

# zunchlo

Nº 29 • SEPTIEMBRE 2011

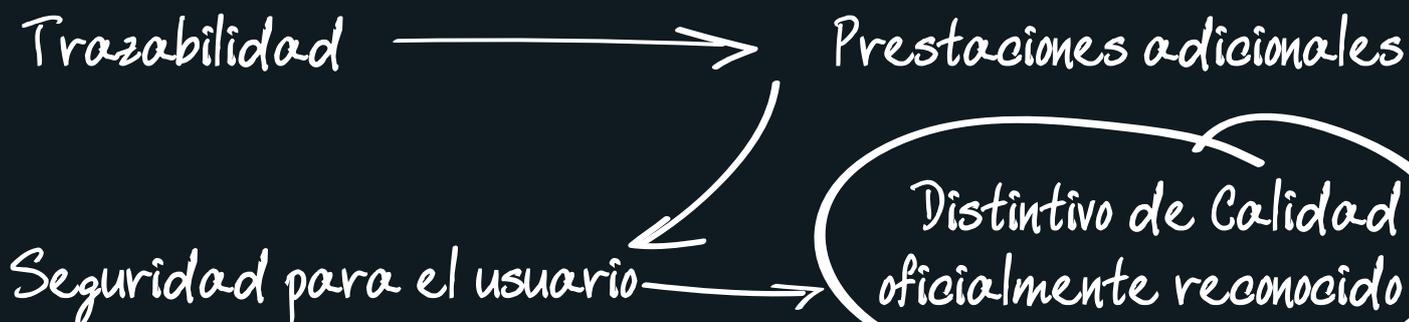


**EN PORTADA**  
**CENTRO CULTURAL OSCAR NIEMEYER**

**REPORTAJES**  
**ACABADOS ORNAMENTALES EN ESTRIBOS  
Y MUROS PREFABRICADOS**

# ARCER

## Armaduras para Hormigón



Los aceros ARCER cuentan con la confianza y reconocimiento de sus usuarios, gracias a la labor continua de investigación e innovación tecnológica efectuada. Mayores prestaciones, seguridad y elevado nivel de calidad siguen siendo nuestra mejor carta de presentación.

Éstos aceros están en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido por la Administración, lo que les permite beneficiarse de las consideraciones especiales previstas a tal efecto por la reglamentación obligatoria en materia de hormigón estructural.



# Sumario

Zuncho es una revista técnica especializada en la fabricación, investigación, transformación y uso del acero para estructuras de hormigón, que se edita cuatro veces al año.

A través de la dirección de correo electrónico [zuncho@ferraplus.com](mailto:zuncho@ferraplus.com) puede enviar sus propuestas y comentarios a la redacción de la revista.

#### DIRECTOR DE LA PUBLICACIÓN:

Julio José Vaquero García

#### ASESORES:

Juan Jesús Álvarez Andrés

Emilio Caro de la Rosa

Ignacio Cortés Moreira

Antonio Garrido Hernández

Eduardo Gimeno Fungairiño

Fernando Rodríguez García

Valentín Trijueque y Gutiérrez de los Santos

Luis Vega Catalán

#### EDICIÓN:

CALIDAD SIDERÚRGICA, S.L.

C/ Orense 58, 10º C

28020 Madrid

#### DISEÑO, PRODUCCIÓN Y PUBLICIDAD:

Advertising Label 3, S.L. (ALCUBO)

Tel.: 91 553 72 20

Fax: 91 535 38 85

#### IMPRESIÓN:

MEDINACELI PRINTER, S.L.

**Depósito legal: M-43355-2004**

**ISSN: 1885-6241**

*Las opiniones que se exponen en los artículos de esta publicación son de exclusiva responsabilidad de sus autores, no reflejando necesariamente la opinión que pueda tener el editor de esta revista. Queda terminantemente prohibido la reproducción total o parcial de cualquier artículo de esta revista sin indicar su autoría y procedencia.*

## 3 EN PORTADA

- Centro Cultural Oscar Niemeyer.

