

NOTAS TÉCNICAS

HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO



inecyc

**INSTITUTO ECUATORIANO
DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN**

NOTAS TÉCNICAS

HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO



INSTITUTO ECUATORIANO
DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN

© **INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN - INECYC**
Primera Edición: 2010

Fuente: Nota Técnica escrita por la Arquitecta Gina Gutiérrez Cedeño

Coordinación: INECYC

Portada e Impresión: Imprenta NOCIÓN - Quito

INECYC entrega la serie “**Notas Técnicas**”, con el objeto de difundir la tecnología y el uso eficiente del cemento y hormigón. Ni los autores ni el Instituto, se hacen responsables por cualquier error, omisión o daño por el uso de esta información. Estos documentos no intentan suplir normas técnicas, prácticas constructivas ni los conocimientos y criterios de los profesionales responsables de la construcción de las obras.

ISBN: 978-9978-390-03-0

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN - INECYC
Avenida de los Shyris N 39 30 y El Telégrafo
Teléfono (593 2) 246 75 11
Fax (593 2) 245 75 08
Quito - Ecuador
www.inecyc.org.ec

HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO

Cuando se ponen de relieve la plasticidad, versatilidad y particularmente el acabado propio del hormigón, se obtiene un hormigón arquitectónico, conocido también como hormigón visto. El avance de la ciencia ha demostrado cómo los nuevos productos y técnicas permiten usos para el hormigón limitados sólo por la imaginación del diseñador; así, se puede encontrar hormigón visto utilizado en grandes estructuras ingenieriles y arquitectónicas, muros y pavimentos o en prefabricados de uso civil y doméstico. Con el encofrado y los materiales apropiados se logran superficies lisas, texturizadas, coloreadas, se emula madera, piedra o se imprime cualquier diseño grabado.

A más de estas características de plasticidad, lisura, color y diferentes texturas, lo que es igualmente importante en el hormigón arquitectónico es su facilidad de mantenimiento y la durabilidad y resistencia que se logran con el uso de materiales elegidos por su desempeño, que lo hacen resistente al uso, clima e intemperie a través de los años. Estas últimas características son doblemente valiosas si se toma en cuenta la necesidad imperativa de optimizar los recursos naturales y económicos en un medioambiente cada vez más exigente.

El hormigón arquitectónico puede ser prefabricado o moldeado en sitio y según el servicio que vaya a prestar se usan hormigones convencionales o especiales. En todos los casos son críticos los temas de encofrados (plywood, madera, metal, aluminio, plástico, yeso) con sus características de rigidez, durabilidad, lisura y versatilidad, como los de los agentes desmoldantes, pigmentos que se utilizarán y las pruebas preliminares para lograr la uniformidad del acabado así como el empleo de mano de obra experimentada. Los criterios de diseño

y especificaciones para estos tipos de hormigones se encuentran en el Architectural Precast Concrete ¹ y en el Comité 303 del American Concrete Institute para Hormigón Colado en Sitio ². Por supuesto, también se contempla el trabajo combinado del hormigón colado en sitio con el premoldeado.

El Comité 347 Guía del Encofrado para Hormigón del American Concrete Institute amplía las especificaciones hechas en el Comité 303 citado arriba e incluye el uso de encofrados para estructuras especiales como puentes y hormigones masivos y métodos especiales de construcción, por ejemplo, elementos de hormigón haciendo el trabajo de encofrados, encofrados continuos (slipforms), entre otros.



Foto tomada de la revista Concrete International. Junio 2010.



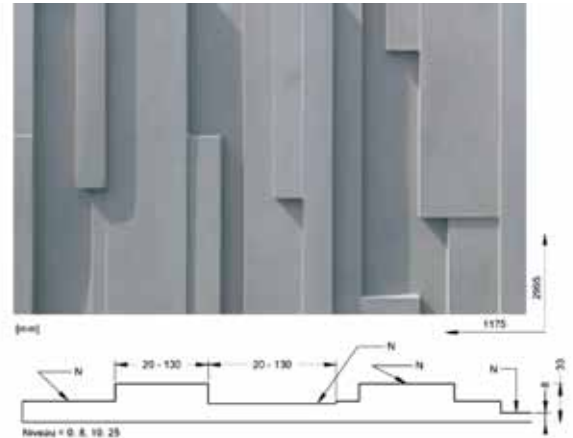
Encofrados de madera Sharcote.



