al final de la misma. Si está de buen humor o de malas.



---

#### III.5.4.3.4. Cincelado

También el cincel puede lograr texturas burdas pero agradables. Al igual que en los casos anteriores la mano artesanal es muy importante. Se debe tener gusto por la textura para que quede uniforme.

La edad a la que debe martelinarse el concreto es difícil de establecer, ya que depende de la mezcla, del cemento y de los agregados, así como de la época en la que se efectúa el colado. No debe hacerse demasiado pronto porque el concreto desprende agregados gruesos. Ni demasiado tiempo después, ya que el concreto endureció y es difícil sacar una textura fuerte.

Cerca de las aristas no debe martelinarse ya que se desvirtúan las aristas vivas. Para algún efecto especial se pueden dejar en las cimbras filetes de madera.

El martelinado no oculta las juntas de colado, ni horizontales ni verticales. Como acabado final, después de concluir el martelinado, debe cepillarse bien la superficie de concreto con un cepillo áspero y limpio, a fin de eliminar partículas sueltas y de polvo. Si es posible, lávese la superficie utilizando una manguera.

Para una mayor duración de estas superficies limpias se le pueden aplicar soluciones del tipo de silicón líquido, el cual no cambia la apariencia ni la textura del concreto. Este debe permitir respirar al concreto.

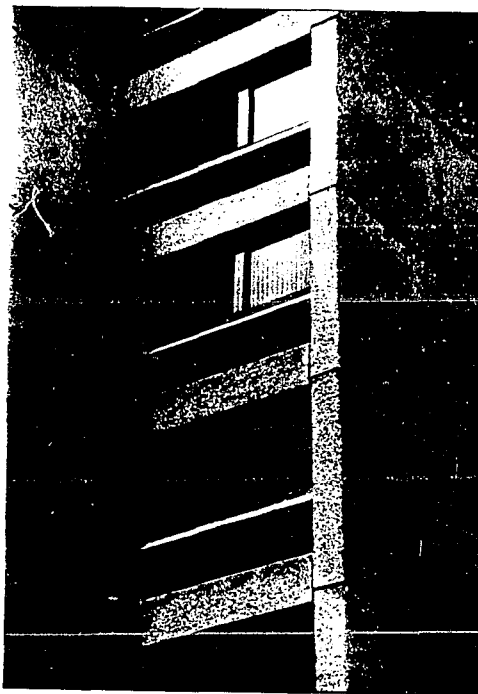


Foto 26 . Torre Manhattan. Arq. Teodoro Gonzalez de León y Arq. Abraham Zabludovsky.  
(1980) El concreto es cincelado. Se uso grava de mármol, como agregado grueso

---

### III.5.6. Selladores y pinturas

Por lo general, el sellar los acabados de concreto arquitectónico había constituido una práctica comúnmente aceptada que proporcionaba más ventajas que inconvenientes. La pintura es realmente eficaz para ocultar pequeñas imperfecciones y decoloraciones de la superficie, pero algunos arquitectos consideran que el concreto pintado no es un concreto arquitectónico. Es necesario evaluar cada proyecto para determinar si se tendrá que utilizar pintura o un sellador para así poder escoger el producto más conveniente.

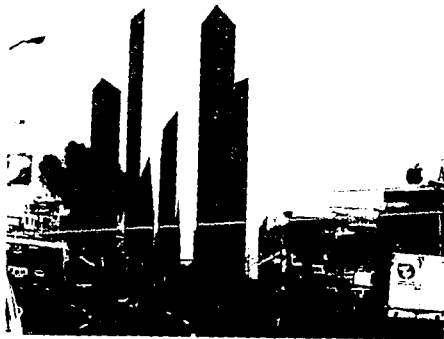


Foto 27 Torres de Satélite. Arq. Luis Barragan y Matias Goeritz. Las torres son coladas en concreto y luego pintadas. El problema es el mantenimiento, ya que hay que volverlas a pintar

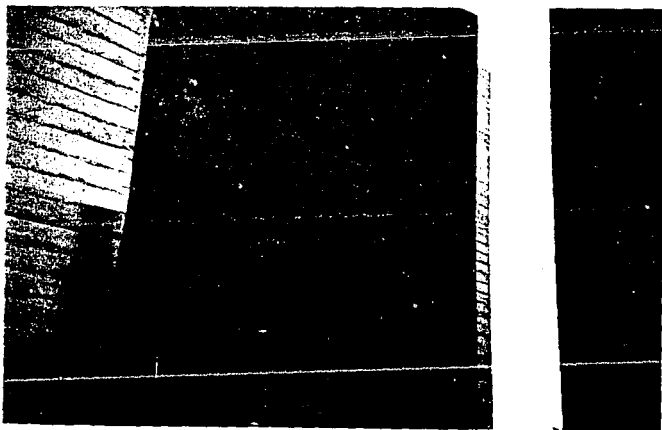
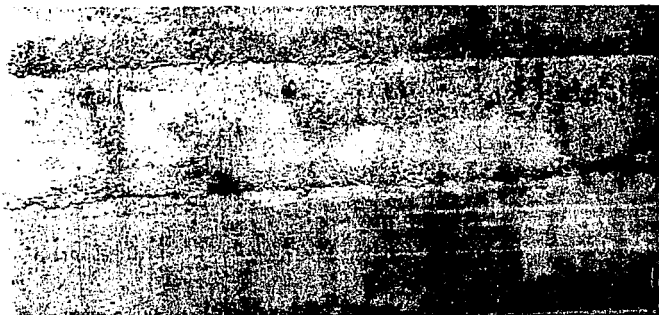