## 15 REPORTAJES

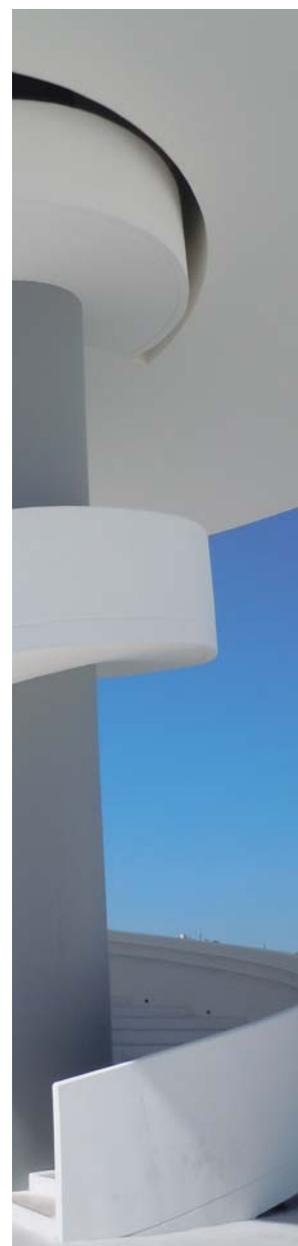
- Acabados ornamentales en estribos y muros prefabricados.

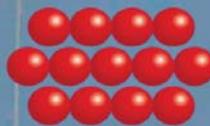
## 25 SOLUCIONES TÉCNICAS

- Eliminadores bioquímicos de herrumbre.

## 30 NOTICIAS

- Ferraplus incorpora tres nuevas instalaciones.
- Jornadas sobre Distintivos Oficialmente Reconocidos (DOR).





**TIERRA ARMADA**  
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

**Diseñamos, calculamos,  
proyectamos y fabricamos  
Productos Prefabricados  
de Alta Tecnología, en base  
al desarrollo e innovación  
técnica.**

#### **Muros y Estribos de Tierra Armada**

- Tierra Armada clásica
- TerraSquare
- Freyssisol
- Terratrel vegetalizable
- Bajo nivel freático

#### **Muros y Estribos de Hormigón**

- Pretasa, con contrafuertes
- Modulares vegetalizables

#### **Pantallas Anti-ruido**

- Fonoabsorventes
  - De Hormigón poroso
  - De hormigón madera
- Modulares vegetalizables
- Revestimientos Fonoabsorbentes

#### **Falsos Túneles Prefabricados**

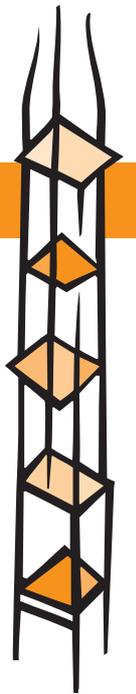
- Bóvedas Triarticuladas
- Picos de Flauta
- Timpanos y Aletas

#### **Pasos Inferiores Prefabricados**

- Cajón Pretasa
- Cajón Loeches
- Timpanos y Aletas

#### **Tableros y Puentes Prefabricados**

- Vigas en I
- Vigas en T invertida
- Vigas Artesa
- Dinteles y Pilares
- Tableros monoviga
- Tableros a sección variable



# CENTRO CULTURAL OSCAR NIEMEYER

**Hugo Corres Peiretti, José Romo Martín, Ignacio Fernández Ortega, Fernando Bravo Notario y Eduardo Romero Rey**  
FHECOR Ingenieros Consultores.

**E**n el año 1989 Oscar Niemeyer recibe el premio Príncipe de Asturias de las Artes por su dilatada carrera como arquitecto. Premio que se suma a otros muchos —como el prestigioso premio Pritzker, el óscar de la arquitectura que recibió dos años antes— que ya le consagraron como uno de los mejores arquitectos del siglo XX y XXI.

En 2006 y con motivo del 25º Aniversario de los galardones, la Fundación Príncipe de Asturias se pone en contacto con los premiados para que se sumen a los actos. Es entonces cuando el genial arquitecto hace lo que mejor sabe y diseña un conjunto de edificios como ejemplo del mejor regalo que podía realizar.

