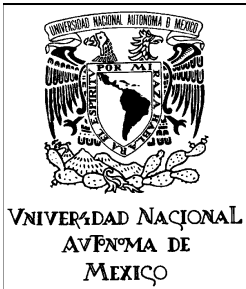

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERIA



FACULTAD DE INGENIERIA

**TECNOLOGIA DEL CONCRETO APLICADA A LAS FORMAS
ARQUITECTONICAS**

T E S I S

QUE PARA OBTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

INGENIERIA CIVIL – CONSTRUCCION
P R E S E N T A

JOSE RAMON GONZALEZ BARRON

TUTOR:

ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES



2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. Rodríguez Vega Miguel Ángel

Secretario: M.I. Mendoza Rosas Marco Tulio

Vocal: Ing. Cottier Caviedes Juan Luis

1^{er}. Suplente: Ing. Díaz Infante De La Mora Luis Armando

2^{do}. Suplente: Ing. Zárate Rocha Luis

Lugar donde se realizo la tesis:

Ciudad de México

TUTOR DE TESIS:

ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES

FIRMA

Agradecimientos.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**, por darme la oportunidad de seguir con mi formación profesional.

A la **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SINALOA**, por darme las bases y el apoyo para seguirme preparando.

Al **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**, por que sin su apoyo hubiera sido imposible realizar mis estudios de maestría.

A mis profesores de la maestría por haber compartido sus conocimientos y experiencias, especialmente a mi tutor por orientarme con paciencia y sabiduría en el desarrollo de la tesis.

A Mónica mi esposa por su paciencia y apoyo incondicional.

A mi hija Zoe por ser un motivo más por el cual alcanzar mis objetivos.

A mis padres y hermanos por ser parte fundamental en mi educación y contar con ellos en todo momento.

A la familia Mendoza Colado por contar con su amistad.

A mis compañeros de maestría por ser parte de esta travesía y compartir con ellos momentos agradables.

INDICE

| | Pag. |
|--|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| OBJETIVO | 2 |
| ALCANCES | 3 |
| CAPITULO 1 | 4 |
| 1. Generalidades | 4 |
| 1.1. Forma, Textura, Color Y Transparencia del concreto | 4 |
| CAPITULO 2 | 5 |
| 2. Forma | 5 |
| 2.1. Cimbra | 5 |
| 2.1.1. Cimbra Para Concreto Arquitectónico Versus Cimbra para Concreto Estructural | 9 |
| 2.1.2. Diseño Y Construcción De Cimbras | 9 |
| 2.1.2.1. Modulación Y Diseño | 10 |
| 2.1.2.2. Diseño Estructural | 11 |
| 2.1.2.3. Cargas De Diseño Para Cimbras | 12 |
| 2.1.3. Materiales Para Cimbras | 14 |
| 2.1.3.1. Madera | 14 |
| 2.1.3.2. Triplay | 16 |
| 2.1.3.3. Cimbras Metálicas | 17 |
| 2.1.3.4. Cimbras De Concreto | 20 |
| 2.1.3.5. Cimbras De Yeso | 21 |
| 2.1.3.6. Cimbras De Plástico | 21 |
| 2.1.3.7. Cimbras De Fibra De Vidrio | 24 |
| 2.1.3.8. Cimbras En Otros Materiales | 25 |
| 2.1.4. Descimbrado | 25 |
| 2.2. Obtención De Formas Por Medio Del Método Cad/Cam (Diseño Y Manufactura Con La Ayuda De La Computadora) | 26 |
| 2.2.1. Fabricación Digital | 27 |
| CAPITULO 3 | 29 |
| 3. Textura | 29 |
| 3.1. Tratamiento De Superficies | 30 |
| 3.2. Acabados En La Fase Fresca Del Concreto | 31 |
| 3.2.1. El Concreto Antes De Su Colocación | 31 |
| 3.2.1.1. Acabado Liso | 32 |
| 3.2.2. Cuerdas Insertadas | 32 |
| 3.2.2.1. Patrones | 33 |
| 3.2.2.2. Recubrimientos Integrales | 34 |
| 3.2.2.3. Prefabricados | 35 |
| 3.2.3. Acabados En Concreto Ya Colocado | 36 |
| 3.2.3.1. Acabado Con Llana | 36 |
| 3.2.3.2. Acabado Escobillado | 36 |
| 3.2.3.3. Concreto Estampado | 37 |
| 3.2.3.4. Diseños Incrustados | 43 |
| 3.2.4. Acabados En Concreto Endurecido | 44 |
| 3.2.4.1. Lavado Con Abrasivos | 45 |

| | | |
|---------------------------|--|----|
| 3.2.4.2. | Abujardado | 46 |
| CAPITULO 4..... | | |
| 4. | Color | 48 |
| 4.1. | Diseño De Mezclas De Concreto Blanco O Color (Pigmentos) | 48 |
| 4.1.1. | Selección Del Cemento | 50 |
| 4.1.2. | Selección De Los Pigmentos..... | 50 |
| 4.1.2.1. | Pigmentos De Origen Orgánico (Naturales)..... | 51 |
| 4.1.2.2. | Pigmentos Inorgánicos (Sintéticos) | 52 |
| 4.1.3. | Efecto De Los Pigmentos Sobre Las Propiedades Físicas De Las Mezclas 54 | |
| 4.1.3.1. | Mezclas En Estado Fresco..... | 54 |
| 4.1.3.2. | Mezclas Endurecidas | 55 |
| 4.1.4. | Durabilidad Y Permanencia Del Color | 55 |
| 4.2. | Color A Base De Oxidantes En Concreto Endurecido | 56 |
| 4.2.1. | Función De Los Ácidos..... | 56 |
| 4.2.2. | Datos Técnicos | 57 |
| 4.2.3. | Aplicaciones Del Sistema | 57 |
| 4.2.4. | Modo De Instalación | 58 |
| 4.2.4.1. | Cuidados En Superficie..... | 59 |
| 4.2.4.2. | Proceso De Aplicación | 59 |
| CAPITULO 5..... | | |
| 5. | Transparencia | 62 |
| 5.1. | Antecedentes | 63 |
| 5.2. | Concreto Translucido (Litracon)..... | 64 |
| 5.2.1. | Características De La Mezcla..... | 66 |
| 5.2.2. | Datos Técnicos | 66 |
| 5.2.3. | Características De La Fibra Óptica | 67 |
| 5.3. | Concreto Translucido (Mexicano)..... | 70 |
| 5.3.1. | Contenido De Los Componentes Del Concreto (Aditivo) | 71 |
| 5.4. | Pruebas Para Tratar De Producir Concreto Translucido..... | 71 |
| 5.4.1. | Conclusiones De Las Pruebas..... | 75 |
| 5.5. | Diferencias Entre El Concreto Translucido (Illum) Y El Litracon | 76 |
| CAPITULO 6..... | | |
| 6. | Caso "Concreto Oxidado Oficinas Mazatlán"..... | 78 |
| 6.1. | Elaboración del concreto oxidado..... | 78 |
| 6.2. | Observaciones..... | 82 |
| CONCLUSIONES | | |
| | | 84 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | |
| | | 86 |

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el concreto es uno de los materiales de construcción más usados por los constructores en todo el mundo, es por eso de la importancia que tiene el estudio de todas sus posibilidades de uso, ya sean estructurales o estéticas. En los inicios del uso del concreto portland solo se utilizaban sus propiedades estructurales, haciendo a un lado las características y ventajas de su apariencia y acabado.

Debido a las tendencias en diseño arquitectónico que se han venido dando desde inicios del siglo pasado, se ha valorado en gran manera la apariencia, textura y acabado que se pueden lograr con este material, aumentando con esto la necesidad de estudios sobre las diferentes posibilidades estéticas que el concreto arquitectónico nos puede brindar.

Sin embargo, al momento de utilizar este material como un elemento estético empiezan las complicaciones para muchos constructores, ya que los cuidados que se deben de tener en el concreto para lograr una buena apariencia, van más allá de los necesarios para lograr la resistencia especificada por el estructurista. Para lograr un buen concreto arquitectónico es necesario tener en cuenta un gran número de cuidados, desde la clasificación de los agregados, mezclado, transporte y colocación entre otros.

Son tales las bondades del concreto arquitectónico que nos brinda la posibilidad de poder lograr formas, texturas, colores e incluso transparencias.

La siguiente investigación se ha realizado bajo un eje rector, el cual esta clasificado en **forma, textura, color y transparencia** en el concreto, partiendo de manera general con cada uno de los temas y seleccionando las fases de la aplicación de la tecnología del concreto que a nuestro criterio corresponde en cada uno de estos aspectos, desglosando la información de tal forma que lleguemos a las particularidades de cada una de ellas.

OBJETIVO

Hoy en día, a pesar de haber un sin número de investigaciones y avances tecnológicos en el área del concreto y específicamente en el arquitectónico, todavía es muy común ver muchas construcciones con una aplicación muy deficiente de esta tecnología, muchas veces tratando solamente de cumplir con las especificaciones de resistencia y dejando a un lado la apariencia, debido tal vez a una gran desinformación o a la falta de una guía de aplicación de concretos arquitectónicos que sea fácilmente digeribles por las personas dedicadas a la construcción sobre los cuidados necesarios para lograr un concreto que no solamente sea resistente, sino también, durable y estéticamente agradable a la vista.

Es por esta razón que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo:

Recabar toda la información necesaria, ya sea en bibliografía o directamente de sus aplicaciones en campo, acerca de la **aplicación de la tecnología del concreto en la creación de elementos arquitectónicos**, y así, generar una especie de manual o guía dirigido especialmente a ingenieros, arquitectos, técnicos de la construcción y en general para toda aquella persona relacionada con estas áreas, con el fin de lograr construcciones en donde se aplique la tecnología del concreto de tal manera que se logren acabados arquitectónicos de excelente apariencia.

Además esperamos con esto crear una conciencia mas humana en la concepción de grandes obras de infraestructura, en donde no se busque solamente la función de las estructuras sino también lograr que estos elementos sean agradables a la vista de los usuarios, contribuyendo así al mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

ALCANCES

Este trabajo es resultado de una investigación bibliográfica, por lo tanto es de tipo descriptivo. Se ha logrado con esto recabar una serie de información seleccionada minuciosamente de los tipos de concreto arquitectónico, sus usos, aplicaciones y posibles defectos, con el fin de servir como una herramienta útil para la correcta elaboración de los mismos.

Sin duda alguna hay diferentes temas de investigación que se pueden desprender de este, como es el caso del concreto traslucido, el cual por su reciente descubrimiento esta abierto a varias investigaciones respecto a sus propiedades estructurales y estéticas, entre otras. Además hoy en día la computación por medio de programas CAD están entrando en la fabricación de concretos arquitectónicos específicamente aplicados a la forma, y por ser una tecnología todavía en desarrollo, esta abierta a investigación.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

El concreto arquitectónico puede definirse como aquel que esta diseñado para estar permanentemente expuesto, por lo tanto se debe tener especial cuidado en la elección de los materiales a utilizar, su dosificación, cimbras, sistemas de colocación y sistemas de protección para al final poder conseguir la apariencia deseada.

1.1. FORMA, TEXTURA, COLOR Y TRANSPARENCIA DEL CONCRETO

El concreto arquitectónico es un material de construcción muy versátil, ya que puede tomar cualquier forma, textura, color e incluso hoy en día transparencias. Utilizando el tradicional concreto gris se pueden obtener diversas tonalidades oscuras, pero si usamos el concreto blanco se puede aumentar la paleta de colores, obteniendo desde un blanco brillante, pasando por colores pastel hasta poder lograr tonos rojizos, verdes y azules. Así también al complementarlo con otros materiales como es el caso de la fibra óptica, se puede conseguir que el concreto permita el paso de la luz a través de el, dejando ver las siluetas que provienen del lado luminoso, con lo que le atribuimos una característica mas al concreto arquitectónico, la transparencia.

Gracias a sus bondades, el concreto le ha proporcionado al constructor una confianza de uso ilimitada debido a su resistencia, durabilidad, apariencia y variedad de posibilidades. Razón por la cual se ha decidido dejar el material a la vista, buscando nuevas formas de acuerdo con su versatilidad, permitiendo así borrar la imagen de sustituto de la piedra.

CAPITULO 2

1. FORMA



Fig. 2.1. Casa Battlo, Arq. Antonio Gaudí, Barcelona, España.

En la arquitectura la forma juega un papel muy importante, ya que a través de esta y un buen acabado, un edificio puede expresar su carácter como se puede observar en la fig. 3.1. Es debido a esto que se requiere del uso de una técnica excelente de cimbrado para lograr la forma deseada en el elemento, así como también el concreto adecuado para los requerimientos estéticos, formales y estructurales.

Uno de los grandes problemas en las obras de concreto aparente surgen desde la colocación de la cimbra ya que comúnmente no se le da la importancia debida a esta y hay que mencionar que el concreto va adquirir la forma del molde en el que fue colocado y con ello también va a llevar impreso los errores previos al vaciado, como manchas por fuga de líquido, esquinas mal perfiladas, uniones discontinuas, entre otras.

1.1. CIMBRA

El concreto cuando está en su fase plástica necesita ser vaciado a un molde para lograr adquirir la forma del mismo al momento de endurecer. Por esta razón incluimos a la cimbra o molde en la fase formal de este trabajo, ya que para conseguir la forma

geométrica deseada es necesario previamente hacer el diseño de la cimbra la cual le dará la forma final, como se aprecia en la fig. 2.2.



Fig. 2.2. Cimbra en puente Faryon en Trent University, Peterborough, Ontario, Canada.

La cimbra sin duda alguna tiene una gran importancia en el éxito de una construcción y por tal razón juega un papel primordial en las obras, sobre todo si el concreto se va a dejar expuesto, tal y como quedo después del descimbrado.

La función de la cimbra es básicamente darle forma al concreto sirviendo de molde y en el caso del concreto arquitectónico es fundamental en la textura final de los elementos. Es por esta razón que la selección de la cimbra depende principalmente de las especificaciones establecidas en el proyecto arquitectónico y en el diseño estructural; este ultimo debido a la función de soporte que desempeña la cimbra mientras los elementos de concreto adquieren la resistencia necesaria para ser autoportantes.

El acabado de concreto aparente demanda cimbras de buena calidad, por lo cual las juntas deberán ser herméticas; las piezas laterales de la cimbra deberán ser adecuadas, a fin de obtener la textura especificada, y deberán estar perfectamente apoyadas para soportar los esfuerzos de compactación que se aplican al concreto. Es necesario seleccionar aditivos desmoldantes apropiados y deberá dársele la atención adecuada a los procesos de curado y descimbrado.

Desde las primeras etapas del diseño de la cimbra y durante el montaje del sistema de cimbrado, el diseñador necesitara conocer todos aquellos aspectos concernientes al acabado de concreto aparente, que requieran un tratamiento especial. Es posible establecer un procedimiento de construcción, de tal manera que los moldes nuevos sean usados en los extremos de una sección particular de la estructura del concreto, en donde los aspectos visuales sean los más importantes. Esto es lo ideal y permite el uso de materiales y técnicas de construcción especiales. Cuando esto no sea posible, será necesario volver a cepillar o a pulir la cimbra que ha sido utilizada en trabajos anteriores.

También se pueden emplear sellos y juntas para cimbras prefabricadas, y los empaques de celda pueden insertarse fácilmente en las aberturas que se forman en la cimbra adyacente a las uniones de las secciones. La disposición especial de las piezas de apoyo garantizará que no habrá vibración excesiva en la superficie de contacto, con lo cual se derramaría el concreto del molde.

Los elementos de sujeción y los chaflanes necesitan diseñarse cuidadosamente, y deberán integrarse a los paneles de tal forma, que resistan la infiltración de lechada y la fricción durante el descimbrado. Todas estas observaciones sobre el diseño de cimbras para concreto estructural, usadas en diferentes proporciones por los contratistas, son indispensables en la construcción comercial y, por otra parte, son esenciales para obtener acabados aparentes de alta calidad.

Los cantos de las hojas de triplay y las vetas de la madera deberán desvanecerse adecuadamente, y las piezas de las cimbras metálicas deberán soldarse de tal manera, que los cordones de soldadura no dañen el acabado de la superficie de concreto aparente.

Por otra parte, las juntas en la superficie de contacto deberán ser colocadas, de modo que coincidan con las partes donde exista cambio de sección y, de preferencia, no se deben colocar en el centro de otras secciones planas. Las juntas se deberán construir y reforzar adecuadamente, con objeto de asegurarse de que los materiales de la superficie de contacto presenten una membrana continua, mientras que los elementos de apoyo deberán estar espaciados correctamente, a fin de evitar esfuerzos que pudieran provocar fallas durante el colado. Las deflexiones deberán mantenerse dentro de los

límites señalados en las especificaciones, lo cual evita la deflexión excesiva que disminuye la calidad del acabado aparente en el concreto.

Las estructuras de cimbras deberán ser diseñadas adecuadamente, para que la continuidad de la superficie del concreto presente una apariencia uniforme bajo la reflexión de la luz. Este aspecto afecta, particularmente, a las juntas que se encuentran entre paneles, al método de traslape de paneles, y a los apoyos de la cimbra sobre el concreto previamente colado. Los elementos de apoyo en las juntas de los paneles deberán colocarse en tal forma, que la deflexión de la superficie de contacto en el extremo de las secciones no sea excesiva o difiera en cualquier grado respecto a la deflexión de la parte central de la sección. Se requieren atiesadores o carteles para prevenir que los bordes y tapas se boten o giren provocando distorsiones. Las juntas en la superficie de contacto deberán ser herméticas, al igual que las piezas de refuerzo deberán colocarse de tal forma, que permitan que los bordes de la superficie hagan contacto. En los casos en que se utiliza la madera o triplay, esto se puede lograr colocando la estructura de la cimbra desde el extremo de la superficie de contacto, e insertando placas o arandelas en el lugar donde se vaya a colocar el perno o cuña.