Foto 28 Detalle del colado de las torres

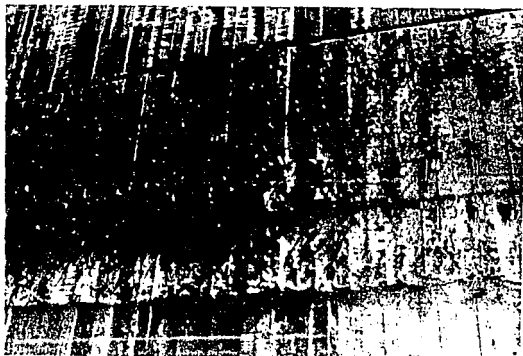


Foto 29 Detalle de un muro de concreto que ha sido pintado varias veces.

---

### **III.5.6. Decoloraciones e imperfecciones**

La mayor parte de las obras de concreto arquitectónico presentan algunas deficiencias. Muchos arquitectos consideran que éstas son parte de los atractivos del material, aunque los defectos son más tolerables en algunos tipos de acabado que en otros. Las superficies con agregado expuesto dan buenos resultados; por el contrario, el concreto aparente normal, liso y de color gris es uno de los acabados más difíciles de obtener con uniformidad. Las manchas y las indeseables variaciones en el color pueden presentarse, y en tal caso será necesario corregirlas.

De las imperfecciones sólo diremos que pueden ser el comienzo de una enfermedad del concreto por mala realización. Estas no sólo se ven mal, sino que pueden ser una grieta por la que penetre el agua y otros agentes externos que puedan intemperizar el concreto e iniciar el proceso de corrosión del acero de refuerzo. Este concreto que se ve mal hay que repararlo para que con el tiempo no cause mayores problemas.

---

### III.5.7. Aplanados de morteros

Los aplanados es el concreto aparente más usado. Este, a diferencia de los demás que se han explicado aquí, no va armado ni en la mayoría de los casos lleva agregado grueso, su composición es similar al concreto, es decir : cemento, arena, agua y agregado más bien delgado que grueso.

Su espesor en general no debe rebasar los 6 cm ya que entonces se tendría que reforzar con un armado. Este armado es del tipo del metal desplegado o malla, y le da adherencia al muro. Evita que el aplanado se fisure.

Este acabado es muy artesanal ya que generalmente lo pone un operario a mano y sólo con alguna sencilla herramienta. El proceso es similar a poner una pasta o yeso y la diferencia está en los componentes de la pasta.

La preparación de la pasta es similar a la del concreto, aunque claro, la preparación es en menores cantidades. Infiuye la superficie sobre la que se vaya a colocar, ya que ésta puede ser tabique, concreto, tabicón o estireno como es el panel W.

Se pone casi siempre en dos tendidas. Una sería la base y la segunda el acabado. A diferencia del concreto aparente en donde la cimbra es en la que se verá el acabado final, a menos de que se exponga el agregado. Al igual que el concreto hay que curarlo.

Hay que hacer muestras y verificar la calidad de los componentes al igual que en el concreto. En general este acabado después de fraguado se pintará. Si se deja aparente es muy fácil ver las diferentes etapas de su ejecución. Un operario promedio al día realizará 12 m<sup>2</sup>.

---

Se pueden hacer varias calidades.

#### **III.5.7.1. Fina**

El aplanado fino como comúnmente se conoce es utilizado en muros y plafones. Esta hecho con cemento, cal, arena fina y agua. En la mayoría de los casos el terminado será pintado.

#### **III.5.7.2. Mediana**

El aplanado con una textura mediana es conocido como "rústico" se usa en aplanados de muros y plafones. Su realización es igual al anterior pero se usa arena gruesa. Esta al estarse regleando produce diversos tipos de texturas que son muy agradables: arañadas, rayadas, con cavidades, etc. El acabado será pintado.



---

### **III.5.7.3. Gruesa**

En base al tamaño del agregado. Por ser aplicado a mano, un agregado muy grueso no es fácil de usar ya que pesa mucho. Sin embargo, hay bombas que lanzan concreto con el que se podría trabajar un acabado rugoso el cual comentaremos más adelante. Este acabado se fabrica igual que los anteriores pero aparte de la arena gruesa se le agrega granzón. Al darse el acabado se podrán ir quitando las gravillas lo que dará origen al acabado "serroteado", el cual da una textura muy agradable, pero muy agresiva. Podrá usarse en exteriores con muy buenos resultados. Se puede dejar aparente o pintarse.

---

A este aplanado se le podrá agregar granzón de mármol en lugar de grava de mina triturada y se podrá martelinar. Lo que dará un concreto aparente muy barato.

#### Foto 30

Es muy importante calcular los esfuerzos que tendrá esta delgada capa de concreto, que se puede romper muy fácilmente. Es sumamente importante cuidar los esfuerzos por temperatura y las juntas de colado al igual que la superficie sobre la que se va a poner esté húmeda. Cuidar esto evitara las grietas.

Es posible martelinarlo, aún cuando solamente muy fino. Los cementos son los mismos, la arena la misma, la grava igual y el agua. La apariencia final de este concreto es de varios tipos como ya se dijo, pero finalmente es barato y se puede pintar del color que se quiera.