Un año más tarde, en 2007, el proyecto denominado Centro Cultural Internacional Oscar Niemeyer se integra dentro de la Isla de la Innovación, un amplio proyecto que incluye la regeneración urbana en la margen derecha de la ría de Avilés, que durante la industrialización de los años 50 y su posterior reconversión sufrió una importante degradación.

En 2008, la empresa adjudicataria de las obras, SEDES, pone la primera piedra convirtiendo así al Centro Cultural Oscar Niemeyer en la única obra de este centenario arquitecto brasileño en España y en la obra más importante de todas las que

ha realizado en Europa, en palabras del propio Niemeyer. El proyecto final consta de cuatro edificios complementarios: el Auditorio, el Museo, la Torre-Mirador, y el Edificio Polivalente, unidos mediante una marquesina, y dispuestos sobre una gran plaza, *“una plaza abierta a todo el mundo, un lugar para la educación, la cultura y la paz”*, y bajo la cual se ubica el aparcamiento.

Tras tres años de trabajos, el 14 de marzo de 2011, se inaugura y se abre al público el Centro Oscar Niemeyer.

## DATOS GENERALES DE LA OBRA

El emplazamiento del complejo se sitúa junto a la ría de Avilés sobre un relleno de aluviales de baja consistencia, con una capa superficial de relleno duro que fue retirado con retroexcavadora, y con un elevado nivel freático. Con estas características y ante una posible existencia de bolsas de agua se planteó una cimentación profunda con pilotes prefabricados hincados de sección cuadrada



⇒ **Figura 1.-** Vista aérea del Centro Cultural Oscar Niemeyer.



## EN PORTADA

con dimensión variable entre 200 mm y 400 mm según la carga de proyecto, perforados hasta alcanzar el estrato rocoso resistente.

Todo el trabajo de hincado de pilotes se llevó a cabo en 3 meses. La dimensión media de los pilotes varía según la zona, con una longitud de entre 20 y 30 m. En total se hincaron 10.300 metros de pilotes prefabricados.

Sobre éstos se dispuso un emparrillado de vigas de canto variable hasta 1,2 metros con forjado de losa maciza superior de 15 ó 20 cm, capaces de soportar no sólo las cargas de proyecto sino también las cargas transmitidas por las cimbras durante la ejecución de los distintos edificios.

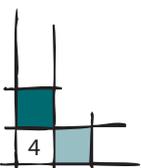
El hormigón empleado en la construcción es HA-30 para todos los elementos interiores, y HA-40 para los elementos exteriores en

contacto con los agentes meteorológicos y atmosféricos.

Como requisito arquitectónico se exigió que, debido a la monumentalidad del proyecto, la vida útil de los edificios debía ser de 100 años. Este aspecto, añadido al hecho de que el aire en la ubicación de la obra está cargado de importantes agentes agresivos, tanto por la salinidad del mar próximo como por los agentes químicos de las fábricas cercanas, propició que se tuviesen que emplear sistemas pasivos de protección en el hormigón. Estos consistían en: a) el empleo de adiciones de humo de sílice activa, para aumentar la compacidad del hormigón y reducir la exudación en el hormigón fresco; b) el empleo de fibras de polipropileno, para reducir la fisuración por contracción del hormigón; c) la li-



⇒ **Figura 2.-** Mural con la silueta de una mujer en los muros laterales del Auditorio, obra de Oscar Niemeyer.



mitación y el control durante el proyecto de la apertura de fisura y d) el empleo de pinturas exteriores.

Estas pinturas se han empleado en todos los paramentos exteriores de los edificios, no sólo para mejorar el aspecto exterior del hormigón, sino también para mejorar el comportamiento contra agentes externos y reducir el recubrimiento necesario en los elementos de hormigón y así lograr estructuras más esbeltas. En total se han empleado 80.000 kg de pintura transpirable, elástica e impermeable, capaz de soportar las deformaciones de la estructura.

### AUDITORIO

El Auditorio es el edificio de mayor entidad de los construidos. Con una superficie construida de 7.700 m<sup>2</sup> está

distribuido en dos plantas sobre rasante y una bajo rasante. Tiene una capacidad para 1.000 espectadores en una única platea sin hacer distinción de clases. Es lo que se llama socialismo arquitectónico y fue una exigencia de Niemeyer.