Para las juntas en cimbras metálicas, particularmente en los moldes hechos para un propósito específico, deben insertarse empaques en la parte trasera de la superficie de contacto. Las juntas insertadas en esa superficie, deberán traslaparse en la estructura de la cimbra para brindarle apoyo, y los traslapes deben rellenarse con mastique o sellador.

Es necesario prestar atención a las superficies de contacto superficiales, tales como las de materiales ranurados o muy fibrosos. Cualquier arista de una columna, redonda o achaflanada, deberá revisarse con el fin de asegurarse de que no nulifica la dirección o trazo permitido para propósitos de descimbrado de los chaflanes. Los paneles que presentan marcas en las tablas requieren de una atención especial, y donde se use triplay o tablas rígidas naturales, es necesario eliminar de la superficie cimbrada, las rebabas o salientes que pudieran atrapar la cimbra o causar adhesión.

Los chaflanes o elementos que forman huecos o depresiones, deberán ser contruidos asegurándolos en la cimbra de tal manera, que resistan cualquier desplazamiento causado por los esfuerzos originados durante el descimbrado, y para evitar la penetración de lechada en las juntas de la superficie de contacto. Esto es muy importante, ya que aún la más pequeña partícula de concreto, de pasta de cemento o de

mortero que se encuentre dentro de las juntas, puede impedir la obtención de un acabado aparente de alta calidad, provocando con ello resultados desastrosos.¹

1.1.1. CIMBRA PARA CONCRETO ARQUITECTÓNICO VERSUS CIMBRA PARA CONCRETO ESTRUCTURAL

Cuando el concreto es usado solo como un elemento estructural y la apariencia de la superficie no es de gran importancia, los requerimientos esenciales de la cimbra es que sea resistente, rígida y económica. Esto permite grandes ahorros en la elección del material de la cimbra, y la demanda de calidad en la mano de obra para la fabricación y colocación de la cimbra no es tan importante como en la cimbra para producir concreto arquitectónico.

El concreto arquitectónico se diferencia del concreto estructural en que la apariencia de las superficies expuestas que produce la cimbra, sea de mayor importancia que la capacidad de carga de la misma. Las propiedades del concreto en estado fresco son tales que al vaciarse en la cimbra puede adquirir la forma de esta para así lograr la forma final requerida. Las superficies obtenidas pueden ser desde muy suaves hasta muy rugosas, pudiendo con esto producir diferentes efectos. La apariencia de largas y posiblemente monótonas superficies, pueden mejorar usando algún tipo de textura, ya sea rústica, ornamental o cualquier otro diseño. Por medio de las cimbras metálicas se pueden producir concretos con superficies muy suaves.

Porque la calidad de los acabados en el concreto están limitados por la calidad de la cimbra, es necesario tener especial cuidado en la selección del material de la cimbra. Tal vez sea necesario contratar mano de obra especializada en algunos edificios donde sea necesario un cierto grado de perfección.²

1.1.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMBRAS

El encofrado en el diseño de estructuras de concreto arquitectónico, representado en las cimbras, es de gran trascendencia dentro de todo el proceso constructivo; pues además

¹ J.G. RICHARDSON, Cimbras juntas, aditamentos, colado y acabados (Formwork construction and practice), tomo III, Ed. Limusa, 1990, pag. 79 – 83.

² Cfr. R.L. PEURIFOY, Formwork for concrete structures, Ed. Mc Graw-Hill, 1964.

de ser esencial para lograr una respuesta adecuada de los elementos a nivel estructural, debe de igual manera responder a las expectativas del arquitecto en la estética general y acabado superficial.³

1.1.2.1. MODULACIÓN Y DISEÑO

Un estudio riguroso en la modulación de paneles o listones; los cuidados a tener en remates de esquinas, boceles y uniones; los tamaños de las dilataciones; y el previo diseño y ubicación de juntas y tensores (amarres, pasadores o “form clamps”), son de máxima importancia para lograr un buen acabado en el concreto arquitectónico. A continuación algunas recomendaciones:

- Es necesario realizar planos arquitectónicos de la modulación de las cimbras con todos los detalles, en las escalas apropiadas.
- El rango máximo de colocación del concreto asumida para el diseño de la cimbra deberá mostrarse en los diagramas de diseño y modulación de cimbras.
- En las consideraciones arquitectónicas debe tenerse en cuenta el espaciamiento y tamaño de los tensores.
- Las juntas de construcción y de contracción deben de coincidir en lo posible con las juntas de los paneles de la cimbra.
- Las esquinas deben ser objeto de estudio para evitar pérdida de pasta en el momento del vaciado de concreto.
- En el caso de la cimbra en madera, deberá especificarse el tipo, espesor y ancho de listones.⁴

³ Cfr. ASOCRETO, *Concreto arquitectónico como obtener un buen acabado*, 3 Ed. Talleres de D´vinni Ltda, Colombia, 2006, pag. 40.

⁴ Cfr. Ibid, pag. 40 – 41.



Fig. 2.4. La modulación y el diseño en la cimbra tiene una gran importancia para poder lograr una respuesta estructural adecuada de los elementos, además de poder cumplir con las expectativas arquitectónicas. Edificio MUAC, México, DF.

1.1.2.2. DISEÑO ESTRUCTURAL

Las cimbras así como las uniones de sus distintos elementos, tendrán una resistencia y rigidez suficiente para garantizar las dimensiones y tolerancias y resistir, sin desplomes ni deformaciones perjudiciales, las acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de vaciado y, especialmente, las presiones del concreto fresco o los efectos del método de compactación o vibrado utilizado. Dichas condiciones deberán mantenerse hasta que el concreto haya adquirido la resistencia suficiente para soportar, con un margen de seguridad adecuado, las tensiones a que será sometido durante el descimbrado. A continuación algunas recomendaciones básicas:

- Ajustarse a las secciones comerciales, lo que hará la adquisición más económica.
- El proveedor de los puntales (soportes de las Cimbras), justificará y garantizará las características de los mismos, precisando las condiciones en que deben ser utilizados.

-
- Los encofrados serán lo suficientemente estancos para que, en función del modo de compactación previsto, se impidan pérdidas apreciables de lechada o mortero y se consigan superficies del concreto sin hormigueros y sin afloramientos.⁵
 - Dado que normalmente no hay restricciones para ubicar los apoyos, su separación quedará determinada por la resistencia de los elementos que la conformarán; por ahorro se recomienda que sean múltiplos de 2.40 m u 8 pies, que es la longitud estándar con que venden las piezas de madera reduciendo así los desperdicios.

1.1.2.3. CARGAS DE DISEÑO PARA CIMBRAS

Las cargas normales a considerar en las cimbras se dividen en cargas verticales y laterales (Véase fig. 2.5.).

Como cargas verticales se deben considerar las siguientes:

- Peso propio del concreto (2,400 kg/m³).
- Peso propio de la cimbra (entre 30 y 100 kg/m²).
- Carga viva del personal y equipo menor (150 kg/m²).
- Otros equipos especiales (400 kg/m²).

Como cargas laterales se deben considerar las siguientes:

- Cargas de viento (entre 75 y 150 kg/m²).
- Empuje del concreto.

⁵ Cfr. Ibid. Pag. 42

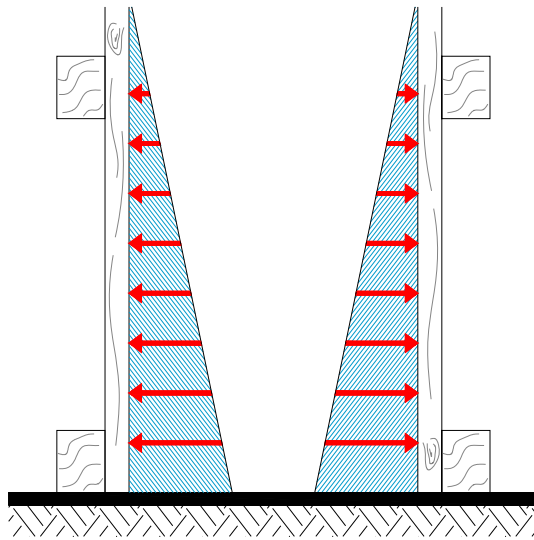


Fig. 2.5. Distribución de presiones ejercidas en la cimbra por el concreto

En el cálculo de cimbras para columnas y muros es necesario tener como información previa la presión que se espera actúe sobre ella. Su determinación se ha realizado en forma experimental midiendo la presión del concreto durante diversos lapsos, ya que inicialmente al depositarse es similar a la hidrostática, pero conforme pasa el tiempo se inicia su fraguado generándose una capacidad autosoportante, consecuencia de ser paulatinamente más un material sólido que un fluido. Así, el empuje real sobre la cimbra estará en función de la altura de la columna fluida que actúe sobre ella. Lo anterior indica que adquiere importancia fundamental la velocidad con que se deposite el concreto y su temperatura (Tabla 2.1.).

Tabla 2.1. Presión del concreto sobre cimbras verticales

| Velocidad de colado (m/h) | Temperatura del concreto | | | |
|---------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | 30 °C | 25 °C | 20 °C | 15 °C |
| 0.50 | 1580 | 1700 | 1790 | 1940 |
| 1.00 | 2450 | 2680 | 2950 | 3470 |
| 1.50 | 3290 | 3630 | 3950 | 4390 |
| 2.00 | 3980 | 4590 | 5010 | 5600 |
| 2.50 | 5160 | 5730 | 6290 | 7100 |

1.1.3. MATERIALES PARA CIMBRAS

Hay una gran variedad de materiales disponibles para la elaboración de cimbras. Entre los cuales está la madera, el triplay (siendo este un complemento de la madera), el metal (aluminio, acero, magnesio), el plástico (reforzado y sin reforzar), los moldes desechables de yeso y los forros de hule. Cada uno de estos materiales tienen sus ventajas y desventajas.

La clasificación de la cimbra se hace en base al material de su constitución. La selección del material se basa principalmente en tres aspectos:

- Economía
- Seguridad
- Textura o acabado

Adicionalmente a estos aspectos, en el caso del concreto arquitectónico interesa el material del que está hecha la cimbra en cuanto a apariencia y en el proceso de búsqueda de las formas y texturas, que no tiene límite, se puede recurrir a todo tipo de material: telas, cartones, papel, materiales vegetales, etc.

1.1.3.1. MADERA



Fig. 2.6. Diferentes maderas para el uso en cimbras.

La madera es el material por excelencia utilizado para la fabricación de cimbras alrededor de todo el mundo, gracias a su versatilidad y facilidad para trabajarse y lograr

con esto la obtención de diferentes moldes para darle forma al concreto. Por medio de este material se pueden conseguir acabados lisos, superficies texturizadas, relieves, según sea la necesidad del diseño.

Es muy importante que el constructor tenga los conocimientos básicos de la composición y estructura de las diferentes clases de madera, ya que dependiendo de su constitución actúan de manera diferente a la aplicación de esfuerzos, al contacto con el agua, etc.

La madera es un material complejo, con unas propiedades y características que dependen no solo de su composición sino de su constitución, que es la manera en que están colocados u orientados los diversos elementos que la forman.

Algo que se debe de tener muy presente al utilizar este material, a pesar de su nobleza, es que no es un material fabricado por el hombre específicamente para la construcción, sino que es un material que se obtiene del tronco y las ramas de los arboles, en donde la finalidad es que este vegetal se renueve, y así tener un impacto menos dañino al medio ambiente.

Hay que tener en consideración que no es un material homogéneo, ya que está formado por diversos tipos de células especializadas que forman tejidos, que sirven para realizar las funciones fundamentales del árbol.⁶

En México específicamente en el RCDF solo se autoriza utilizar las coníferas y latifoliadas. Se subdividen en:

- Grupo I E hasta: 120,000 (kg/cm²).
- Grupo II E 85,000 a 119,000 (kg/cm²).
- Grupo III E de 50,000 a 84,000 (kg/cm²).

Contenido de humedad. Se considera como madera seca aquella que tiene una humedad menor o igual a 18% ± 2% en peso, y húmeda la que pase de ese límite sin exceder de 50%; la experiencia indica que a mayor humedad menor resistencia, por lo que en estos casos se acostumbra reducir los esfuerzos aceptados para su trabajo.⁷

⁶ Cfr. ASOCRETO, op. cit., pag. 43 – 44.

⁷ DIAZ INFANTE DE LA M., LUIS ARMANDO, Curso de edificación, México, Trillas, 1995 (reimp. 2004), pag. 169.

1.1.3.2. TRIPLAY

Es un tipo de madera procesada industrialmente, empleado muy ampliamente para la construcción de cimbras, por ser muy versátil y adaptable. Las hojas de triplay se encuentran en el mercado en varias medidas y espesores que pueden adaptarse a los distintos requerimientos.

Por lo general permite un acabado en las superficies de concreto limpias y libres de granos de astillas, es por eso que se utiliza este elemento dentro de la cimbra como cara en contacto.

Tiene la ventaja de dar posibilidad a varios usos, dependiendo claro está, de las condiciones de cada obra y de los cuidados de descimbrado, limpieza y mantenimiento del material.



Fig. 2.7. Panel modular de triplay

Cuando se quiere obtener una gran superficie lisa de concreto expuesto y se van a emplear hojas de triplay como cara en contacto, dejando que la superficie sea lo más uniforme posible, es necesario tratar este material con algunos de los métodos que a continuación se mencionan:

- Aplicación de una capa de pintura antes del primer uso.
- Aplicación de desmoldantes varias veces antes del primer uso.

En algunos países los fabricantes del triplay proveen al constructor alguna resina o plástico protector, que hacen al material realmente impermeable y de gran duración.

Es sumamente importante que todos los cortes que se hagan en el triplay queden debidamente protegidos con el objeto de evitar que la humedad penetre, puesto que de

esta manera se hincharía la madera provocando las ondulaciones clásicas de la chapa superior arruinando la apariencia del concreto.⁸

1.1.3.3. CIMBRAS METÁLICAS

Las cimbras metálicas han tenido una gran aceptación en el mercado en los últimos años debido a que son más durables y a la larga más económica que las de madera u otros materiales cuando se toman en cuenta el número de re-usos. Aun con todas las bondades que la cimbra metálica nos puede ofrecer, también hay que mencionar que su cuidado y mantenimiento debe de ser más detallado con respecto a otros materiales, esto en gran medida por el costo y tiempo que representa el fabricar una nueva pieza de reemplazo.

Este tipo de cimbras son ideales para trabajos repetitivos, donde la rapidez de rotación es esencial. Los detalles retrasan los procesos, los vuelven más complejos e involucran numerosos componentes.

La cimbra metálica tiene además del costo otras ventajas con respecto a otros tipos y especialmente si se les da una apropiada protección contra la oxidación, produciendo concretos con un color uniforme en su acabado superficial. En la actualidad se pueden encontrar en el mercado, tanto en renta como en venta, cimbras fabricadas en acero o en aluminio con diferentes texturas.



Fig. 2.8. Colocación de una hoja de cimbra metálica

⁸ Cfr. ASOCRETO, op. cit., pag. 50 – 51.

Las cimbras metálicas se componen de un bastidor sobre el cual se monta, soldada, una lámina que conforma la cara de contacto con el concreto. El bastidor normalmente, se compone de una retícula con espaciamentos cercanos a los 30 cm, conformados por láminas dobladas a manera de costillas, como se muestra en la fig. 3.8. La cara de contacto debe ser de un calibre adecuado para la separación de las costillas con el fin de que no presente deformaciones excesivas, lo cual se logra con calibres cercanos a 1/8" (3.18 mm) para separaciones de 30 cm.

El modulo típico que maneja el mercado, tiene medidas de 1,20 m X 0,60 m y en algunos casos se consiguen ajustes cada 5 cm para lograr la medida requerida en cada obra mediante un ensamble rápido de cada una de las piezas necesarias.

El concreto arquitectónico requiere, sin duda alguna, cimbras más herméticas y mejor fabricadas que las que generalmente se usan para concreto estructural, de manera que se minimicen las deflexiones y no hacer evidentes los defectos en la superficie, especialmente en concretos con acabados lisos.

Recomendaciones de construcción

- Es de suma importancia, en el diseño de cimbras para concreto arquitectónico, tener especial atención a la junta entre los diferentes paneles, tanto en las esquinas como las juntas en el mismo plano y de la misma manera en las juntas de construcción tanto horizontales como verticales donde los detalles logran un buen concreto o la falta de ellos obligará a detallar y/o resanar sin lograr nunca la misma textura, color, densidad y calidad.
- Para lograr acabados lisos con cimbras metálicas se deben procurar que los elementos a construir sean vaciados en su totalidad por único viaje de concreto. De no ser posible, se debe tratar de que la colocación del concreto en los elementos, se haga de manera continua aplicando un vibrado cuidadoso y profundo en el plano de junta generado entre dos diferentes viajes de concreto.
- Las cimbras metálicas si son herméticas presentan mayor posibilidad de dejar burbujas de aire en la superficie. Lo anterior se puede eliminar con un cuidadoso vibrado exterior o golpeando la cimbra con mazos de caucho; también existen en el mercado concretos con aditivos químicos que no permiten la generación de

estas burbujas o incluso, un pequeño ajuste en el diseño de las mezclas pueden minimizar su presencia.