---

### **III.5.8. Morteros de color**

Este mortero se hace a base de cemento blanco y colorante. No es recomendable hacerlo con cemento gris ya que se pierde el brillo del color. No hay gran variedad de colores, pero lo más importante es que el color con la luz solar se va degradando. Hay colores más duraderos y otros que definitivamente con el tiempo se perderán.

El uso para los morteros de color es más bien para junteo.

### **III.5.9. Concreto lanzado**

Esta es una técnica que usa una bomba que lanza el concreto. Tiene varios usos, pero entre los que nos interesa para la apariencia del concreto están los siguientes:

#### **III.5.9.1. Muros de contención**

En cortes a terrenos como en carreteras, donde después de meter maquinaria de excavación el terreno por su blandura o por intemperización se puede debilitar y derrumbar, es aquí donde se usará la técnica de poner una malla metálica y luego se lanzará el concreto, a manera de protección del terreno. La apariencia visual puede ser tal y como queda o después de que se lanzó el concreto con la misma grúa, pasar un operario que alise o dé cierta textura al concreto para su apariencia final. Aquí como se ve, no existe la cimbra.

#### **III.5.9.2. Muros y losas**

A una escala más reducida en la construcción de casas o edificios usando sistemas de construcción como el "panel W", el "covintec", y varias marcas más

---

en las cuales un tablero de 1.22 por 2.44 m está realizado en una pequeña malla electrosoldada y puede tener un centro de tubos de cartón o de poliestireno u otro sistema que aligerará la construcción. Estos paneles se unen entre si, para formar la construcción y levantarla, para después con la bomba lanzar el concreto y una vez fraguado éste ser el sistema constructivo. Aquí, al igual que en el anterior no existe cimbra, pero dada su escala es más fácil darle un acabado, con lo que la gama de acabados será mayor.

En esta no se podrá vibrar el concreto, pero si se deberá curar como todo concreto.

---

### **III.6. Especificaciones de diseño**

#### **III.6.1. Características arquitectónicas**

##### **III.6.1.1. Criterios generales de aceptación**

Las superficies de concreto arquitectónicamente aceptables deben tener un aspecto agradable, con variaciones mínimas de color y textura, y el menor número posible de defectos en la superficie al observarlas a una distancia de 6 m, u otra especificada.

##### **III.6.2. Medición**

Está fuera del objetivo de esta tesis establecer reglas de medición precisas o definitivas. Sin embargo, dentro de cualquier elemento discreto o series de elementos similares de construcción, generalmente se espera y se requiere un elevado grado de uniformidad visual.

Las variaciones de color y tono se minimizan mediante lo siguiente:

- a) Control apropiado de los componentes de las mezclas de concreto y de la consistencia.
- b) Programas uniformes de entrega del concreto.
- c) Prácticas uniformes en la aplicación del preparado que se recomienda para las superficies de la cimbra, así como en la erección y remoción de ésta.
- d) Velocidad uniforme y métodos comprobados para el colado y la compactación del concreto.
- e) Programación del colado para eliminar las variaciones extremas de las condiciones ambientales.
- f) Métodos y procedimientos de curado adecuados y uniformes.

- 
- g) Operaciones de acabado oportunamente ejecutadas.

### III.6.3. Acabados

Las superficies o texturas están agrupadas en dos clases generales:

- a) Superficies no tratadas, en las que el mortero es el principal componente visible y la textura es la que proporciona la superficie de la cimbra.
- b) Superficies que son tratadas en la obra mediante la remoción del mortero superficial para exponer el agregado subyacente, ocultando total o parcialmente la textura impartida por la cimbra.

### III.6.4. Diseño arquitectónico

#### III.6.4.1. Criterios generales

Los criterios de diseño arquitectónico para lograr con más facilidad resultados aceptables deben comprender:

- a) Aislamiento o división de las superficies de concreto en áreas modulables por medio de la incorporación de patrones rústicos o de juntas o mediante el empleo de tableros.
- b) Planeación sistemática para integrar las juntas de construcción a los requisitos estructurales y a las posibles secciones de colocación del concreto.
- c) Empleo de cimbra con superficie texturizada, de acabados texturizados para concreto, o de otras características de relieve.
- d) Eliminación de superficies de concreto muy extensas, uniformes e ininterrumpidas.

---

### III.6.4.2. Detalles del diseño arquitectónico:

- a) Pueden obtenerse esquinas arquitectónicas en ángulo agudo o en ángulo recto, pero la cimbra debe detallarse para facilitar el descimbrado sin dañar el concreto y para protegerlo contra el deterioro durante y después de la construcción.
- b) Cuando las consideraciones estéticas lo permitan, las esquinas exteriores deben ser protegidas mediante la inserción de listones de chafalán en las esquinas interiores de la cimbra. Estos listones deben tener en su superficie la misma textura que las cimbras adyacentes y deben estar empalmados sólo en las juntas de concreto. Los listones de chafalán de madera deben tener un ancho mínimo de superficie de 25 mm. También existen cimbras de esquina, de plástico o de metal. Los listones de chafalán deben sujetarse segura y firmemente a las cimbras a intervalos cortos y uniformes.
- c) Las juntas de aislamiento del área pueden estar remetidas en la superficie del concreto mediante la aplicación de tiras adosadas a la superficie de la cimbra.
1. Los espesores recomendados para las juntas son :
    - a) En el caso de pequeñas ranuras biseladas o de patrón: 20 mm.
    - b) Para juntas de control y divisiones de tablero: 40 mm.
  2. Las tiras adosadas deben tener un bisel no menor de 15 grados para facilitar su remoción, y deben estar profundamente cortadas con sierra en su lado posterior (lado de la cimbra). ( El corte se define

---

como un pequeño ángulo o ahusamiento en la cimbra para superficies con cimbra remetida, el cual facilita su liberación al descimbrar).