La cubierta tiene forma de concha para favorecer la acústica del auditorio, y posee unas dimensiones transversales que varían entre los 30 m y los 80 m de ancho, una dimensión longitudinal máxima de 75 m y una altura de hasta 26 m, con una superficie total de 5.500 m<sup>2</sup> que encierra el volumen principal del edificio de unos 58.500 m<sup>3</sup>. Se trata de un reto estructural resuelto con una losa de hormigón armado de canto constante de 50 cm, canto muy estricto para estas dimensiones con una relación canto-luz de 1/150, lo que sólo es posible gracias a que la concepción arquitectónica de Oscar Niemeyer integra la función estructural de la doble curvatura dentro del diseño.

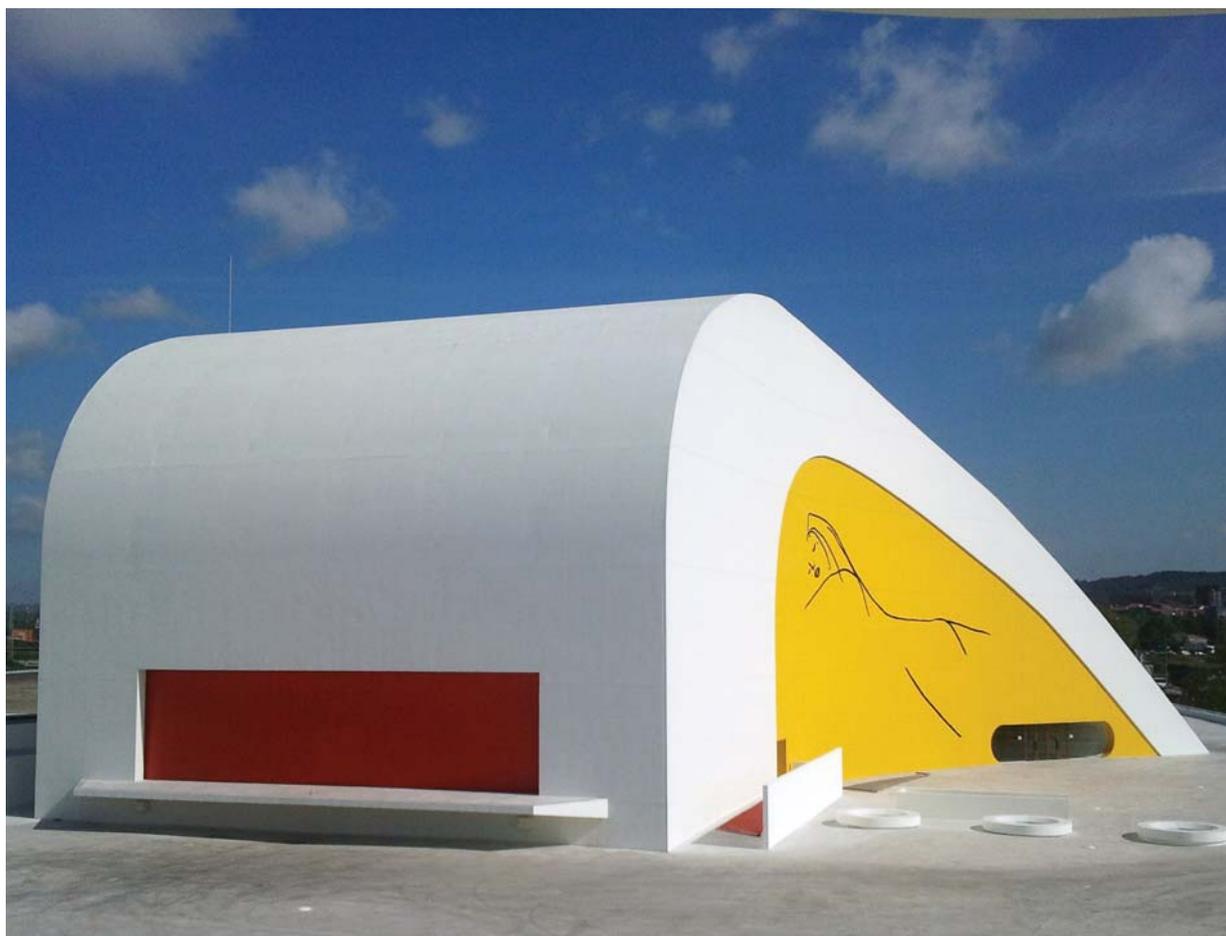


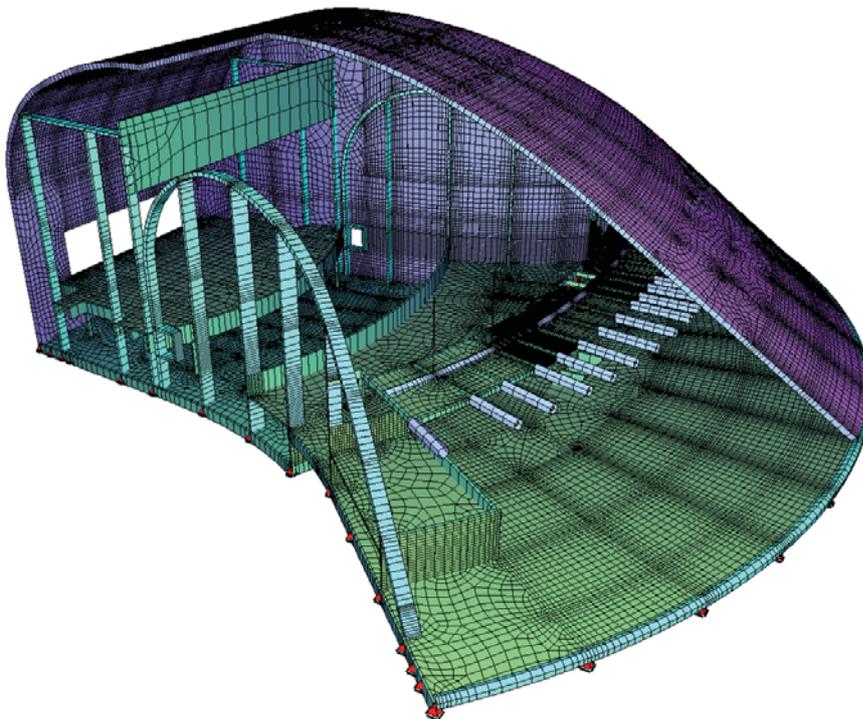
Figura 3.- Auditorio del Centro Niemeyer.



## EN PORTADA



⇒ **Figura 4.-** Interior del Auditorio.



⇒ **Figura 5.-** Vista del interior del modelo de cálculo del Auditorio.

Durante el cálculo se emplearon los programas más sofisticados disponibles en el mercado y los últimos conocimientos en el comportamiento reológico del hormigón, lo que permitió reducir la armadura necesaria disponible y por lo tanto los costes de construcción. Se analizaron y se comprobaron las situaciones últimas de proyecto así como las de servicio, cumpliendo con las estrictas indicaciones de las normativas en lo referente a las deformaciones de la estructura y la inevitable fisuración controlada de los paramentos de hormigón.

Su ejecución se realizó apoyada sobre cimbra hasta completar to-



Figura 6.- Distintas etapas de la ejecución de la cubierta del Auditorio.

talmente la cubierta, momento en el que comienza a resistir por forma. Para obtener una superficie exterior de hormigón visto, se dividió el trabajo de hormigonado de la cubierta en dos fases. En una primera etapa, se hormigonó la mayor parte de la losa hasta la capa superior de armadura, y en la segunda se ejecutó la capa de compresión superior conectada mediante pasadores a la primera fase. De esta manera se ejecutaba cuidadosamente el acabado mediante el fratasado manual sobre plataformas.

El proceso de descimbrado se ha estudiado detalladamente, ya que un descenso diferencial de las cimbras podría provocar el pandeo de sus elementos de soporte y de ahí el colapso de las mismas. Finalmente se realizó una comprobación topográfica de las deformaciones de la cubierta verificada con los modelos de cálculo. Este descenso de la cubierta no superó los 20 mm tras el descimbrado completo.