- Un defecto muy común y asociado a las superficies lisas en los moldes de acero, son las grietas que toman la forma de una red fina sobre el concreto, causadas por la contracción superficial del material. Se presenta también una cierta transparencia de los agregados del concreto sobre todo cuando se usan vibradores externos. Estos defectos pueden reducirse con un concreto bien fabricado y con una correcta colocación del mismo.
- La cimbra de acero galvanizado puede causar adherencia al concreto, por lo tanto su uso debe evitarse.
- Generalmente, la expansión inicial de la cimbra metálica será más rápida que la del concreto y al ser el metal un material impermeable, el curado es intenso en las primeras horas produciendo contracciones rápidas. Estas reacciones, opuestas entre si, generan fisuras a edades tempranas. Una de las mejores precauciones para evitarlas es el predescimbrado o remoción de los lados de la cimbra antes de que comience el curado acelerado.
- Temperaturas ambiente superiores a los 30°C pueden provocar especialmente en las cimbras metálicas de muros, que el agua de la superficie se desplace hacia el interior del elemento de concreto buscando la zona más fresca y ocasionando un curado desigual de la superficie del concreto.

Retiro de la cimbra (Descimbrado)

El uso de un desmoldante es prioritario para un buen acabado así como una limpieza exhaustiva de las cimbras después de cada vaciado.

Los desmoldantes utilizados en cimbras de acero deben contener un inhibidor de corrosión y estar libres de agua. Adicionalmente el revestimiento de acero debe limpiarse con ácido a fin de eliminar las escamas de laminación (este proceso incluso se puede lograr con detergentes). Todo lo anterior con el fin de disminuir la posibilidad de aparición de manchas. No se recomienda el uso de chorro de arena, ya que este puede provocar que la cimbra se adhiera al concreto. Las emulsiones de lanolina, aceite de palma u otros aceites son eficientes con las cimbras de aluminio.

1.1.3.4. CIMBRAS DE CONCRETO

Las cimbras de concreto se usan tanto para construir elementos estructurales pesados en forma económica y eficiente, como para producir en plantas de prefabricación perfiles en concreto.

Pueden emplearse de dos formas:

- Como molde completo en si mismo.
- Formando parte de moldes compuestos de otros materiales, en donde el concreto puede formar el elemento base y los elementos laterales pueden ser de madera o de acero.

El molde de concreto es relativamente económico, como solución a la necesidad de producción en serie, es decir, cuando se le van a dar muchos usos y tiene la ventaja de poder ser reparado en el mismo lugar.

La calidad del concreto para fabricar los moldes debe ser por lo menos igual o mejor que la del concreto que se va a colocar en él. La producción, manejo, colocación, compactación y curado deben ser correctamente ejecutados.

Los moldes completos de concreto son generalmente pequeños por las razones de peso, aunque como base o en secciones puede ser de cualquier tamaño.

La fabricación de los moldes de concreto es simple en teoría, pero requiere práctica.

Algunas desventajas de este tipo de cimbra o molde es que son en cierta forma quebradizo, requieren tiempo para su fabricación y cuando son grandes se presenta el problema de deshacerse de ellos. Tienen la ventaja de poder fabricarse formas elaboradas que son fáciles de realizar en concreto gracias a su cualidad de ser un material plástico. Se pueden combinar técnicas de fabricación de moldes de concreto partiendo de patrones originales de yeso.⁹

⁹ Cfr. ASOCRETO, op. cit., pag. 52 – 57.

1.1.3.5. CIMBRAS DE YESO

Las cimbras de yeso se usan generalmente como moldes perdidos, es decir molde de un sólo uso. Por su facilidad de trabajo y sus posibilidades plásticas para la obtención de todo tipo de formas, puede usarse en relieves complejos.

El yeso se emplea para fabricar originales que a su vez servirán para fabricar moldes de concreto.

Para el diseño especial de naturaleza compleja y detallada, pueden hacerse moldes de yeso. El concreto se coloca sobre estos moldes que después del fraguado, se rompen retiran de la pared de concreto terminado.

Este tipo de molde llega a ser costosos ya que se utiliza una sola vez, por lo tanto su empleo se limita a ocasiones en donde no es posible realizar formas complicadas mediante otros métodos.

Para un buen resultado final es necesario usar un buen antiadherente en la superficie de contacto de la cimbra desechable de yeso.

1.1.3.6. CIMBRAS DE PLÁSTICO

Existen pocos materiales cuya tecnología tenga más que ofrecer al diseñador de cimbras que la de los plásticos. Su tecnología y producción han tenido gran impacto en los métodos de cimbrado y moldeado de concreto.

Los materiales que se encuentran dentro de la clasificación de los plásticos son especialmente utilizados para realizar la piel del encofrado: ellos aportan una buena calidad de superficie y se desmoldan fácilmente. Este tipo de encofrados es interesante para la obtención de relieves variados, gracias a la matriz termoformada en polietileno o a las matrices esculpidas en poliestireno expandido.

Cuando se requieren relieves en concreto y no es necesario tener una cimbra para varios usos, es decir, que puede usarse una cimbra para un solo uso, las espumas de poliuretano o poliestireno expandido son excelentes materiales. Ambos son relativamente económicos y pueden obtenerse formas muy variadas, se remueven fácilmente de los relieves aún cuando sean profundos, por medios mecánicos o con calor. El costo para producir una superficie esculpida en donde se use poliuretano o poliestireno expandido depende de varios factores.

Debido a que la espuma de poliuretano y poliestireno expandido pueden cortarse en cualquier forma, se están usando cada vez más como cimbra para obtener relieves en concreto. Son prácticamente impermeables y se puede obtener un concreto de tonalidad uniforme sin necesidad de emplear un desencofrante. Sin embargo, debido a su textura existe la tendencia a producirse un gran número de burbujas en la superficie del concreto. La apariencia final de un paramento o de un relieve moldeado con estos materiales como cimbra, depende del efecto escultórico deseado.

Un poliestireno expandido con una densidad de 6 kg/m^3 puede soportar 30 cm de concreto. Cuando el poliestireno expandido es atacado por solventes y aceites, es necesario tomar cuidados durante las etapas de manejo, almacenamiento y ejecución. También deben emplearse los adhesivos apropiados para unir el poliestireno o el poliuretano a las cimbras de madera, a las cuales van unidas tomando en cuenta las presiones que puede ejercer al concreto fresco.

Estos materiales pueden ser esculpidos por medios mecánicos y hoy en día son muy empleados para esculpirlos teniendo como patrón un modelo hecho en algún programa de computo para diseño CAD.

Por lo que a supervisión se refiere, es necesario tener cuidado durante la colocación y compactación del concreto. En la colocación no debe dejarse caer el concreto de distancias grandes con el fin de no dañar el poliuretano o el poliestireno. Estos materiales son dañados fácilmente por los vibradores de aguja durante la compactación.

El empleo de los materiales lisos como cimbras, puede dar como resultado un color disparejo conocido como transparencia del agregado. Los materiales plásticos para cimbra se emplean para obtener superficies brillantes de concreto, que deben tratarse con precaución, pues expuestas a la intemperie 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.

Plásticos reforzados

Contienen fibra de vidrio en diversas formas, para incrementar la resistencia a la flexión de los materiales resinosos (fig. 2.9).



Fig. 2.9. Cimbra de plástico reforzado para su uso en serie

Dentro de estos es necesario emplear la resina apropiada en la superficie, a fin de asegurar un buen comportamiento durante un número razonable de usos.

A menos que se empleen fibras de vidrio resistentes a los álcalis, puede preverse su deterioro cuando estén en contacto con el concreto. El mantenimiento del recubrimiento de la resina es obligatorio para conservar la uniformidad de la superficie. Esto puede lograrse mediante una limpieza cuidadosa, empleo de compuestos separadores o retoque ocasional de la superficie.

Plástico no reforzado

Puede obtenerse en forma de hojas con superficies lisas o texturizadas. Los patrones ligeramente texturizados se transfieren al concreto y cambian las características de una superficie lisa. 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 requerimientos estructurales de contención del concreto. El plástico se emplea solo para cambiar las características de la superficie.

Espuma preformada

Puede utilizarse para formaleta para cavidades. Los casetones de espuma preformada se cortan con facilidad al tamaño deseado, se fijan sin problemas al encofrado y gracias a su bajo costo no es necesario recuperarlos. La espuma plástica se emplea también como refuerzo para los forros de plástico grueso, formados al vacío, en lugares donde la presión del concreto podría causar deformación en la cimbra para cavidades que no están apoyadas.

1.1.3.7. CIMBRAS DE FIBRA DE VIDRIO

Los plásticos reforzados con fibra de vidrio son frecuentemente el más económico tipo de formaleta cuando se requiere un número elevado de usos. Su uso se ha venido incrementando aún en formas no estándares logrando colocar concreto en áreas grandes sin juntas. Las formaletas de este material pueden ser fabricadas en secciones. Una de las ventajas más grandes de los moldes o formaletas de fibra de vidrio, es su facilidad para crear cualquier tipo de forma.

Algunas formas complejas no pueden fabricarse en acero debido al alto costo y tampoco en madera. La fibra de vidrio es el único material para cimbras que puede ser moldeado fácilmente y al mismo tiempo puede producir superficies de gran calidad.

El costo de estas formaletas es relativamente alto, pero su durabilidad y sus usos ilimitados, hacen que el costo final sea aceptable. El número de usos depende de la forma en que se manejen las formaletas, de su mantenimiento, etc.

Las juntas o costuras en las cimbras de fibra de vidrio prácticamente quedan eliminadas, cosa que no puede lograrse en otros materiales. Burbujas y otras irregularidades superficiales pueden ser reducidas al mínimo, cuidandola del concreto y su compactación. Cuando se quiere tener una superficie muy lisa se puede pulir el concreto una vez endurecido. Generalmente las superficies en contacto con la fibra de vidrio resultan bastante lisas.

La combinación ampliamente usada, consiste en resinas de poliéster con fibra de vidrio. Básicamente el método de producción se trata de fibras de vidrio impregnadas con una resina a las que se adhiere un catalizador y un acelerante. Generalmente para la fabricación de una cimbra o un molde de fibra de vidrio es necesario hacer un patrón de yeso, madera, metal, concreto u otro material. Toda imperfección en el patrón se reflejara en la formaleta de fibra de vidrio y en el concreto terminado.

Las cimbras de fibra de vidrio, por la naturaleza del material, necesitan una estructura auxiliar rigidizante para evitar distorsiones, proteger los cantos y soportar los esfuerzos producidos por las presiones del concreto fresco. Esta estructura puede ser de madera o metal.

Un inconveniente que se presenta en el empleo de moldes de fibra de vidrio es cuando se emplea vapor para acelerar el fraguado del concreto; ya que la utilización de este método, a grandes temperaturas coaccionaría alteraciones en las características del concreto y deformaciones en la cimbra.

Cuando el concreto entra en contacto con el molde y estos son de acero se busca el resultado exactamente inverso, es decir, la no adherencia acero-concreto.

Para conseguir la no adherencia las cimbras deben ser tratadas con un producto especial. A pesar de esto, se ha comprobado que una misma formaleta que fácilmente se retiró de un concreto fresco se vuelve cada vez más adherente a medida que se prolonga el tiempo y no es retirada; efectivamente poco a poco se va estableciendo una más estrecha unión entre el concreto y la parte de contacto de la formaleta. Por otro lado las cimbras metálicas con el tiempo van siendo dañadas por el concreto y se van haciendo cada vez más rugosas.

1.1.3.8. CIMBRAS EN OTROS MATERIALES

En algunos países se han venido empleando placas de hule con ciertos relieves adheridos a las cimbras convencionales de madera, con el objeto de obtener texturas especiales. En realidad el método no ha sido muy difundido debido principalmente al costo elevado del material y a la poca variedad de texturas existentes.

Otros de los materiales utilizados en la elaboración de moldes y cimbras son las espumas o elastómeros de poliuretano, polímeros o siliconas y caucho, con los que se pueden obtener matices, dando la posibilidad de presentar acabados de madera, piedra, superficies acanaladas, etc.

Estos materiales pueden ser reutilizados sin perder sus características, siendo mejor utilizados en la prefabricación que en el moldeado “in situ”.¹⁰

1.1.4. DESCIMBRADO

¹⁰ Cfr. ASOCRETO, op. cit., pag. 57 – 60.

Antes de descimbrar, conviene pedir al laboratorio que haga fallar a compresión un cilindro y verifique si ya alcanzó el 80% de la resistencia de proyecto, si no se logra se evitará iniciar el descimbrado.

El lapso entre la colocación del concreto y el descimbrado depende de:

- El tipo de cemento usado: normal o rápido.
- El uso de aditivo acelerante.
- La eficiencia del tipo de curado.
- La temperatura ambiente.
- El tipo de elemento estructural colado.

Conviene diseñar las cimbras de elementos horizontales de manera que contenga algún puntal en el sitio más desfavorable, de forma tal que al retirar la obra falsa éste permanezca sin tocarlo.¹¹

1.2. OBTENCIÓN DE FORMAS POR MEDIO DEL MÉTODO CAD/CAM (DISEÑO Y MANUFACTURA CON LA AYUDA DE LA COMPUTADORA)

Es inevitable una diversidad de geometrías en los paneles para fachadas. Los modernos sistemas de diseño basados en CAD ayudan a los arquitectos y fabricantes a lograr una síntesis de apariencia, la especificación de paneles y condiciones de producción.

Los futuros desarrollos están relacionados con la integración de CAD con CAM, incluyendo sistemas robotizados de manufactura utilizando diseños CAD en la etapa de producción.

El cálculo y la optimización de divisiones verticales y horizontales es uno de los pasos más importantes en CAD para definir la apariencia de la fachada final del edificio.

Los modernos sistemas prefabricados de manufactura totalmente automáticos proporcionan dimensionamiento preciso, la colocación de todos los componentes y un acabado de alta calidad. El equilibrio entre el diseño arquitectónico, la apariencia de alta

¹¹ DIAZ INFANTE DE LA M., LUIS ARMANDO, Curso de edificación, México, Trillas, 1995 (reimp. 2004), pag. 117.

calidad y las condiciones de manufactura para el grado más alto de confiabilidad estructural es la principal ventaja que puede traer la automatización a la calidad y productividad en la construcción.¹²

1.2.1. FABRICACIÓN DIGITAL

El método de computación numéricamente controlada (computer numerical control), es el que se utiliza actualmente en los métodos de fabricación digital, por medio de este se puede obtener procesos de fabricación, tales como, cortes, subtracciones, adiciones, y en general fabricación de formas, las cuales se describirán en esta sección.

CNC cutting, o fabricación 2D, es la técnica de fabricación mas usada en la actualidad. Se puede aplicar por medio de varios métodos de cortado, tales como el plasma-arc, rayos laser, o propulsores de agua, estos trabajando a través de dos ejes de movimiento sobre la hoja de material relativo. La estrategia de producción usada en la fabricación 2D, incluye contornos, secciones secuenciales (fig. 2.10), triangulaciones (áreas poligonales), uso des reglas, y superficies desarrollables y desarrollos. Todos ellos al combinarlos logran obtener extracciones en dos dimensiones, componentes planares de las superficies geoméricamente complejas o sólidos que componen la forma del edificio. Cualquiera de las dos estrategias es usada dependiendo de que se quiere obtener tectónicamente: estructura, envolvente, combinación de las dos, etc.

Como su nombre lo dice, la fabricación substractiva, trabaja removiendo un volumen especificado de un material solido, usando multi - ejes desintegradores. En el CNC, desintegra el material solido a base de un sistema computarizado, el cual da forma por medio de un panel de control con funciones básicas, por medio del cual se le da instrucciones a la máquina usando una serie de códigos. Esta tecnología de décadas pasadas ha sido recientemente aplicada de forma muy innovadora a la industria de la construcción, para producir cimbras o moldes, fuera de sitio o en sitio, probado en elementos de concreto geoméricos de doble curvatura, como en las oficinas Gehry's construidas en Dusseldorf, Alemania (Fig. 2.11), y por la producción de paneles de

¹² IMCYC, "Concreto arquitectónico premoldeado: Desarrollo, producción y aplicación", Revista construcción y tecnología, México, mayo de 2005.

cristal de superficies curvas complejas, como en la cafetería Conde Nast, diseñada por Frank Gehry o en el pabellón BMW proyectado por Bernard Franken.¹³



Fig. 2.10. Estructura de acero fabricada por el método CNC. Edificio experience music, Seattle. Arq. Frank Gehry.

