

**BETTOR**<sup>®</sup>  
PRODUCTOS QUÍMICOS  
PARA LA CONSTRUCCIÓN

**MBT**  
Master Builders  
Technologies

**OBRAS**

nº 2/2000

Julio 2000

## **LA SAGRADA FAMILIA DE BARCELONA**



**Bettor MBT, S.A. DEPARTAMENTO TÉCNICO.**  
**SERVICIO TÉCNICO**

c/ Basters, 13-15. 08184 Palau de Plegamans. Barcelona. Tel.(93) 862.00.75 - Fax (93) 862.00.41

## 1.- INTRODUCCIÓN

La *Sagrada Familia* de Barcelona es sin duda alguna la obra más antigua aun en construcción. Desde que el reconocido arquitecto Antoni Gaudí diseñó la obra más espectacular de la época, hasta la actualidad, han pasado ya más de cien años. A pesar de todo, y aun por terminar, la *Sagrada Familia* es una espectacularidad arquitectónica. Queda por ver hasta donde puede llegar.

Gaudí diseñó la *Sagrada Familia* inspirándose en la naturaleza y la religión. Gaudí quería, y así se hará, que quien estuviera dentro del templo sintiera estar dentro de un bosque. Por ello, todos los pilares y la estructura de la bóveda se diseñaron con motivos relacionados con la naturaleza. Ninguna estructura ni ningún detalle se diseñó sin su motivo artístico. La *Sagrada Familia* es, sin duda, una gran obra estudiada al milímetro.



*Visión del techo interior de la Sagrada Família.  
Su vista recuerda un bosque: las columnas  
representan los trncos de árboles, con sus  
respectivas ramas a partir de los capiteles y las hojas.  
Entre ellas, las entradas de luz natural.*

En el año 1882 se colocó la primera piedra de la *Sagrada Família* pero no fue hasta 1923 cuando se presentó la solución definitiva de las naves y cubiertas en modelos de yeso a

escala 1:10 y 1:25. No fue hasta el 30 de Noviembre de 1925 cuando se coronó el primer campanario de la fachada del *Naixement* (*San Bernabé*), de 100 metros de altura, medio año antes (10 de Junio de 1926) de la muerte por accidente del Arquitecto Gaudí después de más de 40 años de dedicación para la *Sagrada Família*. Sin embargo, la obra siguió su curso gracias a que, inusual en la época, Gaudí dejó un plano general y profundos estudios de la nueva estructura y de las formas geométricas inspiradas en la naturaleza que conforman las naves, las columnas, los ventanales, los arcos y las cubiertas, hasta que al 1930 se terminaron los cuatro campanarios de la fachada del *Naixement*.

Durante el periodo de la Guerra Civil (1936-1939) la parte construida sufrió considerables destrozas y se destruyó el estudio que en su día fue de Antoni Gaudí. A pesar de todo, a partir del 1940 la obra reprendió su actividad.

En el 1954 se inició la construcción de la fachada de la *Passió* y hasta 1977 no se terminaron los cuatro campanarios de la *Passió*. Actualmente, y desde 1986, se están construyendo las naves laterales y la frontal y las columnas que van a sostener las Torres de los Evangelistas, las Torres de María y el cimborio central.

Con una idea de verticalidad, la *Sagrada Família* levantará 12 campanarios de aproximadamente 100 metros de altura que representan los doce apóstoles y el cimborio central de 170 metros de altura, en honor a Jesucristo. A su alrededor, se levantarán las Torres de María y las de los cuatro Evangelistas (de 125 metros de altura).

La *Sagrada Família* es un Templo Expiatorio. Des de la primera piedra, y en principio hasta la última, la obra se levanta gracias a los donativos de particulares y aportes de los turistas.

## 2.- LA OBRA

A pesar que en sus días Gaudí diseñó la totalidad de la obra con piedra, la actual tecnología permite construir con materiales de similar resistencia a compresión pero con mayor

prestaciones a flexión: el hormigón armado de alta resistencia. Si añadimos el componente estético, la fórmula tiene un único resultado: hormigón blanco de alta resistencia armado.

Parte de las columnas y piezas de la obra se realizaron con hormigón arquitectónico prefabricado de  $350 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a compresión. Sin embargo, 44 columnas del crucero, que serán las que sostendrán las Torres de los Evangelistas (de una altura de unos 125 metros), no pudieron prefabricarse de este modo debido a que la importante carga que tendrán que soportar les demanda una mayor resistencia mecánica. A la vista de lo citado, se decidió hormigonar las columnas en cuestión in situ, utilizando los mismos moldes de poliéster que en el caso de las columnas convencionales.

Las columnas del crucero que actualmente se están construyendo se arman con barra de acero de 40 mm, se colocan los moldes de poliéster citados y se rellenan de hormigón blanco de alta resistencia preparado en la central que la obra dispone in situ.