Los muros laterales del Auditorio tienen una geometría curva en planta, si bien en alzado son verticales. Estructuralmente los muros tienen dos funciones: la primera, la de cerrar el edificio resuelta mediante muros de 25 cm de espesor con contrafuertes para resistir las cargas de viento y llegar a los 20 m de altura. Y la segunda, la de soportar el peso y los empujes de la cubierta, debido a la descompensación provocada por su propia forma, y resuelto con un espesor de muro constante de 40 cm.

Durante su construcción los muros se erigían como grandes ménsulas ejecutadas con encofrados trepantes. Por ello fue necesario un estudio fase por fase estableciendo el arriostamiento, mediante grandes puntales, de la cabeza de los muros para soportar las cargas de viento actuantes, hasta que se ejecutó completamente la cubierta y los muros comenzaron a trabajar según el requerimiento final del proyecto.

Se ejecutó una viga pared de unión entre ambos muros laterales para dar estabilidad al conjunto. Esta viga pared cumple, además, con otros requerimientos de proyecto como servir de apoyo al telón-cortafuegos entre el escenario y el patio de butacas, y a la estructura metálica necesaria para el equipamiento escénico.



Figura 7.- Ejecución de los muros laterales del Auditorio con arriostamientos temporales.



## EN PORTADA



⇒ **Figura 8.-** Muro telón en hormigón armado durante su ejecución.

En el interior del edificio, la estructura horizontal sobre rasante está formada por la combinación de dos tipologías estructurales: el emparrillado de vigas con capa de compresión formada por una losa de pequeño espesor, y el forjado reticular.

El escenario, separado del patio de butacas mediante el telón de escena, es reversible, permitiendo realizar representaciones escénicas hacia la plaza mediante una gran puerta de 20 x 5 m situada en la membrana de cubierta. La estructura del forjado se ha formado por un emparrillado de vigas de 0,25 x 1,20 m aprovechando toda la altura disponible por arquitectura para dotar a las vigas de la inercia necesaria para salvar la luz de 14 m existente entre los dos únicos pilares de soporte.



⇒ **Figura 9.-** Ejecución del forjado reticular del nivel Platea.

El forjado de las cabinas destinadas a las salas de proyección y sonido se compone de un emparrillado de vigas de canto estricto de 40 cm con capa de compresión de 20 cm. Esta estructura se encuentra soportada por dos tipos de apoyos. Por un lado, colgada de la cubierta mediante 6 tirantes de acero de alta resistencia Dywidag MKY1050 de 36 mm de diámetro, y por otra apoyada mediante 4 neoprenos zunchados sobre el muro curvo que delimita el patio de butacas. Para lograr una resistencia a fuego de los tirantes anteriormente descritos se ejecuta un forro de lana vidrio de espesor suficiente para garantizar las condiciones impuestas por el Código Técnico de la Edificación (CTE).

En cuanto al patio de butacas y el hall de entrada se han empleado forjados reticulares de casetón recuperable de diferentes cantos entre 20+10 cm y 40+10 cm con nervio de 16 cm, lo que permite salvar las luces entre pilares que pueden variar entre 6 y 12 m y cumplir con los requerimientos de resistencia al fuego y acondicionamiento acústico exigidos por el proyecto y el CTE.

El equipamiento escénico es una compleja estructura metálica que cuelga de la cubierta y que se apoya en los muros laterales del auditorio y en la viga de soporte del muro telón. Consta de seis galerías laterales alrededor del escenario, dos proscenios a ambos lados del telón del escenario para la iluminación y el peine, cuya función es la de dar soporte a los cables y la maquinaria necesaria para soportar los elementos de decorado. Su complejidad radica en la necesidad de permeabilizar la estructura y adaptarse a las necesidades del conjunto de poleas, cabestrantes, y tensores que soportan los escenarios.

Sobre el patio de butacas también se ha proyectado un forjado metálico, que cuelga de la cubierta y que da soporte a las pasarelas técnicas necesarias para la iluminación del escenario y el falso techo acústico.