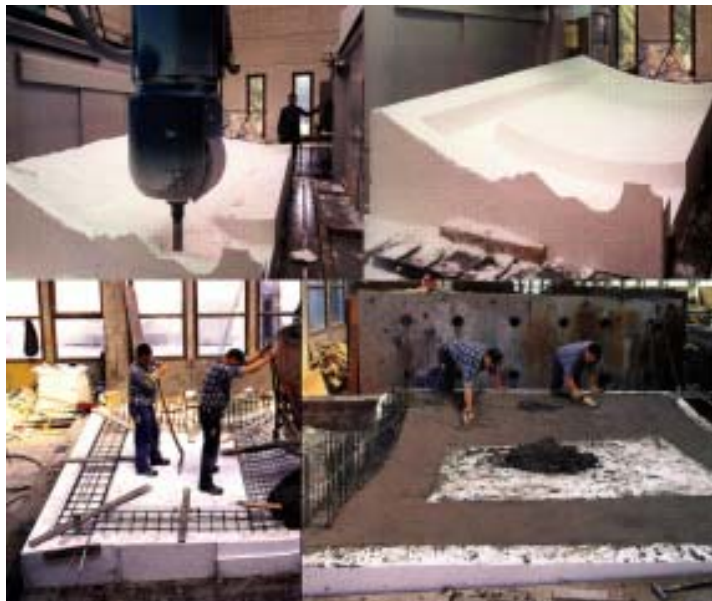


Fig. 2.11. Desintegración de paneles de poliestileno, para la generación de paneles de concreto reforzado. Edificio Zollhof Tower en Dusseldorf, Alemania. Arq. Frank Gehry.

¹³ Cfr, BRANKO KOLAREVIC, “Design and manufacturing architecture in the digital age”, Architectural information management, Año V, n. 3, University of Pennsylvania, USA, 2005, pag. 120 – 121.

CAPITULO 3

1. TEXTURA

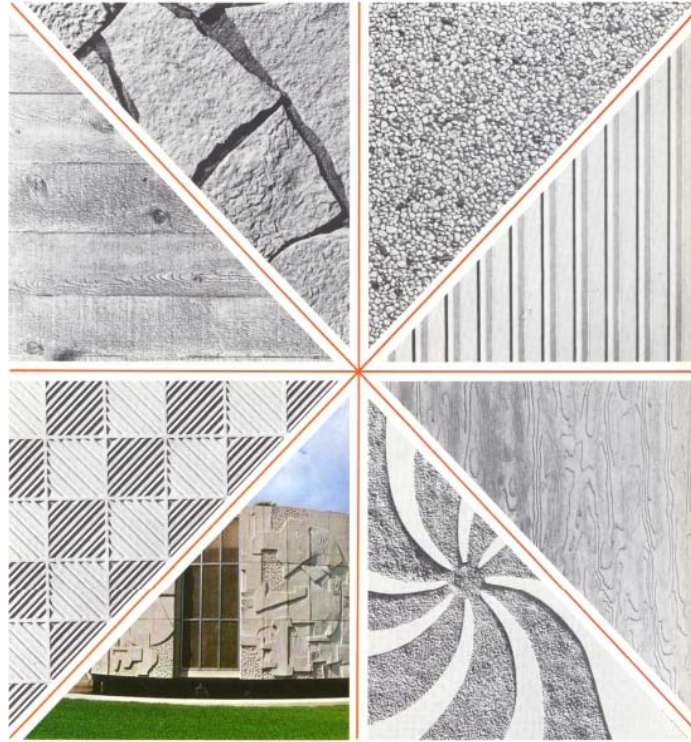


Fig. 3.1. Diferentes texturas en concreto

El concreto además de adquirir la forma del molde en que se deposita, se le puede dar contrastes, juegos de luz y sombra y acabados tanto finos como rústicos por medio de las texturas. También por medio de las texturas se pueden corregir errores en el concreto, como manchas o patrones de la cimbra que no coincidieron.

Las texturas se pueden lograr por medio de diferentes métodos, que van desde un estampado, hasta los agregados expuestos por medios mecánicos o manuales.

El tratamiento de la superficies dan un sin fin de posibilidades al diseñador para lograr elementos de concreto tan diversos como su creatividad se lo permita.

1.1. TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

El concreto es un material que tiene grandes capacidades estructurales, además de su trabajabilidad, disposición para adquirir la forma del molde en que se coloca, durabilidad, entre otras cualidades. Debido a estas propiedades y a la exigencia de los proyectos, desde que el concreto ha sido uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo, diversas empresas e investigadores se han dado a la tarea de estudiarlo exhaustivamente para conocer más aun sobre sus propiedades físicas y químicas.

El conocimiento obtenido a través de los estudios ha permitido explorar las grandes posibilidades estéticas del concreto, contando hoy en día con una amplia gama de acabados y tratamientos para las superficies.

Las superficies arquitectónicas pueden ser tratadas de diferentes formas después de ser descimbradas, ya sea para exhibir el agregado fino o el grueso en las superficies ya terminadas. Esto se logra mediante métodos como el cepillado y el lavado a edad temprana, el retardado de la superficie, el chorro de agua a alta presión, el lavado con ácido, el sopleteado con arena y el acabado mecánico. Cada uno de estos métodos puede imponer requisitos adicionales para los agregados en cuanto a forma, textura, tamaño y color.

Es muy importante establecer controles en la uniformidad de los acabados de la mezcla, el momento y el modo de aplicación de la técnica así como las condiciones del curado, para lograr con esto un perfecto resultado en el acabado final de las superficies en concreto.

Dependiendo del estado de dureza de la mezcla, se tiene que modificar la duración de cada aplicación y de cada técnica de acabado. La mayoría de éstas se realiza sobre el concreto semiendurecido, interrumpiendo en algunas ocasiones, los procesos de curado.

El concreto se somete a diversos procedimientos para poder retirar la capa superficial de la pasta de cemento, para obtener una textura determinada y/o la exposición de los agregados; generalmente se logran por medio de herramientas o por la aplicación de chorros abrasivos.

Algo muy importante a considerar en el concreto expuesto, es la proporción, forma, textura y color de las partículas, de modo que se puedan conservar constantes

durante la producción y colocación del concreto, al igual que el mismo tipo y marca de cemento.

Una de las tantas apariencias que se pueden lograr con el concreto, es dejando el agregado grueso de la mezcla expuesto, ya sea retirando el mortero de la superficie o colocando cuidadosamente el agregado grueso en dicha superficie.

Para obtener este resultado se pueden aplicar diversas técnicas, entre las cuales se encuentra el empleo de un agente retardador del fraguado en la superficie del concreto, de tal forma que en la parte exterior la pasta de cemento no endurezca, para luego ser removida por medio de chorros de agua.

En el caso de que el concreto ya ha endurecido, se emplean ácidos para remover la capa exterior de la pasta de cemento, mediante acción química.

La otra forma de retirar el material ya endurecido es por medio de chorros de materiales abrasivos o arena a alta presión (sandblastado).¹

1.2. ACABADOS EN LA FASE FRESCA DEL CONCRETO

Estos acabados están relacionados directamente con la forma de la cimbra y su superficie interior, en la cual se pueden colocar diversos recubrimientos; estos pueden ser absorbentes o no absorbentes, de cartón, plástico, madera, metal, fibra de vidrio caucho, neopreno, etc. Con geometría y superficies características con relieves, los cuales van a quedar grabados en el concreto.

1.2.1. EL CONCRETO ANTES DE SU COLOCACIÓN

Este acabado se logra básicamente por medio de la cimbra, lógicamente sin dejar de lado los cuidados necesarios en la fabricación y colocación de la mezcla para un concreto expuesto. En esta etapa la superficie del concreto queda exactamente como lo dicta la cimbra y su superficie no tendrá ningún tratamiento futuro, un ejemplo claro de esto es el concreto expuesto al natural.

¹ Cfr. ASOCRETO, op. cit., pag. 72 – 73.

1.2.1.1. ACABADO LISO

Hoy en día el acabado liso es parte de una tendencia arquitectónica. Este acabado consiste en dejar la superficie tal y como quedó después de descimbrada, es decir la superficie no recibe ningún tratamiento adicional, por eso se debe de tener mucho cuidado con el molde ya que el acabado consiste en que tenga una apariencia perfecta y natural al descimbrar (fig. 4.2.).²



Fig. 3.2. Acabado en concreto blanco liso. MUAC, México.

1.2.2. CUERDAS INSERTADAS

El acabado de cuerdas es una técnica similar a la de las estrías y se obtiene mediante la fijación de cuerdas sobre un molde de madera o de triplay y mojándolas antes y después de la colocación del concreto; posteriormente estas cuerdas se retiran del concreto endurecido por medios mecánicos (fig. 4.3.).

Para lograr un mejor acabado final, es muy importante realizar previamente algunas pruebas a escala natural.³

²Cfr, Ibid.

³ Cfr, Ibid.



Fig. 3.3. Acabado de cuerdas insertadas

1.2.2.1. PATRONES

Este acabado se logra al aplicarle una textura a la cimbra, por medio de este método se pueden obtener una gran variedad de diseños en elementos de gran escala, como se muestra en la fig.4.4.

Las diversas texturas para acabados de los prefabricados pueden lograrse con laminados de plástico que se colocan como forros de la cimbra; se trata de alineadores plásticos rígidos que se fijan al lecho del vaciado o a la cimbra previo a la colocación del concreto.

Este tipo de acabado se recomienda para superficies grandes de muros, en el caso de superficies pequeñas da mejores resultados las estrías poco profundas, el martelinado o sopleteado con arena.⁴



Fig. 3.4. Acabado en concreto con patrones. Sala Netzahualcóyotl, México.

⁴ Cfr, Ibid, pag. 74.

1.2.2.2. RECUBRIMIENTOS INTEGRALES

Este método consiste en lograr elementos de concreto para fachadas, recubiertos con materiales, como; azulejo, piedra natural, ladrillo, etc.

Las superficies cubiertas de ladrillo son muy utilizadas en las fachadas. Los paneles arquitectónicos enladrillados permiten que se haga el detallado de ladrillo (incluyendo cartelas y arcos) fuera del sitio. Se cortan ladrillos perforados para proporcionar una losa deslizante de unos 60 mm de espesor. Otra opción consiste en usar losetas o losas delgadas (15-25 mm) que imitan el ladrillo estándar. Estas losas se colocan con la cara hacia abajo en el molde con un revestimiento del forro de hule/poliéster, que ayuda al encamado y también para marcar las juntas. Se vierte concreto de respaldo directamente en la parte posterior de los ladrillos. Alternativamente pueden hacerse las juntas en el momento del colado vertiendo primero una delgada capa de mortero en la juntas y luego colocando el concreto de respaldo. O también, las juntas pueden ser punteadas después de quitar las cimbras del molde.⁵



Fig. 3.5. Superficies cubiertas con ladrillos.

También se pueden lograr otros efectos muy especiales, usando las superficies del concreto recubierta con azulejos. Por medio de una ingeniosa técnica de moldeo, los pequeños azulejos son succionados al vacío hacia el molde, de modo que permanezcan fijos durante el vaciado y la compactación del concreto; no es necesario pintarlos después, lo que obviamente reduce los costos de manera considerable.⁶

⁵ IMCYC, “Concreto arquitectónico premoldeado: Desarrollo, producción y aplicación”, Revista construcción y tecnología, México, mayo de 2005.

⁶ Cfr. ASOCRETO, op. cit. , pag. 74.

1.2.2.3. PREFABRICADOS

Este tipo de concreto se produce en dos etapas. Primero, se llenan los moldes de la cimbra con agregado grueso limpio y bien graduado, luego se inyecta mortero estructural en la masa del agregado de abajo hacia arriba, mediante el uso de ductos verticales. También es conocido como concreto pre-empacado, concreto de intrusión o concreto inyectado. En este caso, los agregados deben cumplir con todas las normas de limpieza sanidad y durabilidad especificadas, pero su granulometría es de tipo escalonada y por economía el contenido de vacíos entre partículas del agregado grueso debe mantenerse lo más bajo posible.



Fig. 3.6. Utilización de paneles de concreto prefabricado. Plaza Moliere 222, México, Arq. Javier Sordo Madaleno.

Este tipo de concretos es muy útil en lugares que no son fácilmente accesible con técnicas ordinarias de colocación, en secciones con gran número de elementos inmersos que tengan que estar precisamente colocados; en construcciones bajo agua, en construcciones masivas donde la temperatura tiende a controlarse, en concretos con agregados expuestos.

La buena selección de los agregados, la correcta colocación de la mezcla y el proceso posterior del acabado de la superficie que quedara a la vista, son fundamentales para lograr una buena apariencia final.⁷

1.2.3. ACABADOS EN CONCRETO YA COLOCADO

Hay una gran variedad de acabados decorativos para el concreto ya colado y endurecido o semiendurecido, ya sean superficies pulidas o ásperas.

1.2.3.1. ACABADO CON LLANA

A pesar de que el concreto con acabado liso es uno de los más utilizados en la actualidad ya sea por su apariencia o por su economía, su producción con color estándar y con un acabado consistente requiere de un control estricto a fin de evitar problemas.

Para trabajar una superficie con llana a mano, se recomienda una llana de magnesio. Una llana de madera puede presentar adherencia, y por consiguiente, se requiera de un mayor esfuerzo para obtener el mismo resultado. La superficie debe ser trabajada con llana manual o mecánicamente. Los bordes deben ser redondeados con un radio mínimo de un centímetro. Cuando para el trabajo se usan medios mecánicos, se colocan las cuñas de la llana y se da una primera nivelación; entre hora y media y dos horas después, se dará una segunda pasada a la superficie. Esto densifica los finos de la superficie produciendo una losa mucho más resistente y fácil de limpiar.

1.2.3.2. ACABADO ESCOBILLADO

Uno de los acabados más comunes en la construcción de banquetas y superficies exteriores es el escobillado. Después de que la superficie ha sido nivelada y trabajada con la llana y ya con el concreto fraguado, se pasa ligeramente una escoba de cuerdas suaves preferentemente sobre el concreto, para lograr una textura antiderrapante.

⁷ Ibid, pag. 74 – 75.

Los movimientos de la escoba pueden ser rectos, ondulantes o una combinación de ambos.



Fig. 3.7. Acabado escobillado en firme

1.2.3.3. CONCRETO ESTAMPADO



Fig. 3.8. Diferentes acabados en concreto estampado

El concreto estampado ofrece una serie de ventajas que hace competitivo el uso del concreto frente a otros materiales. La clave está en una técnica que introduce el

elemento estético sin necesidad de más procedimientos constructivos que el colado y el estampado.

El estampado, puede ser utilizado en superficies de concreto interiores y exteriores.

Las superficies de concreto estampado fueron creados como un complemento en el concreto fresco, obteniendo con esto superficies texturizadas. Habiendo iniciado como con simples formas y texturas, el concreto estampado hoy en día está continuamente evolucionando en cuanto a técnicas y variedad de moldes de estampado, dando con esto grandes posibilidades de diseños en pisos. El texturizado puede verse mejorado agregándole color a base de pigmentos, produciendo así acabados muy parecidos a piedra natural, roca, madera, ladrillo, entre otros. La única limitación la pone la creatividad de los diseñadores.

Este sistema ha tenido gran éxito en los últimos años, debido a que se puede percibir el concreto como elemento decorativo sin necesidad de numerosas actividades, sin procedimientos complicados, utilizando herramientas de fácil manejo a la vez que se conserva y mejora el diseño y la resistencia del concreto como elemento estructural.

En comparación con los procedimientos de acabados en pisos convencionales, este sistema ofrece rapidez, impermeabilidad, facilidad de limpieza, diversidad de colores, resistencia a la abrasión, durabilidad, resistencia al desgaste y bajo mantenimiento en usos tales como estacionamientos, andadores, calles, patios, albercas, parques, centros comerciales, etc.

Estos pavimentos estampados se trabajan sobre losas de concreto sin fraguara base de moldes, con productos químicos colorantes, desmoldantes y selladores para lograr texturas similares a ciertos materiales, como son piedras, canteras, losetas, granzón y, en general a las de pisos cerámicos.

Los colorantes, además de dar la tonalidad deseada al estampado, trabajan y dan resistencia a la acción de agentes abrasivos, sellan los poros superficiales del concreto y se integran a este como endurecedor, aumentando su resistencia.

Los desmoldantes son productos químicos que permiten el estampado, al facilitar la operación de los moldes, son catalizadores del fraguado, evitan el sangrado del concreto y proporcionan tonos y contrastes al estampado.

El sellador se aplica en la capa superior, sellando y protegiendo las características del estampado, haciendo impermeable el material y consiguiendo la resistencia de la superficie para el rodamiento y las cargas del concreto.⁸

Los procedimientos constructivos que implica este sistema son los siguientes:

1. Colado del concreto según su diseño de proyecto.
2. Rebosamiento del concreto con llanas de magnesio y aluminio.
3. Aplicación e integración del color en la fase de fraguado.
4. Integración del desmoldante.
5. Estampado del concreto con moldes especiales.
6. Limpieza y lavado del estampado del concreto.
7. Secado para lograr tonos irregulares de apariencia natural.
8. Aplicación del sellador.
9. Cortes del concreto.
10. Limpieza en general.

➤ **Especificaciones técnicas de los estampados**

a) Endurecedor de color



Fig. 3.9. Presentación comercial del endurecedor de color.
Imagen SPG.

Es un endurecedor de color para superficies, listo para utilizar en la coloración y el endurecimiento de concretos. Se compone de concreto pre-ensayado, un agregado de cuarzo de sílice de grado especial, duro y resistente al desgaste, pigmentos colorantes

⁸ IMCYC, “Concretos estampados, estructura y acabado en solo procedimiento constructivo”, Internet, México.

inorgánicos fotorresistentes y alcalirresistentes finamente molidos, y otros componentes que mejoran las propiedades de la superficie acabada del concreto. El endurecedor de color proporciona color y durabilidad, y elimina el costo de pintar periódicamente la superficie.