3. En los criterios para empalme y sujeción de listones de junta se requiere que los ajustes sean precisos, que todas las juntas se hagan en función de la impermeabilidad del mortero, que el material no se expanda por absorción de humedad y que todos los agujeros de clavos sean exactos.

4. La sección transversal de los listones biselados debe ser uniforme y tener resistencia suficiente para mantener la alineación durante las operaciones de cimbrado y colado del concreto.

a) Los listones metálicos, y otros de rigidez similar, deben tener un ancho mínimo de 20 mm.

b) El ancho de los listones biselados de madera debe ser al menos igual a su espesor.

5. Las intersecciones de las tiras adosadas deben estar cortadas a escuadra o rebajadas y ajustadas con precisión.

6. Las tiras adosadas pueden colocarse de manera que cubran las juntas de la cimbra.

d) El movimiento descendente del agua sobre superficies verticales debe ser interrumpido en cada saliente horizontal o angular, y debe favorecerse el drenaje mediante goterones en los bordes del plafón. Estos deben estar situados lo más cerca posible de la superficie externa, pero no a menos de 25 mm de la superficie acabada.

e) Los sólidos acarreados por el aire, que tienden a precipitarse y acumularse sobre las superficies horizontales, deben ser continuamente



---

expulsados favoreciendo la liberación de contaminantes con ayuda de la gravedad. Los antepechos deben tener un ligero declive, y las superficies superiores de las cavidades deben tener una pendiente hacia arriba de la horizontal. Dichas pendientes pueden variar desde 1: 12 para superficies lisas, hasta 1:1 para superficies texturizadas.

f) El proyecto arquitectónico debe proveer en las superficies superiores o de desgaste con detalles que sobresalgan. En los parapetos el declive debe estar lejos del frente. Deben evitarse salientes horizontales en las cavidades verticales, así como el empleo de texturas y de superficies horizontales.

### **III.6.5. Especificaciones.**

Las siguientes especificaciones están tomadas del ACI -303 capítulo 1:

**1.5.1. Aspectos generales.** Las especificaciones suelen ser de uno de los tipos siguientes o una combinación de ambos.

a) Comportamiento: La calidad del producto terminado está especificada. En este caso la responsabilidad total recae sobre el contratista. Pueden sugerirse métodos recomendados.

b) Prescripción: Se especifican métodos, materiales y procedimientos detallados. La mayoría de los proyectos de agregado expuesto son una combinación de ambos, en la que se especifican las proporciones del agregado, la marca del cemento y la frecuencia mínima de vibrado, para asegurar hasta cierto punto el éxito sin especificar métodos reales de construcción.

**1.5.2 Muestra de referencia de diseño.** Los requisitos de calidad y apariencia de la superficie deben referirse, para fines de cotización, a una muestra o muestras reales que

---

exhiban las superficies, colores y texturas deseadas, preparadas bajo la dirección del arquitecto y etiquetadas como muestras de referencias de diseño. Una muestra de tamaño mínimo de 45 x 45 cm y 5 cm de espesor proporciona un área suficiente para la exposición y el espesor necesario para permitir el martelinado de la superficie y, sin embargo, sigue siendo de fácil manejo. La muestra debe colarse, vertical u horizontalmente, de manera similar a la posición en la que se colocará el concreto definitivo.

Estas muestras de muros u otros elementos representativos de la construcción deben estar disponibles para la inspección y el examen por parte de los posibles concursantes. Las muestras deben ser validadas por escrito tanto por el propietario como por el arquitecto o el ingeniero, a fin de que tengan el mismo estado legal que los documentos del contrato.

En casos especiales, tales como ampliaciones de un edificio o estructura adicionales dentro de un grupo o complejo ya existente, es aceptable utilizar como referencia un edificio ya construido que contenga elementos de la calidad y el aspecto deseados. En general, la referencia a edificios no adyacentes no es recomendable.

**1.5.3 Conferencia previa a la cotización.** Debe celebrarse una conferencia previa a la cotización entre el arquitecto, el ingeniero y los contratistas que sean posibles concursantes. Durante esta conferencia pueden explicarse y aclararse las expectativas y requisitos especiales. Al mismo tiempo, los contratistas tendrán la oportunidad de señalar cualesquiera aspectos de las especificaciones que hagan imposible lograr el efecto deseado.

---

**1.5.4 Modelo a escala de preconstrucción.** El modelo de preconstrucción de proporciones a escala se define como una muestra de tamaño natural de la construcción de concreto arquitectónico en la obra presentada por el contratista y hecha con el equipo, los materiales y los procedimientos de construcción propuestos. Debe obtenerse de los especificadores la aprobación escrita del producto terminado antes de comenzar la estructura principal.

El modelo de preconstrucción suele ser construido en el sitio de la obra por el contratista que obtuvo el contrato, antes de comenzar la parte arquitectónica de la obra principal. En obras excepcionalmente grandes puede construirse otro modelo de preconstrucción, bajo un contrato especial, para determinar la factibilidad de uso de los diversos materiales, tratamientos y procedimientos, antes de redactar las especificaciones arquitectónicas particulares del proyecto.