Encofrados de poliestireno expandido de alta densidad Fold-Form.



Encofrados de aluminio Precise Forms.



Patrón NawKaw y su aplicación en obra.

El hormigón prefabricado o premoldeado es usualmente elaborado en una planta y transportado a obra, como es el caso de los elementos de mobiliario urbano, adoquines, bloques, balaustres y los trabajos de arte y escultura; en el caso de obras mayores y cuando el espacio lo permite, las piezas se moldean en sitio y se almacenan en él para el izaje e instalación posteriores y contienen los elementos de diseño, vanos, e instalaciones. Este modo de producción se usa cuando el diseño arquitectónico establece igualdad en las partes componentes de una estructura, por la economía que representa el uso repetido de encofrados y moldes.



Foto tomada del Architectural Precast Concrete. ¹

Característicos del hormigón arquitectónico son el color, la textura y los diferentes tipos de acabado. El color se logra tanto con los componentes propios del hormigón –cemento y agregados- como con la inclusión de aditivos colorantes y pigmentos de

óxidos minerales, que se vierten en la mezcla fresca. También se usan endurecedores de color en polvo, que colorean la superficie del hormigón y se utilizan básicamente en pisos. Todos estos elementos dosificados en las cantidades establecidas por el fabricante, no restan resistencia al hormigón.

Las obras realizadas con cemento blanco son tal vez las que primero vienen a la mente cuando se piensa en hormigón arquitectónico. Este cemento permite obtener un amplio espectro de colores desde blancos brillantes, pasteles y saturados, manteniendo las mismas características del hormigón gris. El color del cemento blanco depende de la ausencia de los óxidos de metales, principalmente hierro y manganeso, que son los que originan el color gris en el cemento. También el cemento gris es un gran



Foto tomada del Architectural Precast Concrete. ¹



Torre Mayor, México, montaje de fachada premoldeada. Revista Construcción y Tecnología.



Auditorio de Tenerife, España, Santiago Calatrava. ³



Foto tomada del Architectural Precast Concrete. ¹



Museo Guggenheim, New York, Frank Lloyd Wright.

protagonista de obras de hormigón visto. En el tema de los agregados, la industria avanza en sus investigaciones para el empleo novedoso de materiales; por ejemplo una empresa canadiense ha introducido al mercado del hormigón decorativo agregados finos y gruesos hechos de una mezcla de material foto luminiscente con resina sintética, con un ciclo de vida de luminiscencia de 15 años. Durante el día el material tiene un tono amarillo

pálido sin embargo en la oscuridad ocurren cambios y aparecen colores amarillo verdosos, azul agua o cielo. Los usos ofrecidos son mesones, hormigón estampado y pisos. En este último uso se hace hincapié en el ahorro de energía al tener pisos que en la oscuridad iluminen la ruta hacia baños y salidas.

La textura se obtiene a través de moldes patrones con diseños impresos o con la exposición de los

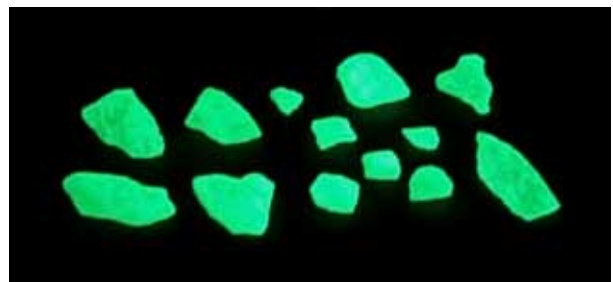


Museo de Arte Contemporáneo Niterói Brasil. Diseño Arq. Oscar Niemeyer.

agregados mediante los procedimientos apropiados como el uso de retardantes superficiales y con las técnicas que existen para el efecto, de las que se puede mencionar el martelinado que realza la naturaleza de los agregados, el sopleteado abrasivo o con arena, el grabado ácido, el esmerilado, entre otros. Para lograr el mejor efecto los agregados deben escogerse por su forma y color. Los patrones pueden ser de madera, plástico, elastómero o poliestireno expandido, dependiendo de su costo, número de usos y facilidad de empleo. Al texturizar una superficie de hormigón se logra mayor uniformidad que con superficies lisas, se enriquece el diseño e incluso se pueden encubrir diferencias o irregularidades menores que pueda tener el hormigón.