Entre los beneficios de este producto esta el lograr:

- Superficies coloreadas en forma más intensa y uniforme.
- Superficies de alta densidad, fáciles de limpiar y resistentes a la penetración de grasas y aceites.
- Superficies de pisos más fuertes y de mayor resistencia al desgaste.
- Superficies duraderas, mas resistentes a las condiciones climáticas, al congelamiento y al descongelamiento, al descascaramiento ocasionado por las sales descongelantes.
- Suelos de concreto coloreados, fotorresistentes y alcalirresistentes.

b) Desmoldante



Fig. 3.10. Presentación comercial de desmoldante en polvo, caja de 10 kg. Imagen SPG.

Los desmoldantes de color contienen un agente desmoldante especialmente formulado, que forma una barrera húmeda entre las herramientas de estampado y el concreto sin fraguar para facilitar el desprendimiento de las herramientas flexibles. Es un material que se aplica por espolvoreo en seco directamente sobre el endurecedor de color antes del estampado. Este agente contiene un tinte de óxido de hierro integrado, excepto el desmoldante claro que no deja vestigios. Deben emplearse solo en estampados texturizados.

Es imprescindible utilizar desmoldantes de color claros en el concreto texturizado, ya que proporciona la barrera necesaria para evitar el chupado de concreto que afecta su resistencia, desluciendo el producto terminado. En consecuencia se reducirá la necesidad de realizar retoque a los estampados.

Entre los beneficios que ofrece este producto está además del que acabamos de mencionar el proporcionar un bello aspecto de antigüedad y una apariencia artesanal con gran similitud a los materiales naturales. Existe diversidad de combinaciones de colores que pueden ofrecer un efecto de dos tonos, acentuando los relieves. El color mas oscuro aplicado sobre el endurecedor de color penetra en las líneas de lechada y en texturas profundas.

c) Sellador



Fig. 3.11. Sellador acrílico, presentación comercial de 20 lts, Imagen SPG.

Es un producto químico basado en silicona acrílica, diseñado para la penetración profunda. El sellador claro es resistente al salpicado de sales, a los ácidos, álcalis, agua, rayos ultravioleta, y abrasión, seca o húmeda. El sistema de sellados, que combina resinas acrílicas y de silicona, tiene muy alta resistencia al tránsito y es muy recomendable para usos en exteriores. Se trata de un compuesto químico de alto peso molecular para una máxima resistencia a la abrasión húmeda y seca, al agua y a los rayos ultravioleta. Contiene una mezcla de solventes aromáticos y alifáticos que producen excelente penetración, flujo y evaporación.

d) Herramientas de estampado

Las herramientas de estampado se construyen de acero. Estas pueden ser tan pequeñas como de 0.15 m² (0.40 x 0.40 m) y tan amplias como de 1.50 m de ancho o más.



Fig. 3.12. Herramientas y material de estampado

La parte inferior de cada herramienta tiene relieves de modo que permite la penetración del estampado a una profundidad de hasta una pulgada. Las áreas que no son accesibles a herramientas grandes, usaran herramientas pequeñas, que también son útiles para los retoques. Se debe usar como mínimo dos juegos para cada trabajo, pero por lo general, se usan más.⁹

e) Aplicación de las herramientas

El estampado empieza después de trazar unas líneas en lo ancho de la superficie para establecer, de esta forma, una referencia recta para trabajar. Se coloca una de las herramientas en posición y uno de los obreros se sube en ellas para que su peso imprima el diseño en el concreto y la apisona.

⁹ SPG, “Concreto estampado, herramienta y equipo”, www.spgweb.com.mx, México, 2008.

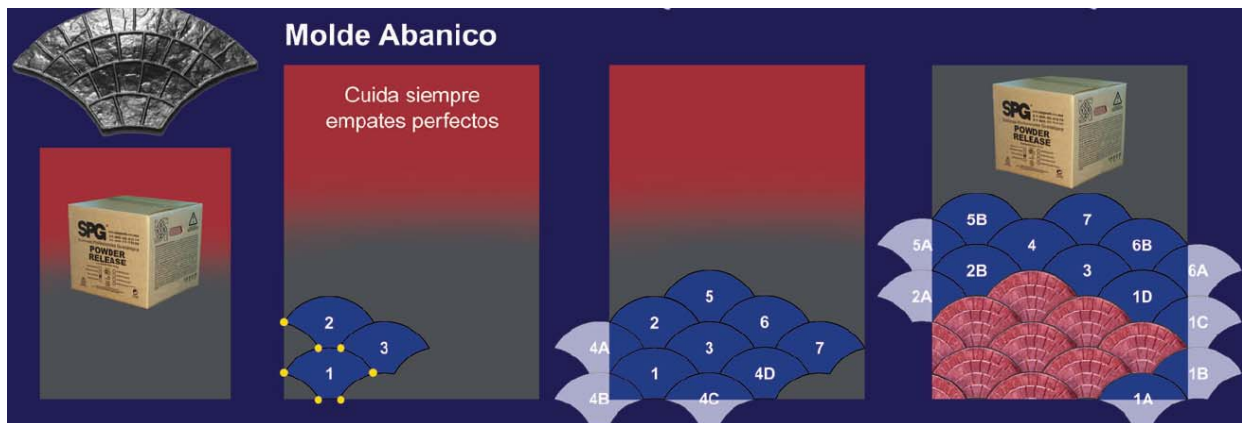


Fig. 3.13. Proceso de colocación de un molde en abanico para el estampado. Imagen SPG

El mismo obrero toma otra herramienta, la hace coincidir con la primera y repite la operación anterior. Para que el estampado quede bien es necesario retocar, por medio de una pequeña penetración, los lugares que no hayan sido estampados correctamente y completar el diseño en las esquinas y cerca de los obstáculos, utilizando otra herramienta para detallar.

1.2.3.4. DISEÑOS INCRUSTADOS

Por medio de este método se pueden lograr una gran variedad de diseños en la superficie del concreto. El primer paso consiste en elegir el material a incrustar. Después de trabajar con llana de concreto, se coloca el material y se incrusta en su totalidad, de manera que se pueda aplicar llana al concreto sin despegarlo. Sin embargo, no debe depositarse mortero encima. Esta superficie es tan delicada, que requiere cuidar el curado para no eliminar las incrustaciones.¹⁰



Fig. 3.14. Muestra una sección de concreto con acabado incrustado.

¹⁰Cfr. JAMES WILSON, Exposed Concrete Finishes, V. 1, 11a. Ed. F. J. Parson, London, 1977, pag. 84 - 87

Otra técnica es colocar los agregados gruesos en la superficie del concreto. Un paso importante es seleccionar los agregados y establecer el tipo de mezcla que se le dará al concreto, para lograr una buena superficie de agregados incorporados.

Entre los agregados naturales están los mármoles, que ofrecen una gama variada en cuanto a colores; los granitos conocidos por su durabilidad y su belleza; los agregados de cuarzo que se conocen por su brillo dentro del concreto, etc.

1.2.4. ACABADOS EN CONCRETO ENDURECIDO

Hoy en día se utilizan tratamientos mecánicos para exponer los agregados. El abujardado, el picoteado, el descascarado y el fracturado, entre otros, están ganando popularidad como métodos novedosos para producir texturas de agregado expuesto. Obviamente, el resultado que se logre dependerá del tamaño, la forma y el tipo de acabado.

Es importante vigilar la calidad del concreto al producirlo ya que posteriormente la superficie recibirá un tratamiento mecánico.



Fig. 3.15. Edificio hecho de concreto blanco con agregado de mármol martelinado. Arcos Bosques, México. Arq. Teodoro González de León

1.2.4.1. LAVADO CON ABRASIVOS

Se efectúa por medio de chorros de material abrasivo, lo que va gravando directamente la superficie del concreto. De acuerdo con el grado de penetración deseado, deben de escogerse los abrasivos, que generalmente consisten en arena de sílice. Es conveniente anotar, que cualquiera que sea el tipo de abrasivo usado, este debe estar libre de impurezas y granos de arcilla, además, deben prepararse y secarse convenientemente.

Un abrasivo usado con frecuencia consiste en partículas o polvo fino de hierro. Aunque es muy eficaz, debe destinarse sólo a tratamientos que no estén expuestos a la intemperie, pues siempre existe el peligro que algunas partículas se incrusten en el concreto y manchen luego la superficie.

- **Chorro de agua a alta presión**

Se emplea en combinación con aire para exponer el agregado. El tiempo apropiado para la aplicación debe determinarse para cada concreto, a fin de obtener la exposición deseada de relieve sin pérdida del agregado. Normalmente el lavado se hace para superficies desmoldadas antes del fraguado total. La resistencia mínima para el concreto sometido a chorro de agua debe ser de 105 kg/cm² en compresión. Este método puede emplearse con o sin retardantes de superficie y requiere un operador previamente adiestrado en un área de prueba.¹¹



Fig. 3.16. Aplicación de chorro de agua para acabado en el concreto

¹¹ JAIME KRASOWSHY, “Concreto Arquitectónico, Textura, Color, Problemas y Soluciones”, *Revista Construcción y Tecnología*, www.teesa.com/imcyc, México, pag. 2.

- **Chorros de arena ligero**

Remueve la película de cemento y expone las partículas gruesas de los agregados finos y gruesos. El resultado es una superficie plana donde domina el color del agregado fino y son secundarios los colores del cemento y los agregados gruesos.

- **Chorros de arena medio**

Comienza a revelar en mayor cantidad la textura y el color del agregado grueso, razón por la cual estos deben tener una mejor distribución en toda la superficie.

- **Chorros de arena pesada**

Brinda más textura como resultado final. Para una exposición segura del agregado grueso, se recomienda un abrasivo mas fino, pues atacara las partículas menores en la sección del mortero sin afectar el agregado grueso. El 80% de la superficie visible será de agregado expuesto, por lo cual se debe tener una mezcla con mayor cantidad de agregado grueso.¹²

1.2.4.2. ABUJARDADO

El concreto abujardado se obtiene al remover el mortero mas superficial y fraccionar las caras próximas de los agregados. Esto puede lograrse mediante martillo neumático o simplemente en forma manual. A través de este proceso se obtienen diferentes texturas y colores dependiendo del agregado utilizado, bien sea al exponerlo o al quebrarlo, con lo cual varia sustancialmente el acabado. El tipo de herramienta utilizada determina claramente dos métodos de aplicación: manuales y mecánicos.

- **Métodos manuales**

A pesar de ser un método demorado resulta económico. Los resultados dependen en forma directa de la calidad y uniformidad de su aplicación por parte del obrero. Es muy importante seleccionar bien el tipo de herramienta a utilizar (especialmente la punta que determinará el grado de rugosidad, al igual que el modo indicado de aplicación).

¹² Cfr. ASOCRETO, op. cit., pag. 77 -78.



Fig. 3.17. Acabado por medios manuales

- **Métodos mecánicos**

Son de alto rendimiento y mayor uniformidad, son prácticos para cubrir los defectos superficiales resultantes del proceso constructivo, debido a que se puede ejercer un buen control, especialmente en los métodos que son limpios (no originan contaminación del ambiente de trabajo). Esta herramienta puede ser de funcionamiento neumático o eléctrico.¹³



Fig. 3.18. Desescamado de concreto por medios mecánicos

¹³ Cfr. Ibid, pag. 78 – 79.

CAPITULO 4

1. COLOR

Los concretos producidos con cemento gris y blanco adquieren tonalidades que solo varían en su intensidad desde un blanco brillante hasta un gris. Con la integración de los pigmentos a las mezclas hechas con los cementos tradicionales, se pueden obtener un rango mucho más amplio de colores o tonalidades.

Una gran variedad de colores se pueden lograr adhiriendo pigmentos al concreto portland blanco. Agregando pigmentos al cemento blanco se pueden obtener concretos mas brillantes y de esta manera se puede maximizar la intensidad de los colores.



Fig. 4.1. Puente La Salve. Bilbao, España.

1.1. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO BLANCO O COLOR (PIGMENTOS)

El diseño de mezclas para el concreto blanco o de color se realiza tomando en cuenta a cada uno de los ingredientes que pueden tener un efecto importante en el resultado final del color en el concreto. Se debe de tomar en cuenta:

- El tipo y color del cemento
- Tipo y dosificación del pigmento
- Tipo y dosificación de la mezcla cemento – pigmento

- Tipo, tamaño, color y limpieza de los agregados finos y gruesos.
- Consistencia de las proporciones, especialmente manteniendo una uniformidad en la relación agua – cemento.

Para cualquier proyecto arquitectónico, se deberán de hacer pruebas de las mezclas hasta lograr el resultado requerido, tanto en color como en apariencia de la muestra, para de ahí tomar las medidas y dosificaciones exactas para mantener una uniformidad en el resultado final (fig. 4.2. y 4.3.).¹

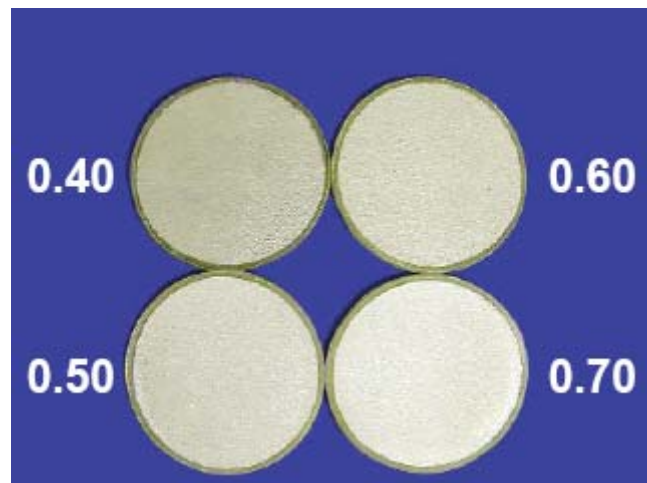


Fig. 4.2. Nótese la variación de tono en el concreto blanco húmedo con diferentes proporciones de agua.

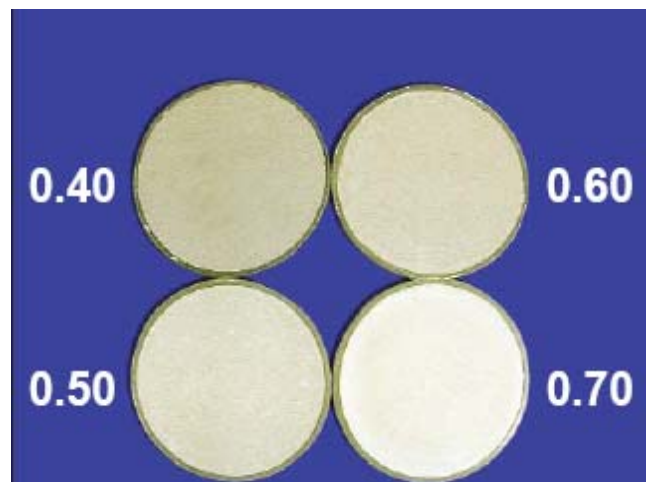


Fig. 4.3. Igual que en la figura anterior pero con el concreto seco.

¹Cfr. PCA Portland Cement Association, “White cement concrete and colored concrete construction”, Concrete Technology Today Newsletter, vol. 20, n. 3, USA, 1999, pag. 1.

1.1.1. SELECCIÓN DEL CEMENTO

Al usar cementos del mismo tipo y de la misma marca durante toda la construcción se minimiza en gran manera las variaciones en el color (ver fig. 4.4).



Fig. 4.4. Pequeñas muestras en donde se logra ver como la diferencia del color del cemento puede afectar el color del concreto.

A edades tempranas la fuerza del concreto es crítica, por tal razón para placas precoladas se recomienda el cemento tipo III, ya que puede adquirir el concreto la forma deseada de una manera muy rápida. Para cualquier otra construcción se puede utilizar el cemento tipo I y III. El cemento gris y el blanco están manufacturados bajo la norma ASTM C 150, *especificaciones estándar del cemento portland*, tipo I, II, III y V.²

1.1.2. SELECCIÓN DE LOS PIGMENTOS

Hay dos tipos de pigmentos para colorear el concreto, los naturales y los sintéticos de óxido de hierro, los cuales están especificados en la norma ASTM C 979, *Especificaciones de pigmentos para el color integral en el concreto*.

² Cfr. Ibid, pag. 2.

Combinando dos o mas pigmentos se pueden obtener una gran variedad de tonos (ver fig. 4.5).³



Fig. 4.5. Los pigmentos para el concreto se pueden conseguir prácticamente en cualquier color

Generalmente se integra el pigmento en una proporción equivalente al 5% del peso del cemento, el pigmento que se agregue arriba de este rango solo proporcionara pequeñas variaciones en la intensidad del color. En un medioambiente exterior, los pigmentos obtenidos a base de carbón negro se deben descartar ya que no son recomendables en este ambiente. Siempre que se valla a adherir color al concreto, se deben de revisar las recomendaciones del fabricante del pigmento.⁴

Un gran número de trabajos de concreto coloreado están hechos con cemento gris y pigmentos. Para producir colores pastel o brillantes en el concreto, es recomendable utilizar el cemento blanco ya que se obtendrán mejores resultados.

1.1.2.1. PIGMENTOS DE ORIGEN ORGÁNICO (NATURALES)

Este tipo de pigmentos se obtienen por medio de la extracción de minerales, ubicadas en diferentes partes alrededor del mundo. Se someten a un proceso de calcinación a temperaturas muy altas para después pasarlos por diferentes tamices para reducir el tamaño de las partículas y control del color. La tierra natural calcinada, generalmente

³ Cfr. Ibid.