La altura y el ancho totales del modelo serán tales que permitan que la demostración de la construcción de pisos, columnas y muros sea completamente evidente. Con el fin de incorporar las juntas, el refuerzo y los accesorios especificados, las dimensiones unitarias de los elementos del modelo se hacen a escala máxima. Todos los materiales de construcción empleados en el modelo deberán ser los que se planea emplear durante la construcción real del proyecto. El modelo debe incluir un área reparada para determinar con anticipación una correspondencia aceptable en el color y textura, que se empleará cuando sea necesario un trabajo de reparación. Al evaluar esta área experimentalmente reparada, debe recordarse que la reparación debe tener la edad suficiente para proporcionar un indicio real de su color. Las reparaciones en el modelo deben tener al menos 1 mes de edad antes de poder juzgar si son aceptables o no. Para apresurar la construcción del proyecto, debe hacerse un mínimo de cinco variaciones de color de la mezcla para seleccionar el tono que se parezca más al de la construcción

---

real. El tiempo y el dinero utilizados para para perfeccionar un procedimiento de reparación pueden representar un ahorro importante en el resultado final del proyecto.

Cuando sea factible el colado del concreto arquitectónico, el tratamiento y los procedimientos pueden evaluarse sobre las partes de la estructura que a la postre quedarán ocultas, como son los muros de los sótanos.

### **III.7. Control de calidad**

La calidad del concreto arquitectónico dependerá del control que se obtenga sobre cada uno de los puntos que intervienen en su realización.

La calidad será la que nosotros queramos dar y esto solamente se dará si nuestras especificaciones son claras.

#### **III.7.1. En la cimbra**

El control de calidad sobre la cimbra se dá básicamente en dos puntos:

- La calidad del material, y
- La calidad de la mano de obra

La calidad del material quedará asentada en especificaciones escritas y en pruebas que se harán a éste, para comprobar que lo que se pidió es lo que nos están entregando.

En lo que se refiere a la calidad de mano de obra, el principal problema que tenemos en nuestro país es la falta de mano de obra capacitada. Sin embargo el proyectista diseñará la cimbra para hacer el concreto aparente, y será el constructor el que capacitará y tratará de mantener a su grupo de operarios especializados.

---

Es altamente recomendable antes de empezar a hacer un concreto aparente que se realicen muestras reales de la cimbra, para que se localicen problemas que después podrían afectar seriamente nuestro acabado aparente.

En el caso de precolados en donde por ser una fábrica es factible que se mantenga una plantilla de operarios capacitados, el control de calidad se dará más fácilmente. Al industrializar el proceso de producción de piezas de concreto armado en el que quedará el concreto aparente encontraremos que nuestra norma de calidad será más alta.

Dentro de los puntos importantes que deberán contemplarse en el control de calidad de la cimbra será el número de usos que se pueda dar a cada una de ellas y que mantenimiento se le dará entre uso y uso.

### **III.7.2. En la selección de materiales**

El control de calidad en la selección de materiales es de suma importancia, ya que no sólo afectará la resistencia física del concreto sino también la apariencia que es la que más nos importa en ésta tesis.

Para el control de calidad del material tendremos que estar apoyados por laboratorios de control de calidad, que cumplan con las normas mínimas y que cuenten con los equipos necesarios.

La Norma Oficial Mexicana NOM-CC-13-1992, de la Dirección General de Normas, nos dice cuáles son "Los criterios generales para la operación de los laboratorios de pruebas"

Para colados en sitio, estas pruebas deberán ser hechas en laboratorios establecidos. Para plantas de prefabricación es de primera necesidad que cuenten con este laboratorio. Las pruebas que se hagan a todos los materiales deberán estarse haciendo continuamente ya que los bancos pueden tener

---

diferentes propiedades. Los laboratorio darán las recomendaciones necesarias para la optimización de los componentes.

### **III.7.3. En el acabado aparente**

El control de calidad para el resultado final debe ser rigurosamente cuidado en cada una de las partes. Agregados, procedimientos, equipos y la mano de obra, que debe ser especializada.

El control de calidad debe estar supervisado en cada una de sus partes. Deberá existir un supervisor altamente capacitado, con la experiencia necesaria en acabados aparentes. Este debe conocer la especificación exacta del diseñador para que desde un principio se planee como llegar a ese acabado y no se llegue a sorpresas.

El control de calidad en este tipo de acabados, radicará en que los operarios trabajen de manera muy similar su mano de obra.

### **III.7.4. Planeamiento de la obra**

El éxito del control de calidad y por tanto del concreto arquitectónico aparente, inicia desde la cooperación estrecha y eficiente que exista entre el contratista, el proveedor del concreto, en caso de ser premezclado, los operarios y la calidad del equipo que se use.

El proceso inicia con la decisión de tener concreto hecho en obra o de comprarlo a una premezcladora.

En el primer caso la mezcla se hará cumpliendo las normas y reglamentaciones correspondientes a mezclado del concreto en obra. Es importante hacer las suficientes pruebas para ver las posibilidades de error y de resultados. En el segundo la premezcladora se hará cargo de la garantía.

---

Hay que saber manejar los volúmenes de obra que uno puede manejar diarios para que el concreto arquitectónico salga con una calidad uniforme.

El equipo debe estar limpio y despues de usarlo se debe limpiar cuidadosamente.

- 
- Superplastificadores usados para acelerar el curado, clima frío pueden afectar la apariencia.
  - Inclusores de aire: se tienen que usar donde hay posibilidad de congelamiento.