*Visión de la alta densidad de armado de las columnas del crucero del templo.*

Como requisito básico, este hormigón cumple tres características básicas:

- Resistencia característica entre  $700-800 \text{ kg/cm}^2$
- Consistencia líquida
- Blanco y con acabado superficial perfecto

### 3.- LOS MATERIALES EMPLEADOS

La solución para este tipo de hormigón está en el empleo de aditivos reductores de agua de alta actividad/superplastificantes de nueva generación para hormigón, en concreto GLENIUM 52 y utilizando microsíllice, en este caso MEYCO MS 610 para el hormigón con cemento normal y BETTOSÍLICE BLANCO para el hormigón blanco.



Sacos de MEYCO MS 610 en la obra

Partiendo de los ensayos realizados y con la colaboración de los arquitectos calculistas Joan Margarit, Carles Buxadé y Josep Gómez y de la División de Aditivos de Bettor MBT S.A., se decidió la formulación siguiente para el hormigón blanco de alta resistencia:

- CEM BL I-52,5 475 kg/m<sup>3</sup>
- Arena 0/3 700 kg/m<sup>3</sup>
- Grava 5/12 1100 kg/m<sup>3</sup>
- BETTOSILICE BLANCO 30 kg/m<sup>3</sup>
- Agua total 150 l/m<sup>3</sup>
- GLENIUM 52 2.5% spc

Con la dosificación de GLENIUM 52 empleada, se obtiene hormigón blanco de consistencia líquida con una relación A/C igual a 0.32. El hecho que GLENIUM 52 no sea incoloro no resultó un problema para el hormigón blanco, ya que se observó que la influencia en el color era despreciable.

Para la consecución de hormigón gris de las mismas características tanto en resistencia como en consistencia, se emplea una dosificación muy similar a la del hormigón blanco.



*Descarga de la amasadora en el cubilote*



*Hormigón líquido autonivelante*

Para la elección de la arena se realizaron ensayos con probetas y se eligió finalmente una arena silíceo 0/3 doblemente lavada para minimizar la presencia de finos. Paralelamente para la grava, también se realizaron ensayos. Se escogió una grava caliza 5/12, que proporcionó mejores resultados a compresión que la respectiva silíceo. Se descartó el árido granítico utilizado en ocasiones anteriores por ser éste de granulometría demasiado dispersa y por detectarse pequeñas fisuras en su estructura y poseer aristas demasiado acentuadas.

En cualquier caso, el tamaño máximo de árido se limitó por el denso armado de las columnas y por considerar que el árido de tamaño mayor puede tener más microfisuras que el respectivo de tamaño menor.

El hormigón de alta resistencia, blanco o gris, se confecciona en la central hormigonera instalada en la propia *Sagrada Familia*. Esta central, totalmente automatizada, se vale de una amasadora de palas horizontales, con capacidad para 1 m<sup>3</sup>.

El hormigón amasado se transporta con cubilotes de 1m<sup>3</sup> mediante grúas hasta la zona de las columnas, donde se vierte lentamente mientras se vibra para asegurar el correcto relleno del denso armado.

La operación completa dura unos 10-15 minutos y se realiza perfectamente sin pérdidas de cono significativas.

Destacar que la media de resistencia a compresión a 28 días obtenida es aproximadamente 980 kg/cm<sup>2</sup>, con una mínima dispersión de resultados. En algunas probetas incluso se han superado los 1200 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión.



*Acabado de las columnas de hormigón blanco de alta resistencia*

Los productos más destacados en la obra de la *Sagrada Família* son:

- GLENIUM 52                      más de 10.000 kg
- MEYCO MS 610                más de 18.000 kg
- BETTOSILICE BLANCO    más de 4.000 kg

Además de estos productos, en la *Sagrada Familia* también se ha empleado BETOOGROUT 20/50 (más de 1.500 kg) para rellenos y anclajes puntuales de precisión y FLEXMORTEL y LASTOFLEX (más de 125 kg).

Además de todo lo relacionado con el hormigón y concretamente con el hormigón blanco de alta resistencia, resultan sorprendentes los trabajos que se hacen con piedra natural. Buena parte de la estructura está constituida a base de piedra debidamente seleccionada y tratada. Parte de estos trabajos se realizan a mano por personal especializado, confeccionando piezas como capiteles, grabados en columnas y exteriores, etc. Sin duda, un trabajo laborioso.



*Confección de las formas con piedra natural*

La *Sagrada Familia*, por su estilo, historia y espectacularidad resulta una obra sin duda singular, donde gracias a las nuevas tecnologías aplicadas al hormigón se conseguirá, por fin, terminar con el proyecto que hace ya más de cien años el Arquitecto Antoni Gaudí plasmó sobre el papel. Cien años que, a pesar de todo, no han conseguido tildar la *Sagrada Familia* como algo arquitectónicamente obsoleto y anticuado, más bien todo lo contrario.