⁴ ASTM C 979, Specification for pigments for integrally colored concrete.

óxidos de hierro, se tamiza hasta conseguir un tamaño uniforme de los granos de unos 5 a 7 mm. Posteriormente se hace pasar por varios rodillos que reducen el mismo hasta alcanzar un rango de partícula que va desde las 10 hasta las 50 micras. Los fabricantes de dichos pigmentos deben garantizar que el 99.99 % de aquella que no supera dicho tamaño. El control de la uniformidad de color del pigmento tiene lugar en este proceso de refinado.

Los pigmentos que se pueden tomar como naturales son aquellos derivados de óxidos de metales y de manera casi exclusiva los óxidos ferrosos y férricos para la gama de negros, rojos y amarillos, ocre como combinación de los anteriores y los óxidos naturales de cromo para la obtención del color verde.

Los minerales puros garantizan la no afectación de la resistencia, y aquellos componentes como los azúcares, alcoholes o almidones quedan terminantemente excluidos como colorantes en el concreto.⁵

1.1.2.2. PIGMENTOS INORGÁNICOS (SINTÉTICOS)

Los pigmentos cinéticos se obtienen por medio de la precipitación química de cristales de sulfatos ferrosos e hidróxidos de sodio. Usando aire comprimido como catalizador y añadiendo, fundamentalmente hierro (rojos, amarillos, ocre y negros), cromo (verde), cobalto (azul), en cantidades precisas se forman óxidos de mineral añadido en forma de pasta.

A la pasta obtenida, una vez neutralizada y con el PH requerido, es sometido a un proceso similar al de los pigmentos naturales (pasa por tamiz, bombardeo de partículas, etc.), hasta obtener tamaños de partículas que no superan 1 micra.

Los inorgánicos más importantes, según el color que aportan y fórmula química general, se clasifica en la tabla 4.1.

⁵ Cfr. ASOCRETO, op. cit., pag. 25.

Tabla 4.1. – Clasificación de los pigmentos inorgánicos según el color que aportan y formula química general

| Color | Fórmula Química | Denominación | Nombre Común |
|----------|--|----------------------|--------------------------|
| Blanco | TiO ₂ | Dióxido de Titanio | Dióxido de Titanio |
| Negro | Fe ₂ O ₄ | Óxido Férrico | Óxido de Hierro negro |
| Rojo | x-Fe ₂ O ₃ | Óxido Ferroso | Óxido de Hierro rojo |
| Amarillo | x-FeOOh | Óxido Ferroso | Óxido de Hierro amarillo |
| Verde | x-Cr ₂ O ₃ | Óxido de Cromo | Óxido de Cromo verde |
| Azul | CoAl ₂ O ₄ | Aluminato de Cobalto | Azul Cobalto |
| Siena | Mezcla de FeOOH ó Fe ₂ O ₃ con Fe ₃ O ₄ | | Óxido de Hierro - Siena |

Se pueden encontrar diferentes tonos y colores en los pigmentos de óxido de hierro. Los óxidos de hierro rojos varían de tonalidad desde el bermellón hasta el violeta, mientras que otros óxidos de hierro nos proporcionan negro o amarillo.

Todos los pigmentos, óxidos de algún mineral, son en principio, de composición uniforme, a excepción de los pigmentos Ocres y Sienas, así como también los verdes y azules.

El color verde viene en su mayor parte del óxido de cromo, no obstante, complejas formulaciones en las que intervienen el cobalto, níquel, zinc, titanio y aluminio, se utilizan para obtener un verde más luminoso y estable a la luz. El color azul, derivado del cobalto, puede presentar incompatibilidad con la pasta de concreto, por lo que en su sustitución es utilizada la Phthalocianina con óxidos de cobre.

Los pigmentos de origen inorgánico se distribuyen en forma de polvo mucho más finos que el cemento, por lo cual presentan gran facilidad de dispersión en el concreto.

Los pigmentos inorgánicos se denominan polvos inertes, debido a que no reaccionan de ninguna manera al mezclarse con otros componentes. Las propiedades físicas, como el tamaño de las partículas y formas, pueden tener influencia en las características técnicas del concreto.⁶

1.1.3. EFECTO DE LOS PIGMENTOS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS MEZCLAS

Las reacciones químicas de las mezclas y su influencia en el color del concreto, se pueden observar haciendo unas pruebas físicas antes de la colocación definitiva.

Los pigmentos debido a sus componentes químicos pueden modificar las propiedades físicas del concreto como la trabajabilidad, adherencia, exudación, etc.

1.1.3.1. MEZCLAS EN ESTADO FRESCO

- a) **Trabajabilidad.** Al agregar pigmentos a las mezclas de concretos y de morteros, generalmente se reduce su trabajabilidad. Las normas especifican que el incremento en la demanda de agua para mantener la misma trabajabilidad de la mezcla original sin pigmento no debe exceder del 10%.
- b) **Tiempo de fraguado.** Generalmente los pigmentos no tienen ninguna influencia en el tiempo de fraguado de la mezcla, siempre y cuando se utilicen las medidas recomendadas. Sin embargo el pigmento de carbón negro puede acelerar el tiempo de fraguado.
- c) **Contenido de aire.** Normalmente los pigmentos no influyen mucho en el contenido de aire de la mezcla, a excepción del pigmento de carbón negro y algunos otros compuestos por partículas muy finas. Al utilizar esta clase de colorantes se le debe agregar al concreto aditivos incorporadores para conservar el contenido de aire en los valores aceptables.

⁶ Cfr. Ibid, pag. 25 – 26.

- d) **Exudación y asentamientos.** No causa efecto sobre esta propiedad siempre y cuando se utilicen los niveles recomendados por los fabricantes.
- e) **Adherencia.** Esta propiedad si se ve afectada ya que disminuye en un 5%.

1.1.3.2. MEZCLAS ENDURECIDAS

- a) **Resistencia a la compresión.** La disminución de esta propiedad no es significativa, salvo en el caso de que se empleen partículas muy finas. Es por eso que es muy importante verificar el porcentaje de pigmento que se le agrega a la mezcla.
- b) **Agrietamiento.** El concreto típico por si solo puede presentar grietas por diversas causas, pero la mas común es por una deshidratación temprana. Dentro de las mezclas coloreadas, la que incrementa la posibilidad de grietas es la de oxido de hierro café o negro.⁷

1.1.4. DURABILIDAD Y PERMANENCIA DEL COLOR

Los principales factores que afectan la estabilidad del color del concreto pigmentado son la calidad del pigmento y las condiciones a las que está expuesta. Además de los pigmentos que presentan partículas muy finas tales como el negro humo. Es el lavado, escurrimiento de las superficies de concreto y la acción de los rayos ultravioleta lo que hace que el color negro de concreto vuelva a su gris original aún si se usan cantidades excesivas de pigmentos.

Uno de los factores que influyen de manera muy importante en la conservación del color en el concreto es la selección de los agregados.

Causas principales de los cambios de color en el concreto:

- La eflorescencia
- La erosión a la intemperie
- Acción a la intemperie

⁷ Cfr. Ibid. Pag. 26 – 27.

➤ Actividades de mantenimiento⁸

1.2. COLOR A BASE DE OXIDANTES EN CONCRETO ENDURECIDO

Los ácidos oxidantes del concreto, no son ni un pigmento ni una pintura. Estos reaccionan químicamente con la cal del cemento en el concreto, por lo tanto el color obtenido no es uniforme. El proceso de coloración le da a la variación de los tonos grises del concreto una apariencia veteada. Una de las características más importantes de este producto, es que se coloca cuando el concreto ya está endurecido, incluso puede tener años de haberse vaciado. Al aplicarse el ácido le cambia el color permanentemente al concreto. El recubrimiento final es el que le da la protección y le da el acabado final.



Fig. 4.6. La imagen muestra un piso coloreado a base de ácidos oxidantes de concreto.

1.2.1. FUNCIÓN DE LOS ÁCIDOS

Los ácidos reaccionan químicamente entre iones metálicos y el hidróxido de calcio del cemento, cambiando permanentemente su color sin alterar su textura, dureza o porosidad.

Existe una limitación de iones metálicos que generan una coloración en el concreto mediante una reacción química. Por lo mismo existe una limitación en cuanto al número de colores permanentes producidos por dicha reacción (ver fig. 5.7).

⁸ Cfr. Ibid.

Los colores verde y azul contienen iones de cobre, que al estar en contacto con la humedad, pueden “patinarse” en negro.⁹



Fig. 4.7. Colores que se pueden obtener por medio de la oxidación.

1.2.2. DATOS TÉCNICOS

- Su apariencia es líquida de mezcla metálica.
- Los ácidos oxidantes están regulados bajo la norma ASTM D 968.
- Tiene un punto de inflamación de 45° C
- Un peso específico a 20° C de 0.768 kg.
- Toxicidad media, evitar el contacto e inhalación prolongada.
- Resistencia a la abrasión de 500 kg. Sin efecto.¹⁰

1.2.3. APLICACIONES DEL SISTEMA

Los ácidos oxidantes se pueden aplicar en cualquier superficie de concreto como; concreto natural, estampado, endurecedor de concreto, concreto con color integral, concreto polimérico y cualquier superficie que contenga cemento.

Se pueden obtener excelentes resultados aplicándolo en las siguientes superficies:

⁹ SERVICIOS PROCONSA S.A. DE C.V. “Aplicación de sistema Kemiko, Cambiando la cara del concreto”, www.kemiko.com.mx, México, 2008.

¹⁰ Ibid.

- Pisos
- Fachadas
- Muros
- Columnas
- Cielos
- Cubiertas de lavabo y cocina
- Muebles de concreto
- Esculturas
- Elementos arquitectónicos¹¹

1.2.4. MODO DE INSTALACIÓN



Fig. 4.8. Material y herramienta para los acabados oxidados

¹¹ Ibid.

1.2.4.1. CUIDADOS EN SUPERFICIE

a) Durante el vaciado

- Evitar pisadas o marcas indeseadas
- Programar las juntas de una manera acorde al diseño
- En caso de usar membrana de curado, debe ser base agua, y debe permitir absorción de agua. En caso contrario evitará la colocación permanente.

b) Durante el fraguado (28 días de secado)

- Evitar manchas de grasa, comida, líquidos, etc.
- Proteger la superficie de pintura, sellador, silicón y cualquier tipo de película.
- No proteger la superficie con plásticos ya que se marcarán de manera permanente en el concreto. Utilizar cartón.¹²

1.2.4.2. PROCESO DE APLICACIÓN

a. Trazo de la superficie.

En caso de querer trazar la superficie, se deberá hacer antes de la limpieza, ya que para ello se requerirá; esmeriladora, disco de diamante, tiralíneas (azul), guías, taladro y brocas. El equipo que se usa en el trazo, dejara residuos por tal razón la limpieza se debe hacer posterior al trazo.

El diseño se traza con el tiralíneas (azul), y después se hace una ranura sobre la línea del diseño con el esmeril a una profundidad aproximada de 1/8 de pulgada, esto con el fin de delinear perfectamente el trazo y evitar la mezcla de colores.

b. Limpieza y preparación de la superficie

En esta etapa es muy importante remover cualquier contaminante que evite que el oxidante tenga contacto con la superficie de concreto, como por ejemplo: cera, pintura, grasa, yeso, sellador, etc. Se deben de utilizar todos los recursos necesarios para dejar la superficie totalmente limpia, ya que esta etapa representa el 85 % del acabado final (ver fig. 4.9).

¹² Ibid



Fig. 4.9. Limpieza de la superficie

c. Enmascarillado

El proceso de enmascarillado se puede hacer utilizando papel periódico, plástico o papel para enmascarillar de 3 mm. Para las uniones se debe de utilizar cinta adhesiva de uso profesional.

Es necesario asegurarnos de que no quede ningún hueco en la cinta o en el papel que pueda permitir que el oxidante manche en alguna parte no deseada (ver fig. 4.10.).



Fig. 4.10. Protección de superficies con enmascarillado

d. Aplicación del oxidante

Para la aplicación del oxidante es necesario utilizar el equipo y herramientas siguientes:

- Equipo de seguridad
- Bomba aspersora (componentes de plástico)
- Brochas
- Estopa
- Contenedores de plástico

El oxidante normalmente viene concentrado, por lo tanto será necesario diluirlo, tomando en cuenta las especificaciones del fabricante.

La aplicación en superficies grandes se hará por medio de un aspersor, roseando sin seguir un patron definido y cuidando que no se seque el borde, la superficie se debe humedecer totalmente pero sin dejar charcos. Habiendo cubierto totalmente la superficie, se dejara secar completamente, para posteriormente aplicar la segunda mano.

En la segunda mano se debe hacer el mismo procedimiento de colocación del acido oxidante (ver figura 4.11.).¹³



Fig. 4.11. Aplicación del oxidante en un piso.

¹³ Ibid.

CAPITULO 5

1. TRANSPARENCIA

La transparencia, es la propiedad que tiene un material de permitirnos ver a través de el.

Esta propiedad en algunos materiales de construcción, nos permite generar espacios, ligeros, libres e iluminados, aumentando con esto la calidad del mismo.

La transparencia en la actualidad se consigue por medio de materiales como el vidrio y algunos plásticos, los cuales cumplen al 100 % con esta propiedad, pero tienen muy poca resistencia a los esfuerzos tanto de flexión como de tensión.

En los últimos años con el fin de lograr producir un material que además de ser transparente logre soportar las cargas propias de un elemento estructural, se han hecho varias pruebas en el concreto, logrando con esto obtener un concreto que si bien no es transparente, si deja pasar la luz da un lado a otro por medio de fibra óptica, proyectando con esto las siluetas y hasta los colores del objeto que se encuentra del lado donde nos llega la luz, dándonos con esto un material con todas las propiedades normales de un concreto convencional pero con la virtud de ser translucido (véase fig. 5.1).



Fig. 5.1. Concreto translucido en diferentes intensidades de transparencia. Litracon, Arq. Aron Losonczy

1.1. ANTECEDENTES

En el año 2000, un Arquitecto estadounidense y profesor de la Universidad de Houston, el Dr. Bill Price, hizo un anuncio con el cual sorprendió al área de la arquitectura y de la construcción, al informar que su nuevo proyecto era el de producir un concreto translucido. Es aquí cuando se empezó a escuchar de la posibilidad de producir un concreto con todas las características normales, pero que además de eso lograra ser transparente o por lo menos translucido.

El Dr. Price puso en marcha su proyecto, realizando una maqueta de un teatro en donde proponía usar concreto translucido (fig. 5.2). Así inicio sus estudios e investigaciones para poder lograr en concreto translucido, pero en el camino surgieron muchos problemas, uno de los principales era el costo, ya que de llegarse a producir seria aproximadamente 5 veces más costoso que un concreto normal.

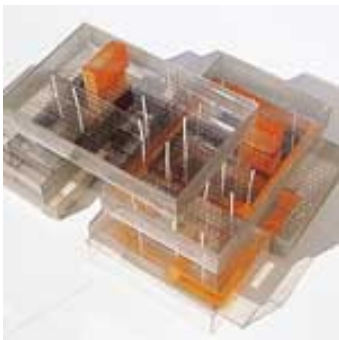


Fig. 5.2. Maqueta del teatro propuesto por el Dr. Bill Price

Mientras el Dr. Price, trabajaba en su proyecto, en otras partes del mundo también se estudiaba la manera de poder lograr la creación de un material sólido y resistente como el concreto, pero con la posibilidad de dejar pasar la luz a través de él. La mayoría de los investigadores coincidían en que para poder lograr un material con tales propiedades, era necesario adherir a la mezcla materiales que dejan pasar la luz, como lo es el vidrio y el plástico.

Fue hasta el año 2001, cuando el joven arquitecto húngaro Aron Losonczy, con tan solo 27 años de edad, logró producir una mezcla de concreto que al agregarle fibra óptica y fraguar, se genera un volumen solidó que deja pasar la luz, y por lo tanto, visualizar las siluetas desde el exterior, esto guardando la misma resistencia que el concreto tradicional.

Actualmente este concreto translucido producido por el Arq. Losonczy, se comercializa bajo la marca **LiTraCon** (Light Translucent Concrete).

En México, en el año 2005, los jóvenes, Joel Sosa Gutiérrez y Sergio Galván, estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), lograron producir lo que ellos denominan concreto translucido, el cual esta compuesto por una mezcla de matrices epóxicas y policarbonatadas, además de fibras de vidrio, fibras ópticas, sílica sol coloidal, sílice, dietilentramina y una muy pequeña cantidad de cemento portland.

Debido a las composiciones de las mezclas para producir el LiTraCon y el CONCRETO TRANSLUCIDO Mexicano, consideramos que el Litracon tiene más las características de un concreto convencional solo con algunos complementos como la fibra óptica que logra que el elemento hecho de este material permita el paso de la luz. Por otra parte el Concreto Translucido esta compuesto en su mayoría por resinas y una cantidad muy pequeña de cemento portland, lo que lo aleja mucho de la composición de un concreto convencional. Por lo anterior y en base a nuestro criterio, trataremos en este documento como un concreto translucido al llamado Litracon.

1.2. CONCRETO TRANSLUCIDO (LITRACON)



Fig. 5.3. Block hecho de concreto translucido LiTraCon.

El concreto translucido es una nueva versión del concreto, va mas allá del clásico, es un material de construcción innovador con características translúcidas a partir de una mezcla de concreto con fibra de vidrio óptica. La idea principal detrás de este material interesante era la integración del vidrio: miles de fibras ópticas de un diámetro que puede ir de los 2 micrones a los 2 milímetros en capas o en celdas, en forma paralela a las dos caras del bloque.