Aparte de las superficies texturizadas, se pueden obtener superficies lisas tal como se desencofran, donde es imprescindible una selección de los mejores moldes y el mejor diseño de hormigón pues es en este tipo de acabado donde se presentan mayores imperfecciones ya sea como burbujas de aire, diferencias de tonos de hormigón y diferencias de color de pigmento, que se pueden disimular con variedad de formas y efectos de sombreado y profundidad. También se logran acabados de gran belleza puliendo hormigones grises o coloreados.

Algunos prefabricados arquitectónicos utilizan hormigones elaborados con polímeros (resinas de poliéster) para reemplazar al cemento como ligante por lo que también lo llaman hormigón sintético. Aunque es un hormigón mucho más caro que el convencional ofrece ventajas que compensan la alta inversión inicial con altas resistencias a la flexión



Tomado de Concrete Construction, pág. 44 "Concrete that glows" por J. Nasvik, octubre 2009

y a la compresión, baja permeabilidad al agua y a soluciones agresivas, resistencia a químicos, a la corrosión, bajo peso, superficies lisas tipo espejo, entre otras ventajas. Los elementos más fabricados con este hormigón son gárgolas, molduras, zócalos, dinteles, umbrales y jambas. La facilidad de conseguir elementos de bajo peso y resistentes ha ampliado el uso del hormigón polímero a fachadas. Se prefabrican placas para ser usadas superpuestas a una estructura nueva o en rehabilitación, con cámaras de ventilación entre ambas con lo que se logra una circulación constante de aire, aislamiento



Bancos de hormigón, Delpinox



Mobiliario urbano Arq. M. Duart, Colombia



Piso Decatura Marta Plaza, Revista Concrete Internacional, agosto 2008.



Tina y lavabo de hormigón, Duravit.



Foto tomada del Architectural Precast Concrete.

térmico interior y ahorro de consumo de energía. En el caso del hormigón colocado en obra, lo que prevalece para su ejecución es el logro de estructuras con diseños marcados siempre por su singularidad.

El afán de innovar y usar el hormigón en todo su potencial, ha llevado al uso de nuevos materiales o reemplazar los tradicionales, lo que, ha llevado al desarrollo de hormigones especiales creados para desempeños específicos. Un ejemplo es el hormigón autocompactante o autonivelante, cuya resistencia y durabilidad son iguales a las del hormigón convencional, que fluye y se consolida a sí mismo, debido a la inclusión de aditivos superplastificantes. Se diseña utilizando agregados de menor tamaño, mayor cantidad de arena (40-45%), adición de partículas finas menores a 0,125 mm, las que incluyendo el cemento llegan a 450-590 kg/m³, cenizas volantes, aditivos superplastificantes y estabilizadores⁴. Entre sus usos están los elementos prefabricados y las estructuras con superficies de acabado arquitectónico con diseños complejos, encofrados estrechos o poco accesibles. Además, se resalta la economía que se logra al reducir mano de obra y eliminar el equipo de vibrado.



Arco del viaducto sobre el Ebro en la Ronda de la Hispanidad.



Ayuntamiento de Mollet Valles, Barcelona.

Otros hormigones son los denominados de alto desempeño, usados desde la década de 1970, que consisten en hormigones con relaciones agua-material cementante inferiores a 0,40 (de 0,25 y 0,30 en el edificio Two Union Square y el puente Confederation de Canadá) que utilizan aditivos superplastificantes y reductores de agua, adiciones (cenizas volantes, humo de sílice, ceniza de cascarilla de arroz, metacaolín) y alcanzan “características mejoradas como una consistencia más alta, módulo de elasticidad más alto, mayor resistencia al esfuerzo a flexión, permeabilidad más baja, mejor resistencia a la abrasión y mayor durabilidad”.⁵ Características que compensan los altos costos iniciales de su aplicación. Su resistencia es mayor que 50 MPa., lo que permite secciones más delgadas y usos en edificios elevados con pocas columnas o con columnas de reducidas dimensiones.



Tadeo Ando, Iglesia de la Luz, Osaka, Japón, foto por Sanghyun Lee.



Tanque de almacenamiento de agua, ESPOL, Guayaquil.
Foto Ing. José Camposano L.



Torres Petronas, Kuala Lumpur, Malasia.