#### La cimbra

- Hay que dibujar y analizarla si puede ser construida correctamente. Es recomendable que el arquitecto participe en el diseño de ésta.
- Concreto arquitectónico de mejor calidad es hecho cuando existe una buena relación con el contratista. De ser posible esto hay que dejarlo dentro del contrato de éste.
- Los arquitectos deben diseñar paneles que sean factibles de colar en un solo tramo. Diseñar las juntas de colado y de expansión. Se recomiendan colados no mayores de 7.31 a 9.14 metros por la altura típica de entrepiso, esto es una buena dimensión para colar.
- El arquitecto debe estudiar la forma de los atezadores y su colocación y especificar la forma de relleno de esos huecos.
- No se debe escatimar la rigidez de la cimbra por la forma.
- A menudo ocurre que paneles juntos quedan desalineados por una pobre sujeción de la cimbra.
- Diseñar cimbra reutilizable es importante para la economía y la programación.
- Formas estándar se pueden conseguir en una variedad de texturas y son económicas.
- Por otra parte una real forma de tablero absorberá el polvo de diversas formas: creando una pátina.



#### IV. CONCLUSION

---

El concreto como material arquitectónico tiene muchas cualidades pero para que pueda causar una sensación estética debe estar impecablemente bien realizado en la muchas facetas que puede mostrar. El dominio de la técnica facilita el diseño. La tecnología ha sido brevemente reseñada. Cada una de las partes que componen en sí el concreto cuenta; cada uno de los pasos dentro de su realización es igualmente determinante. Cada componente es importante. Pero estos no son mas que producto de una disciplina en la ejecución; del conocimiento de la tecnología del concreto y de los métodos de prueba de laboratorio. La práctica facilita este proceso. Con el dominio se pueden seguir encontrando nuevos concretos arquitectónicos. Cada innovación en sus componentes o en sus pasos en la realización nos conducirán a algo nuevo.

La riqueza de nuestro suelo nos da una gama infinita de arenas y piedras que conformarán nuevos concretos, que junto con las diferentes tonalidades de cementos nos producirán concretos regionales. La mano de obra de México, es barata aún cuando ya no tan abundante, hace del concreto el material por excelencia a usar en México. El concreto aparente en su modalidad de aplanados repellados, enjarrados y posteriormente pintados es ya famosa mundialmente, resta ahora al concreto tener su desarrollo.

Los siguientes puntos, nos ayudan a sintetizar lo dicho a lo largo de este trabajo:

- El concreto arquitectónico va contra la práctica actual de la construcción. En lugar de ser hecho en una fábrica o tienda es formado, colocado- a veces mezclado- en el lugar de la construcción. Esto es una diferencia crucial por su enfoque en el detalle y especificación.

- 
- Colado en sitio, el concreto arquitectónico tiene al menos una cara que intensionalmente se dejará como acabado final.
  - En el concreto, la experiencia es que el diseñador debe evitar preconcepciones sobre la calidad de la superficie y debe trabajar con lo que los contratistas son capaces de hacer.
  - Realmente no es fácil rechazar un concreto mal hecho. En algunos casos hay que acostumbrarse a vivir con este.
  - Esperar que el concreto colado en sitio tenga la apariencia de una piedra es poco realista. La superficie será más aceptable si el diseñador toma las desventajas como cualidades de diseño y está consciente la distancia desde la cual será apreciado el concreto. La norma de la industria es de juzgar a una distancia de aproximadamente 6 m
  - El mayor enemigo de la calidad de la superficie son las burbujas de aire. Las cuarteaduras también son un gran problema y dependiendo de su tamaño estas pueden afectar la durabilidad del concreto. Las cuarteaduras pueden ser minimizadas por una mezcla correcta, refuerzo y diseño del panel.
  - Los vacíos son eliminados con una correcta vibración. Es más fácil obtener superficies libres de burbujas usando superficies pulidas. Algunos defectos de superficie son fácilmente disfracables por formas entabladas o con otros patrones.
  - Juntas frías no visibles ( cuarteadura hecha por un colado posterior y uno ya endurecido ) pueden ser minimizadas usando medidas de paneles acordes con la cantidad de concreto que realmente puede ser colada en una jornada.

- 
- La continuidad del color es afectada por que tan consistentes son las mezclas hechas, por la condición de la mezcla y por la medición del tiempo del descimbrado.
  - Mejor que tratar y especificar una absoluta calidad para la superficie acabada, tratar de determinar cual será la mejor mezcla que podrá hacer la habilidad del contratista.
  - Es bueno hacer tres pruebas con sistemas constructivos actuales y uno con una propuesta nueva. De ésta se sacará la mejor experiencia y se aceptará como la mejor calidad de mano de obra, que será el mínimo aceptable. Esta será la que se repita en toda la obra.
  - Algunos arquitectos van aún mas: Reginald Hough , un prominente consultor de concreto usado por Pei, Cobb, Freed, recomienda que el arquitecto haga sus propias muestras para transmitir la calidad de superficie deseada. Estas serán los estandares a seguir. Harris propone capacitar a los operarios de vibradores y usar solamente personal certificado.
  - El cemento blanco da más posibilidades de color. Los grises son inconsistentes. Más importante es precisar la combinación de cemento y colorante entre mezcla y mezcla.
  - Cenizas volátiles: Estas son usadas para sustituir algo del cemento Portland en la mezcla y no todas son estables en color

#### En aditivos

- Pigmentos: la calidad se ha mejorado.
- Superplastificadores: Reducen la cantidad de agua necesaria, se recomiendan para obtener una superficie consistente. Aditivos que retardan el fraguado pueden ser útiles para evitar juntas de colado indeseables.