Una pared realizada con este material, denominado -LiTraCon-, tiene la solidez y resistencia del hormigón tradicional y además, gracias a las fibras de cristal que se le han incorporado, tiene la posibilidad de permitir visualizar las -siluetas- del espacio exterior. -Miles de fibras ópticas forman una matriz, y corren entre si en forma paralela, entre las dos superficies principales de cada bloque.

Se espera que este nuevo material transforme el aspecto interior de los edificios de concreto, dando la posibilidad a que los espacios se perciban más luminosos, ventilados y cálidos, en lugar del aspecto oscuro, serio y pesado que se percibe con el concreto tradicional.

Una pared construida con la tecnología de LiTraCon, podría tener un espesor hasta de 20 metros, sin reducir la capacidad característica de la fibra óptica de transmitir la luz.

Las sombras provenientes del lado más iluminado aparecerán en el mas oscuro destacando su contorno. Incluso los colores se seguirán percibiendo iguales (ver Fig. 5.4).



Fig. 5.4. En estas imágenes se puede observar como el concreto deja pasar la luz y los colores.

Con este concreto también se pueden construir estructuras portantes, ya que la fibra con la que esta compuesto este material, no afecta la resistencia a la compresión

del concreto. Actualmente este material se puede hacer en placas y bloques, los cuales se pueden producir en varios tamaños.

Los bloques se pueden manejar a manera de muros de mampostería que dan soporte al edificio junto con la estructura, además de esto obtendremos muros que den luz, decoración y aislamiento térmico.

Sin duda alguna usando este material y la creatividad de arquitectos y diseñadores se obtendrán grandes resultados estéticos en los edificios.



Fig. 5.5. Aquí se puede observar como el muro translucido hace mas cálido el espacio, proporcionándole, luz, textura y transparencia.

1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

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

1.2.2. DATOS TÉCNICOS

- Tamaño: Máximo, 2.00 x 1.20 m.
- Grosor: min. 2 cm.

- Colores: blanco, gris, negro
- Densidad: 2,400 kg/m³
- Res. a presión: min. 70 N/mm²
- Res. a tracción: 4
- Flexión: C 7,7 N/mm²
- Forma: Bloques, paneles
- Cociente de la fibra: máx. 5 vol. %
- Componentes: Concreto y fibra óptica ¹

1.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

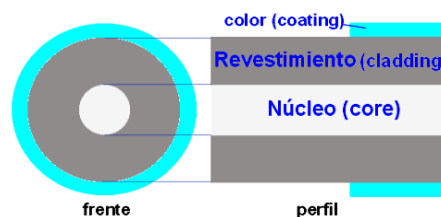


Fig. 5.6. Sección transversal de una fibra óptica.

“Miles de fibras ópticas forman una matriz, y corren entre si en forma paralela, entre las dos superficies principales de cada bloque”, Arquitecto Áron Losonczy.

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie

¹ www.noticias.arq.com.mx, “Hormigon transparente se venderá en todo el mundo en dos años”, México, 2008.

externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

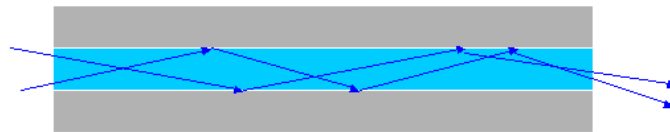


Fig. 5.7. Sección longitudinal de la fibra óptica

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz.

Por su composición hay tres tipos disponibles actualmente:

- Núcleo de plástico y cubierta plástica
- Núcleo de vidrio con cubierta de plástico (frecuentemente llamada fibra PCS, El núcleo silicio cubierta de plástico)
- Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio (frecuentemente llamadas SCS, silicio cubierta de silicio)



Fig. 5.8. Fibra óptica

“Las sombras provenientes del lado más iluminado aparecerán en el más oscuro destacando su contorno. Incluso los colores se seguirán percibiendo iguales. Este efecto especial permite generar la sensación de que el peso y el espesor de un muro de hormigón desaparece. En teoría, una pared construida con esta nueva tecnología (light-transmitting concrete) podría tener varios metros de espesor sin reducir la capacidad característica de las fibras ópticas de transmitir la luz”. Arquitecto Áron Losonczy.

La integración de la fibra óptica al concreto es a través de miles de hilos de un diámetro que puede ir de los 2 micrones a los 2 milímetros en capas o en celdas, en forma paralela a las dos caras del bloque. El material es translúcido porque las fibras de vidrio óptimamente pulidas en sus extremos llevan la luz en forma de pequeños puntos a partir de una cara iluminado a la cara del bloque opuesto. Debido a los millares de fibras ópticas paralelas, la imagen del lado más claro de la pared aparece en el lado más oscuro sin ningún cambio.²

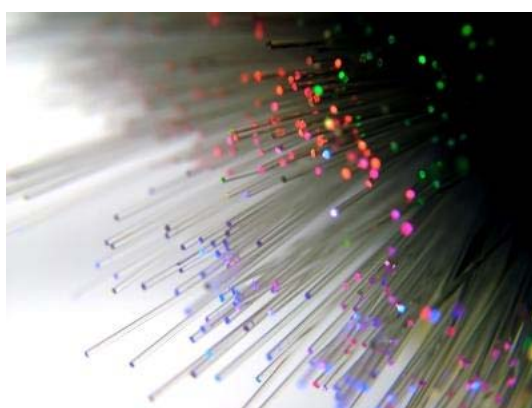


Fig. 5.9. Imagen Lateral de la fibra óptica

Tabla 5.1. Propiedades de la Fibra Óptica

| DENOMINACIÓN | DESCRIPCIÓN | BENEFICIOS | INCONVENIENTES | APLICACIONES | COSTO |
|--------------|---|--|--|---|--------------------------------------|
| FIBRA ÓPTICA | CONSISTE EN VARIAS HEBRAS DELGADAS DE VIDRIO O PLÁSTICO CON | POSIBILIDAD DE APLICACIONES TIPO SPOT, LÍNEAS DE LUZ | DIFICULTAD PARA LA ILUMINACIÓN DE GRANDES ÁREAS, ALTO COSTO. | RESIDENCIAL, COMERCIAL, DECORACIÓN, PUBLICIDAD, ESTETOSCOPIA, | USD 68 X MTS, DIÁMETRO ÚTIL 15.8MM - |

² MALHKE Y GÖSSING, Conductores de fibras ópticas, 2a ed. Marcombo, 2000.

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|---|
| | DIÁMETRO DE 50 A 125 MICRAS CON UN REVESTIMIENTO QUE RODEA Y PROTEGE AL NÚCLEO. | PERIFÉRICAS, RAMIFICACIÓN DE PUNTOS ILUMINADOS. | | ILUMINACIÓN PUNTUAL, CULTIVOS VEGETALES | TIPO MULTIFILAR (126 X 0,75MM) (16) |
|--|---|--|--|--|---|

1.3. CONCRETO TRANSLUCIDO (MEXICANO)



Fig. 5.8. Block de concreto translucido, Illum. México.

Este concreto se logra por medio de un aditivo, llamado Illum, el cual al añadirlo al concreto genera una mezcla translucida.

La matriz de concreto se fabrica utilizando cemento, agua, arena, obsidiana y el aditivo Illum, la obsidiana como agregado expuesto, permite a la mezcla adquirir un acabado que brilla al contacto con la luz, dándole un aspecto más estético.

En propias palabras de los creadores de este concreto, mencionan que mas que un concreto lo que ellos inventaron es un aditivo. El mencionado Illum es un aditivo para producir concreto translucido, es decir que permite ver a través de el. Básicamente este producto cambia las propiedades ópticas del concreto, dejando que la luz pasa a

través de él en diferentes tonalidades de acuerdo con el aditivo que se le agregue o el pigmento que se le añada para moderar su intensidad y teñirlo simplemente.³

1.3.1. CONTENIDO DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO (ADITIVO)

- Matriz Epóxica: de 0% hasta 90%
- Matriz Policarbonatada: de 0% hasta 60%
- Fibra de vidrio: de 0% hasta 10%
- Sílica sol coloidal: de 0.5% hasta 5%
- Sílice: de 0.5% a 10%
- Dietilentramina (DETA): de 10% hasta 50%
- Fibras ópticas: desde 0% hasta 3%
- Cemento Portland: desde 0% hasta 15%

1.4. PRUEBAS PARA TRATAR DE PRODUCIR CONCRETO TRANSLUCIDO

Tomando como base los componentes que forman los concretos translucidos antes investigados, unos estudiantes se dieron a la tarea de hacer algunas pruebas para tratar de producir un concreto translucido.

Para esto se diseñaron cuatro tipos de mezclas, utilizando los siguientes materiales:

- Cemento Portland Blanco
- Agregados finos y gruesos s base de marmolina
- Microesfera
- Fibra óptica
- Fibra de vidrio
- Látex
- Glenium 3200
- Agua

³ IMCYC, “La juventud y los materiales”, Revista Construcción y Tecnología, n. 224, enero 2007, México, pag. 34 – 37.

a) Prueba “a”

| MATERIAL | PORCENTAJE % |
|-----------------|------------------------|
| Cemento blanco | 30.36 |
| Arena de mármol | 51.54 |
| Sika-latex | 0.5 (respecto al agua) |
| Agua | 18.18 |

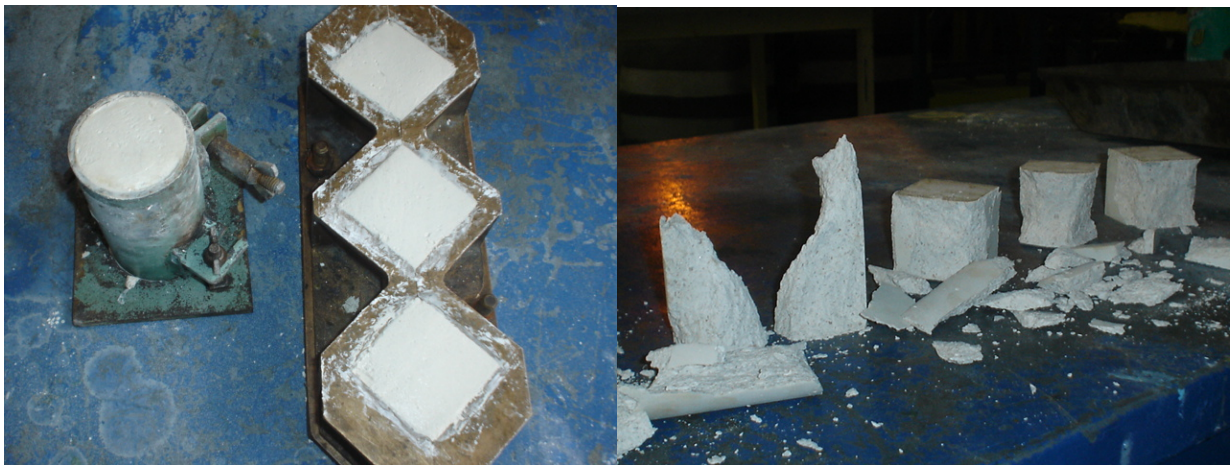


Fig. 5.9. Realización y resultados de la prueba “a”

Las probetas alcanzaron las siguientes resistencias a los 14 días:

- Cubo 260 kg/cm²
- Cilíndro 304 kg/cm²

b) Prueba “b”

| MATERIAL | PORCENTAJE % |
|-----------------|------------------------|
| Cemento blanco | 10.35 |
| Arena de mármol | 21.96 |
| Grava de mármol | 38.13 |
| Agua | 19.2 |
| Sika-latex | 0.2 (respecto al agua) |
| Fibra óptica | 11 |

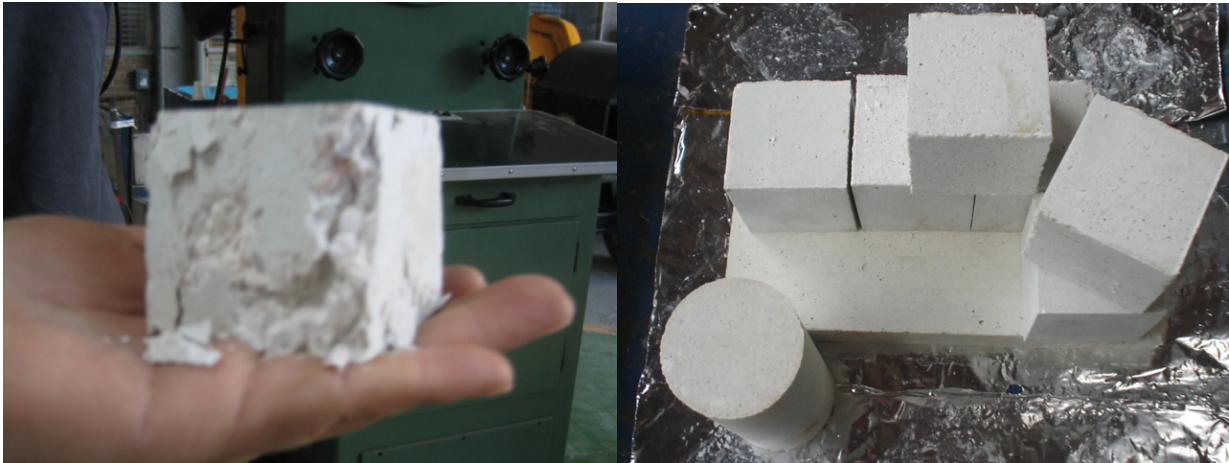


Fig. 5.10. Concreto en estado fresco y endurecido en prueba “b”

En esta prueba las probetas alcanzaron una resistencia a los 7 días, de 304 kg/cm²

c) Prueba “c”

| MATERIAL | PORCENTAJE % |
|-----------------|------------------------------|
| Cemento blanco | 4.77 |
| Arena de mármol | 11.8 |
| Microesfera k1 | 74.42 |
| Agua | 9 |
| Sika-latex | 0.1 (respecto al agua) |
| Glenium 3200 | 10 (respecto al agua) |
| Fibra de vidrio | 50 (del total de la mezcla) |
| Fibra óptica | 4 (del total de la mezcla) |

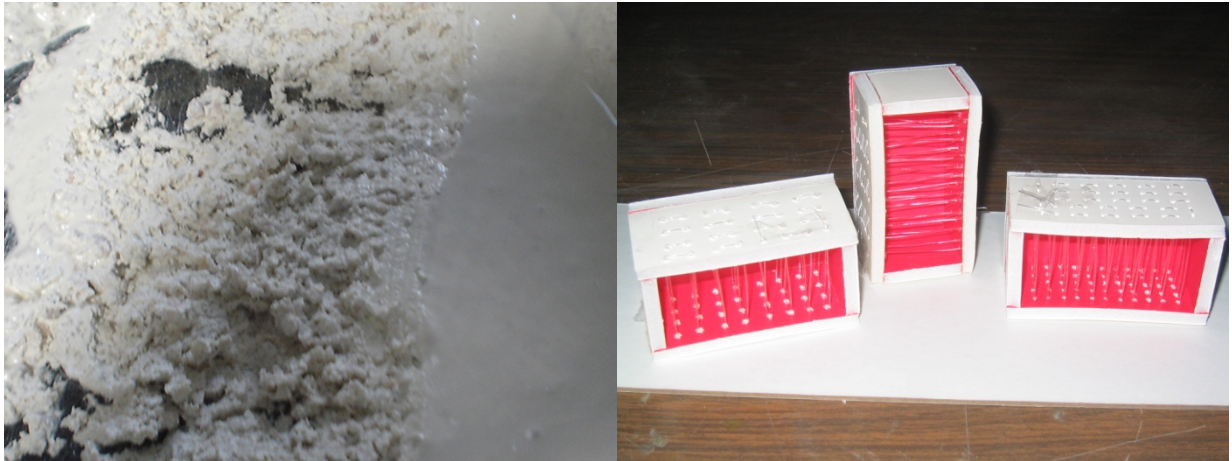


Fig.5.11. Pasta de concreto y moldes con fibra óptica para la realización de la prueba “c”

En esta muestra se coloca la fibra óptica de lado a lado como se ve en la imagen de los moldes.

d) Prueba “d”

| MATERIAL | PORCENTAJE % |
|-----------------|------------------------------|
| Cemento blanco | 4.77 |
| Microesfera k1 | 43 |
| Agua | 9 |
| Sika-latex | 0.1 (respecto al agua) |
| Glenium 3200 | 10 (respecto al agua) |
| Fibra de vidrio | 43 |
| Fibra óptica | 10 (del total de la mezcla) |



Fig. 5.12. Concreto en estado fresco y endurecido en prueba “d”.

1.4.1. CONCLUSIONES DE LAS PRUEBAS

- ❖ Si la fibra óptica se agrupa en una matriz que corre paralela a las dos superficies principales de cada bloque, permite visualizar la luz exterior.
- ❖ En el caso de la prueba “d” hubo segregación, uno de los principales factores fue la falta de homogeneidad de la mezcla, haber utilizado un porcentaje alto de glenium, microesferas y la combinación con el látex.



Fig. 5.13. Cubo de concreto producto de las pruebas para obtener concreto translucido.