Puente Confederation, Canadá
Construido en un medio ambiente severo. Se usaron
elementos prefabricados.



Kenzo Tange, Estadio Olímpico, Tokio.

Variaciones de este hormigón son los de polvo reactivo, que son hormigones de ultra alta resistencia y alta ductilidad con propiedades mecánicas de avanzada, no contienen agregado grueso, se hacen esencialmente de finos (polvos) y su microestructura

se optimiza con la gradación precisa de todas las partículas de la mezcla para conseguir la máxima densidad. Utiliza las propiedades puzolánicas del humo de sílice y la química del cemento Pórtland para producir los hidratos de la más alta resistencia,

cualidad extraordinaria para lograr elementos arquitectónicos únicos; el tamaño máximo de agregado es de 300-600 μm ; usa finos de cuarzo y arena silíceo y al ser reforzado con fibras de acero actúa como un hormigón armado. Llegando a resistencias a la flexión de 50 MPa. Es homogéneo y a pesar de su alto precio es una ventaja usarlo en forma industrial por su bajo peso y la carencia de armaduras. Alcanza resistencias de 200 MPa hasta 800 MPa a la compresión y un módulo de elasticidad de 60 GPa, son virtualmente impermeables.

Su uso en la arquitectura es potencialmente ilimitado al ofrecer máxima versatilidad, facilidad de empleo, mayor durabilidad y la ventaja adicional de poder competir con el acero.

La tecnología del hormigón sigue empujando los límites de resistencia de los materiales para satisfacer las demandas actuales, así se han desarrollado los hormigones antes mencionados y hoy se investiga con mayor profundidad en el campo de la nanotecnología, que se basa principalmente en el empleo de partículas de tamaño nano, inferior al micrómetro; ya se usa en adhesivos combinados



Los pasos laterales del Puente Qinghai-Tibet, fueron realizados con hormigón de polvo reactivo.

con áridos especiales, consiguiéndose efectos superplastificantes y produciendo hormigones consistentes muy adaptables. Esta tecnología, que permitió el desarrollo de los hormigones autocompactantes, ha logrado ahora hormigones superdúctiles de menor peso, menos fisuras y un amplio potencial para ser usado, por ejemplo en construcciones contra huracanes.⁶



Fotos de la secuencia de moldeado, almacenamiento y puesta en sitio de las bóvedas de Estación de tren en Shawnessy, Canadá, elaboradas con hormigón de polvo reactivo.⁷

Los hormigones de alto desempeño usan menos cemento, menos agua, menos agregados y más materiales cementantes suplementarios y materiales inertes para lograr mayores resistencias que con hormigones convencionales, lo que significa ahorro de recursos naturales, lo que sumado al casi inexistente mantenimiento requerido lo sitúan como el material de uso obligado para la arquitectura.

Finalmente, los términos “hormigón” y “arquitectónico” llegarán a ser sinónimos pues el hormigón o, mejor expresado, los hormigones, serán utilizados en mayor medida en un mundo expuesto a agentes ambientales cada vez más severos, a exigencias constructivas pro-ambiente y a economías de ahorro.

NOTAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] Architectural Precast Concrete. 2nd. Ed., PCI Precast/Prestressed Institute, EUA, 1989
- [2] ACI Committee 303, Guide to Cast-In-Place Architectural Concrete Practice, American Concrete Institute, EUA, 2009
- [3] Architectural Record, 02-2004
- [4] Hormigón de Alto Desempeño, Ing. José Camposano Luque, 2003, Guayaquil
- [5] Concreto de Alto Desempeño, Pierre-Claude Aïtcin, Suiza. 1998, p.5
- [6] Boletín de la Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado, Año 7, No.64.
- [7] CPCI, Canadian Precast/Prestressed Institute, Project of the Month, 12 2003

Prefabricados con hormigón polímero, ULMA, fotos

Hormigones Arquitectónicos. Centro Técnico del Hormigón, 1994, Guayaquil
Tesis Diseño de Mezclas para Hormigón Autocompactante, L. León, ESPOL, 2009

ISBN 978-9978-390-03-0



9 789978 390030

www.inecyc.org.ec



Av. de los Shyris N 39-30 y El Telégrafo
Teléfono: (593-2) 246 75 11
Fax: (593 2) 245 75 11
Quito - Ecuador