- 
- La construcción de cimbras, tiene mucho que hacer en esquinas, firmes pero rompibles, juntas, y detalles.
  - No se deben dibujar detalles a 1 a 50, sino 1 a 1.
  - Los materiales de la cimbra deben ser consistentes:

Si se tiene una cimbra de placa metálica lisa y se pone un esquinero de madera el resultado será una horrorosa esquina.

#### El proceso

- Por que es importante establecer calidad aceptable antes que de empezar el colado, un número de pasos debe seguirse, su cuidadosa elaboración será determinada por la calidad final del trabajo requerido.
- Juntas anteriores al colado: es ideal que 30 días antes del colado existan juntas con el contratista para evaluar el proceso de cimbrado y colado. Con este tiempo todas las partes podrán opinar y discutir los puntos difíciles y entender el nivel de calidad.

#### Muestras »

- Estas son importantes para evaluar la apariencia final y las técnicas. Ellas permiten evaluar el color y la consistencia de la superficie, técnica de cimbrado y la habilidad del contratista en evitar una subvibrado del concreto que nos traería cavernas o un sobre vibrado que nos podría segregar la mezcla.

#### Curado

- El curado de las superficies no cimbradas es diferente que el de las cimbradas. Algunos curados cambian la superficie del concreto aparente aún cuando por dos meses.



Foto 30 Muestras de concreto realizadas para el edificio del INEGI

#### Reparaciones

- Hay quienes creen mejor dejar los defectos sin reparar que reparados. Las muestras pueden servir para probar técnicas de reparación

#### Acabados finales

- Un baño ácido o un ligera limpieza con arena soplada pueden dar una agradable apariencia al concreto pero son restringidas por leyes del medio ambiente.
- La pintura cubrirá algunos defectos pero exagerará otros.

#### IV.1. Hacia el futuro

La tecnología mecanizada del futuro nos dará nuevos concretos arquitectónicos, que aún ahora ya vemos en los precolados.

---

La mano de obra artesanal como la que tenemos en México actualmente, eventualmente desaparecerá. Nuevos aditivos, nuevos agregados nos seguirán llevando por una evolución. Indudablemente la calidad del concreto siempre se optimizará.

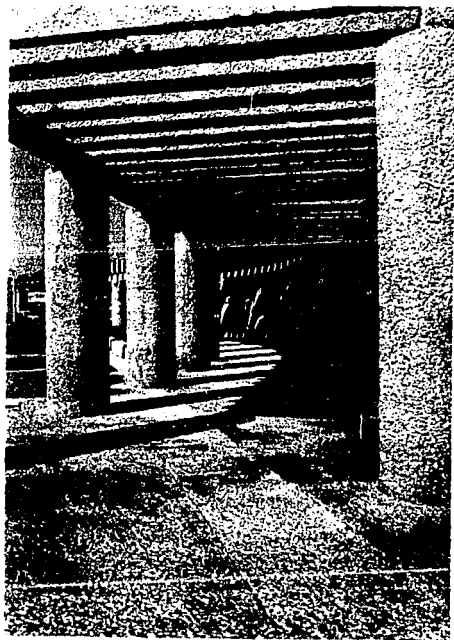


Foto 31 Plaza Rufino Tamayo. Arq. Teodoro Gonzalez de León(1993). Se usó concreto arquitectónico aparente en piso, muros, columnas y pergolas.

## V. Lista de fotografías

---

- Foto 1 La Nacional, Cia. de Seguros. Arq. Manuel Ortiz Monasterio (1932)
- Foto 2 La Nacional, Cia. de Seguros. Arq. Manuel Ortiz Monasterio (1932). Detalle
- Foto 3 Pabellón de Rayos Cósmicos. Arq. Jorge Gonzalez Reyna ( 1958)
- Foto 4 Instituto Nacional Indigenista. Arq. Alejandro Caso (1962)
- Foto 5 Edificio Mar Flo. Arq. Ricardo Legorreta (1972)
- Foto 5a y 5b Detalles del Edificio Mar Flo
- Foto 6 Marca de la cimbra. Arq. Enrique de la Mora.
- Foto 7 Agujeros. Edificio Hewlett Packard. Arq. Teodoro Gonzalez de León y Arq. Francisco Serrano. ( 1993)
- Foto 8 Amarres. Este nunca se quitó
- Foto 9 Edificio del INEGI
- Foto 10 Molde de fibra de vidrio. Centro Comercial Santa Fe. Arq. Javier Sordo Madaleno (1994).
- Foto 10 Juntas de colado y troqueles. Hotel Presidente Chapultepec. Arq. Juan Sordo Madaleno (1978)
- Foto 11 Detalle de la foto anterior
- Foto 12 Concreto aparente de cimbra metálica
- Foto 13 Escultura de la Ruta de la Amistad (1968)
- Foto 14 Escultura de la Ruta de la Amistad ( 1968)
- Foto 15 Escultura de la Ruta de la Amistad ( 1968)
- Foto 16 Ejemplos de pisos con patrones estampados
- Foto 17 Concreto estampado
- Foto 18 Textura de concreto arquitectónico con agregado expuesto
- Foto 19 Detalle del Sanborns de Avenida Mazarik

---

Foto 20 Martelinado

Foto 21 Martelinado Hotel Mandarin House. Arq. Javier Sordo Madaleno ( 1995)

Foto 22 Hotel Mandarin House.