- ❖ Debido a que no se utilizaron las resinas adecuadas para la elaboración del concreto translucido, no se obtuvo el resultado deseado, que es de de lograr producir un concreto translucido.⁴

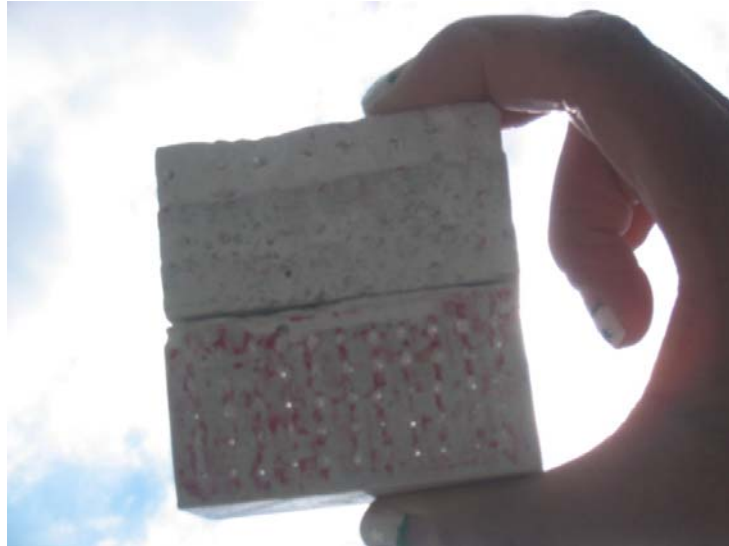


Fig. 5.14. Cubo de concreto de prueba colocado hacia el sol para evaluar el paso de luz

1.5. DIFERENCIAS ENTRE EL CONCRETO TRANSLUCIDO (ILLUM) Y EL LITRACON

Sin lugar a dudas el Concreto Translucido Mexicano y el LiTraCon, son materiales que han venido a dar grandes aportaciones a la industria de la construcción y al diseño arquitectónico, pero sin embargo, la composición química de uno y de otro son totalmente distintas.

Haciendo un análisis en base a los datos visto anteriormente sobre la composición química de cada uno de los concretos, nos damos cuenta que el concreto translucido mexicano, ha sido mal nombrado como concreto, ya que dista mucho de la composición de un concreto tradicional. El Concreto Translucido Mexicano, básicamente son resinas con una cantidad muy baja de cemento es decir se produce un plástico. En cambio el LiTraCón, es una mezcla de concreto muy parecido al tradicional

⁴ UNAM, FACULTAD DE INGENIERIA, DIVISIÓN DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA. Pruebas realizadas por alumnos de la Facultad de Ingeniería, dirigidos por el Ing. Juan Luis Cottier Caviedes, México, 2008.

que al adherirle las capas de fibra óptica, por la capacidad natural de la fibra óptica logra pasar la luz de un lado a otro.

Como conclusión la gran diferencia esta en que el LiTraCon es un concreto con fibra óptica y el Concreto Translucido Mexicano esta compuesto de resina.

CAPITULO 6

1. CASO “CONCRETO OXIDADO OFICINAS MAZATLÁN”

En este capítulo se estudiará el uso de concretos arquitectónicos oxidados en el caso específico de su aplicación en unas oficinas ubicadas en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, donde pudimos aplicar de manera directa parte de los conocimientos adquiridos por medio de esta investigación en la elaboración del concreto, y a su vez revisar el procedimiento y uso de la técnica de una de las empresas certificada por Kemiko, dedicada a la aplicación de concretos al ácido u oxidados, en un lugar donde solo existen tres empresas dedicadas a ofrecer el este servicio, por lo cual resulta interesante observar el procedimiento para concluir haciendo unas observaciones al método de aplicación.

1.1. ELABORACIÓN DEL CONCRETO OXIDADO.

- **Concreto**

En este caso en específico se tenía considerado en un inicio colocar un recubrimiento de cerámica, al cambiarse este acabado por el de concreto oxidado, solo se pudo obtener un grosor máximo del concreto de 3 cm, por lo cual se secciono toda el área en tableros de 2.50 x 3.00 mts, aproximadamente, a manera de ajedrez, para evitar al máximo el agrietamiento debido a las contracciones propias del concreto, como se aprecia en la figura 6.1.



Fig. 6.1. Realización de los tableros de concreto pulido

El acabado que se le dio al concreto es pulido con llana, aplicándole una especie de lechada a la cara expuesta del concreto en la fase inicial del fraguado para que ésta se integre perfectamente al concreto y no se descascare en un futuro.

El concreto se dejó reposar por aproximadamente 15 días para posteriormente proceder a la aplicación de los ácidos.

- **Aplicación del oxidante**

Después de haber dejado pasar aproximadamente quince días desde el colado de las placas de concreto, se procede a limpiar la superficie por medio de una maquina pulidora provista de una lija para quitar cualquier mancha superficial en el concreto.

Posteriormente se traza el diseño de una hélice en el piso usando una plantilla, como se muestra en la figura 6.2.



Fig. 6.2. Muestra el trazo del diseño en el piso

Ya hecho el trazo se enmascarilla su contorno y las áreas en donde habrá cambios de color, con el fin de evitar que los colores se mezclen. El enmascarillado se hizo con una cinta adhesiva de uso profesional distribuida por Kemiko.

En este momento se procede a aplicar el ácido de color trigo dorado en la mayor parte de la superficie y unas combinaciones de rojo ingles, trigo dorado y agua en el

detalle de la hélice. En este caso se aplicó el oxidante por medio de una brocha y tallando con una estopa antes de que el ácido seque, para evitar al máximo que se marquen los brochazos, como podemos observar en la imagen 6.3.



Fig.6.3. Aquí se observa cómo se va aplicando el ácido por medio de una brocha y uniformando el acabado a través de estopa.

Después de dejar secar el ácido aproximadamente 24 hrs. para que adhiera bien al concreto, se procede a aplicarle una capa de sellador el cual puede dar un acabado mate, semimate o brillante al concreto, lo cual se debe de considerar para saber que tanto se rebaja el ácido, ya que a mayor cantidad de ácido mayor es la intensidad en el tono. En este caso se buscaba un color no muy intenso para lograr un buen contraste con el diseño de la hélice. El sellador que se aplicó en el ejemplo es el brillante como se puede observar en la imagen 6.4.



Fig. 6.4. En la imagen se puede observar claramente cómo cambia la tonalidad del piso al agregarle el sellador.

El último de los pasos y solo si se quiere es colocar una cera la cual aumentara el brillo que de inicio le dio el sellador obteniendo con esto un acabado más uniforme, la cera se puede aplicar directamente en un trapeador o si se quiere un mejor acabado se puede utilizar una maquina pulidora de disco, complementándola en las partes reducidas o en escalera en donde es imposible utilizar la pulidora con un esmeril provisto de un aditamento para poder realizar el pulido.

El acabado final que se logra mediante este procedimiento se muestra a continuación en la imagen 6.5 y 6.6.

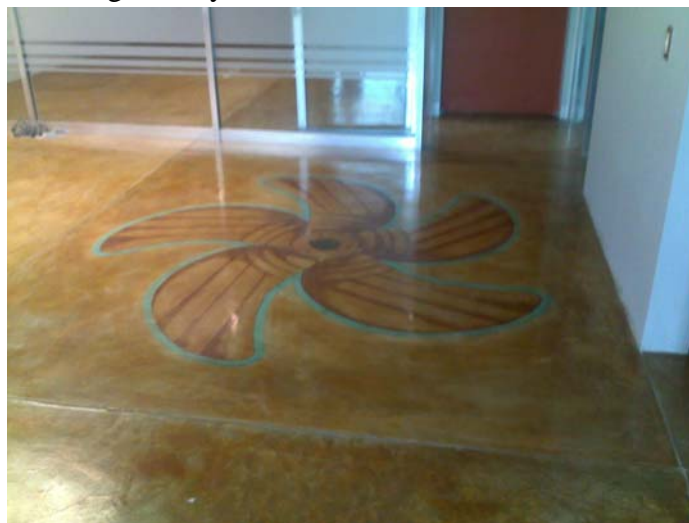


Fig. 6.5. Aquí podemos ver el piso terminado en donde se muestra el diseño de una hélice realizado bajo el procedimiento de concreto al ácido.



Fig. 6.6. Podemos observar el acabado final en el piso con acido color trigo dorado.

1.2. OBSERVACIONES.

A lo largo del procedimiento de elaboración del concreto oxidado, nos dimos cuenta de varios puntos que se deben resaltar en la elaboración de este concreto para lograr de una mejor manera el terminado final. A continuación puntualizaremos algunos de los pasos en los cuales se debe de tener especial cuidado.

- Es muy importante seccionar el piso en tableros para de esta manera reducir en un gran porcentaje la aparición de grietas, aunque cabe mencionar que el acido aumenta en gran manera la aparición de las mismas debido a los componentes químicos de la mezcla que al hacer reacción con el concreto produce cierto agrietamiento.
- Aproximadamente el 75 % del acabado final se obtiene con una buena aplicación del concreto y al cuidado que se tenga en el proceso de secado del mismo, ya que la acumulación de humedad, las manchas de mezcla, el contaminar la superficie con comida o algunos elementos químicos como el

cloro y detergentes, entre otros, pueden producir grandes diferencias en los tonos del concreto.

- Es necesario en todos los casos dejar secar como mínimo dos semanas el concreto para adquirir un mejor resultado en el tono final sobre todo en los colores verdes y azules ya que estos contienen óxido de cobre y en contacto con la humedad adquieren un tono negro.
- Si se busca un acabado con poca variación en las tonalidades del color, lo más recomendable es dar el pulido al concreto por medio de un helicóptero, ya que este método no deja los tallones que se producen por el uso de la llana.
- Una forma de hacer uniforme la aplicación del ácido es usando una brocha para extender el ácido y una estopa para eliminar las marcas que la brocha deja.
- Algunos distribuidores de los oxidantes recomiendan la aplicación por medio de aspersor para dar un acabado uniforme, pero en la mayoría de los casos este produce marcas debido al rociado, el cual en algunas circunstancias es recomendable dependiendo del acabado final requerido en el diseño.
- Es necesario dejar que el concreto absorba bien el ácido por lo menos 24 hrs. Para posteriormente aplicar el sellador.
- Se recomienda el uso de cera como acabado final ya que esta sirve como capa protectora para el sello.
- Una vez aplicada la cera es importante mantener el piso brillante limpiándolo solo con un trapeador limpio y agua. Se recomienda volver a aplicar la cera una vez que el piso haya perdido en gran parte el brillo, aproximadamente una vez cada seis meses.

CONCLUSIONES

La contaminación visual es una de las contaminaciones que si bien no la sentimos tanto como la contaminación atmosférica, es una de las que mayores efectos negativos tienen las personas.

Aplicando la tecnología del concreto arquitectónico en las obras de infraestructura, como puentes, pasos a desnivel, mobiliario urbano, calles, banquetas, etc., podemos contribuir a la realización de ciudades con una imagen urbana agradable a la vista de sus habitantes, dando con esto ciudades realizadas con un espíritu humanista, en donde no solamente se toma en cuenta la función de la estructuras sino también el impacto visual que esta tendrá en los usuarios. Por tal razón creemos indispensable que en la realización de los proyectos de infraestructura siempre se haga un análisis formal y estético de los elementos, para que esto sea parte integral de los planes de desarrollo urbano en todas las ciudades del país.



Fig. c-1. Imagen del segundo piso, uno de los elementos de infraestructura que generan una imagen pesada y sombría de la Ciudad de México.



Fig. c-2. Empleo de acabados en concreto arquitectónico, en un nodo vial en el Estado de Jalisco.

Utilizando apropiadamente las bondades del concreto arquitectónico se pueden lograr ilimitadas posibilidades de diseño, además integridad estructural y belleza permanente con un muy bajo costo de mantenimiento.

El concreto arquitectónico puede ser afectado por un gran número de factores, ya sean ambientales, propios de los agregados de la mezcla o técnicos.

Para lograr un color uniforme en el concreto a base de pigmentos es necesario, poner especial atención en las proporciones de cemento, agregados (arena, grava), pigmentos y el agua. Por lo tanto se debe utilizar la misma fuente para cada material durante todo el proyecto. Además, es muy importante mantener la misma relación agua cemento ya que este es uno de los principales factores que provocan variaciones en el color.

Para obtener las formas que cumplan con los requerimientos arquitectónicos en el concreto aparente, es muy importante tener un especial cuidado en la selección y colocación del cimbrado, ya que en esta etapa es en donde se encuentra la mayoría de los errores en los acabados de concreto aparente, por tal razón es muy importante desde el proyecto hacer un diseño detallado representado en planos de la distribución de la cimbra.

Hoy en día con los grandes avances tecnológicos, es posible realizar cualquier proyecto de construcción. Uno de los herramientas que en la actualidad esta logrando producir obras arquitectónicas de gran complejidad geométrica es el sistema CAD/CAM o el CNC (Computer numerical control). Este sistema en combinación con diseños de concretos reforzados con fibras de carbono, logran en la actualidad casi cualquier forma.

La transparencia ha llegado hoy en día a la construcción en forma de concreto, con capacidades de carga y grandes posibilidades estéticas, a través del LitraCon y el Concreto Translucido Illum. Un material que tomando en cuenta previamente su costo podemos utilizar para la producción de espacios arquitectónicos.

Al emplear la **forma, textura, color, transparencia** y un adecuado empleo de la técnica constructiva en el uso de los concretos arquitectónico, se puede hacer realidad la visión creativa del diseñador.

BIBLIOGRAFÍA

- ASOCRETO, Concreto Arquitectónico, como obtener un buen acabado, 3ra. Ed. D´vinni Ltda. Instituto del concreto, Colombia, 2007, 114 p.
- RICHARDSON, J. Cimbras juntas, aditamentos, colado y acabados, Tomo III, Ed. Limusa, 1990, México, Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto IMCYC, 147p.
- DIAZ INFANTE DE LA M., LUIS ARMANDO. Curso de edificación, México, Trillas, 1995 (reimp. 2004), 275 p.
- WILSON, J. Exposed Concrete Finishes, 11va. Ed. F. J. Parson Ltd., Londres, 1962, 143 p.
- CHILDE, H. Practical concrete work, Ed. Evans Brothers Ltd., Londres, 1963, 192 p.
- PEURIFOY, R. L. Formwork for concrete structures, Ed. Mc. Graw-Hill, 1964.
- IMCYC, “La juventud y los materiales”, Revista Construcción y Tecnología, n. 224, enero 2007, México, pag. 34 – 37.
- IMCYC, “Concreto arquitectónico premoldeado: Desarrollo, producción y aplicación”, Revista construcción y tecnología, México, mayo de 2005.
- KRASOWSHY, J. “Concreto Arquitectónico, Textura, Color, Problemas y Soluciones”, Revista Construcción y Tecnología, www.teesa.com/imcyc., México.
- PCA Portland Cement Association, “White cement concret and colored concrete construction”, Concrete Technology Today Newsletter, vol. 20, n. 3, USA, 1999.
- IMCYC, “Concretos estampados, estructura y acabado en solo procedimiento constructivo”, Internet, México.
- SPG, “Concreto estampado, herramienta y equipo”, www.spgweb.com.mx, México, 2008.
- SERVICIOS PROCONSA S.A. DE C.V. “Aplicación de sistema Kemiko, Cambiando la cara del concreto”, www.kemiko.com.mx, México, 2008.

- www.noticias.arq.com.mx, “Hormigon transparente se venderá en todo el mundo en dos años”, México, 2008.
- MALHKE Y GÖSSING, Conductores de fibras ópticas, 2a ed. Marcombo, 2000.
- BRANKO KOLAREVIC, “Design and manufacturing architecture in the digital age”, Architectural information management, Año V, n. 3, University of Pennsylvania, USA, 2005.
- PCA Portland Cement Association, “What is white cement?”, Concrete Technology Today Newsletter, vol. 20, n. 1, USA, April 1999.
- PCA Portland Cement Association, “Used white and colored masonry mortars to expand architectural design option”, Masonry Today Newsletter, vol. 9, n.2 , USA, Winter 1999/2000.
- PCA Portland Cement Association, “Mixing and handling white cement concrete”, Decorative concrete tech brief, n. 2606, www.portcement.org, USA, 2002.
- PCA Portland Cement Association, “Guide for specifying white and colored concrete”, www.portcement.org, USA, 2001.
- PCA Portland Cement Association, “Finishes: creating visual appeal”, Decorative concrete tech brief, n. 2566, www.portcement.org, USA, 2001.
- PCA Portland Cement Association, “Exploring color and textures”, USA, 1966.
- LITVIN, A. “Clear coating for exposed architectural concrete”, PCA journal, vol. 10, n. 2, PCA Portland Cement Association, USA, Mayo 1968.
- ALBERT LITVIN AND DONALD W. “Gap-graded mixes for cast-in-place exposed aggregate concrete”, PCA journal, vol. 62, PCA Portland Cement Association, USA, Mayo 1965.
- ARCHITECTURAL PRECAST CONCRETE SERVICES COMMITTEE, “Sculptural forms add creativity, visual impact”, Art. XII, Designer’s notebook sculptural forms, USA.
- MOWRIS, S. “Coloreando concreto con tintas y selladores”, Concrete construction, Noviembre 1995.

- ACI 303.1 – 97, “Especificaciones estándar para concreto arquitectónico fraguado in-situ”, 1977.
- ACI 347R-94, “Guía de formaleta para concreto, reportado por el comité ACI-347,1999.
- ACI 303, “Concreto arquitectónico colado en obra”, México, Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, 1992.