Foto 23 Centro Cultural Arte Contemporaneo. Arq. Javier Sordo Madaleno ( 1986)

Foto 24 Detalle del edificio anterior

Foto 25 Edificio del INEGI en Aguascalientes. Arq. Alejandro Caso, Arq. Margarita Chavez.  
Arq. Asociado Martín Yañez y Arq. Andrea Martín

Foto 26 Torre Manhattan. Arq. Teodoro Gonzalez de León y Arq. Abraham Zabludovsky

Foto 27 Torres de Satélite. Arq. Luis Barragán y Mathias Goeritz

Foto 28 Detalles del colado

Foto 29 Detalle de un muro de concreto pintado varias veces

Foto 30 Muestras de concreto arquitectónico aparente para el Edificio del INEGI

Foto 31 Plaza Rufino Tamayo



## VI. BIBLIOGRAFIA

---

BACHER, Max,  
HEINLE, Erwin,

Construcciones en hormigón visto,  
80 ejemplos de su utilización con  
indicaciones sobre planeamiento y  
realización, 1era ed., Barcelona, España,  
Ed. Gustavo Gili, S.A., 1967, pp.5-170.  
Título original: "Bauen in Sichtbeton",  
Traducción: Roberto Terradas Vía, Arq.

CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION,

El concreto en la obra, cemento, agregados,  
colado y compactación del concreto,  
México, D.F., Instituto Mexicano del  
Cemento y del Concreto, A.C.,  
(1a reimpresión, 1992), 4 módulos.  
Título original: Man on the Job,  
traducción del IMCYC

NEVILLE, A.M.,

Tecnología del concreto, 3a., México, D.F.,  
Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C., (1a. ed., 1992), 3 módulos.  
Título original: Properties of Concrete,  
traducción del IMCYC

PARDINAS, Felipe.,

Metodología y técnicas de investigación en  
ciencias sociales, 1a ed., México, D.F.,  
SigloVeintiuno Editores, S.A. de C.V., 1969  
(31 era ed., 1989 ), pp. 5 -242.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Manual de aplanados de mortero de  
cemento Portland, 1a. ed., México, D.F.,  
Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C., (1a ed. 1992), pp.4-43.  
Título original: Portland Cement Plaster  
(Stucco) Manual, traducción del IMCYC

---

**AMERICAN CONCRETE INSTITUTE**

1992

Aditivos para Concreto.  
México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.

**AMERICAN CONCRETE INSTITUTE**

Concreto arquitectónico colado en obras. ACI 303, México, D.F., Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., (1a reimpresión, 1992), pp. 11-90.  
Titulo original: Guide to Cast-in-Place Architectural Concrete Practice

**AMERICAN CONCRETE INSTITUTE**

Detalles y detallado de acero de refuerzo del concreto (ACI 315-80), 1a ed, México, D.F., Editorial Limusa, S.A. de C.V., (1a reimpresión, 1990)

ECO, Umberto,

Cómo se hace una tesis, técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura, 1977, Barcelona, España, Editorial Gedisa, S.A., (9a. reimpresión, 1989), pp. 11-267.  
Titulo original: Come si fa una tesi di laurea. Versión castellana: Lucia Baranda y Alberto Clavería Ibañez

**AMERICAN CONCRETE INSTITUTE**

Curado del concreto (ACI-308), México, D.F., Editorial Limusa, S.A. de C.V., (2a reimpresión, 1989), pp. 9-54.  
Titulo original: Standard Practice for Curing Concrete. Traducción Ermilo Molina

---

**CONCRETE CONSTRUTION,**

Concreto arquitectónico,  
México, D.F., Editorial Limusa, S.A. de  
C.V., (4ta reimpresión, 1990). pp. 9-79.  
Titulo original: Guide to troubleshooting  
Site -cast. Architectural Concrete Problems  
Traducción: Arq. Jorge A. Sanchez  
Carenzo

**AMERICAN CONCRETE INSTITUTE**

Compactación del concreto (ACI 309 ),  
México, .D.F, Instituto Mexicano del  
Cemento y del Conceto, A.C., (1a ed.,  
1992), título original: Guide for  
Consolidation of Concrete. pp. 5-72

**KOSMATKA, Steven H., y  
PANARESE, William C.,**

Diseño y control de mezclas de  
concreto, 13ava. ed., México, .D.F, Instituto  
Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C., (1a. ed, 1992), pp. III-230.  
Titulo original: Design and Control of  
Concrete Mixtures, traducción Ing. Manuel  
Santiago Bringas

**McMILLAN, F.R., Y  
TUTHILL, Lewis, H.**

Cartilla del concreto, 1a ed., México, D.F,  
Instituto Mexicano del Cemento y del  
Conceto, A.C., 1992, pp. 3-37  
Titulo original: Concrete Primer

**CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA.**

Mensual.  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.  
Vol. VI No. 67 Diciembre de 1993

**CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA.**

Mensual.  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.  
Vol. V No. 50 Julio de 1992

---

**ARCHITECTURAL RECORD**

Mensual  
Mc Graw Hill  
1/1995

**PUTNAM, R.E. Y  
CARLSON, G.E.**

Diccionario de Arquitectura, Construcción y  
Obras Públicas, 3a ed., Madrid, España  
Editorial Paraninfo, 1994, pp. 9-534.  
Titulo original: "Architectural and Building  
Trades Dictionary",  
Traducción: Jose Benito Bacho