## MUSEO

El Museo es otro de los edificios más característicos y emblemáticos del Centro Niemeyer, tanto por su arquitectura como por su estructura y la ejecución de las obras.

Se trata de un edificio cubierto con una cúpula semiesférica de 55 m de diámetro y 18 m de altura máxima. Durante su construcción se empleó un sistema novedoso en este tipo de edificaciones, consistente en inflar y presurizar una lámina de PVC con malla de poliéster que hace de encofrado perdido. Posteriormente, desde su interior se proyectó una capa de aislante térmico de poliuretano de alta densidad de 30 mm de espesor y seguidamente se ejecutó un proceso conjunto de colocación de armaduras y gunitado de hormigón, en capas de 5 cm, hasta dotar a

la estructura de un espesor de lámina variable entre 40 cm en la base y 15 cm en la clave de la cúpula.

En el interior de la cúpula destaca un forjado a nivel intermedio y la escalera de caracol que le da acceso. El entrepiso es un forjado de geometría circular dentro de la cúpula del Museo, con un gran hueco interior de manera que se genera un espacio abierto de grandes dimensiones.

Estructuralmente, este entrepiso se ha resuelto con un emparrillado de 27 vigas radiales y 3 vigas circunferenciales, soportadas por 20 pilares en el anillo circular exterior, y 5 pilares y 4 muros en la parte más interior. A pesar de las distintas configuraciones de las vigas, algunas biapoyadas con luces de hasta 13 m y otras con voladizos descompensados de hasta 9,5 m, se ha logrado que todas las vigas tengan una sección común de 0,30 x 0,85 m con



Figura 10.- Cúpula del Museo.



## EN PORTADA

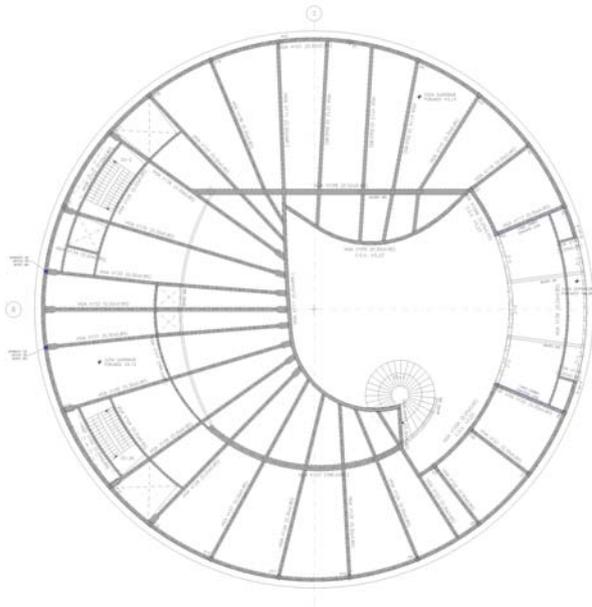


Figura 11.- Planta del nivel intermedio del Museo.



Figura 12.- Escalera de caracol en el interior del Museo.

un forjado de losa maciza superior de 15 cm de espesor en hormigón armado. Todas estas vigas se han ejecutado en hormigón armado salvo aquellas que superan un voladizo de 9 m que se postearon con cables multitorón. En total fue necesario postesar 8 vigas ejecutadas con hormigón HA-40.

El acceso a este nivel intermedio se realiza por medio de una espectacular escalera de caracol, ejecutada enteramente en hormigón con petos del mismo material que dan soporte a barandillas de vidrio laminar curvo. Es en estos detalles en los que se denota que con Niemeyer la forma arquitectónica y estructural van de la mano dotando al conjunto de una gran belleza. La cuidadosa ejecución, empleando rastreles de madera como encofrado, ha permitido que el paramento inferior de esta losa quede visto, siendo uno de los pocos elementos en hormigón en toda la obra que no ha sido pintado ni recubierto con material alguno.

## TORRE-MIRADOR

La Torre-Mirador es un balcón hacia la Ría, que permite contemplar el magnífico entorno de obras arquitectónicas diseñado por Oscar Niemeyer. Mediante un fuste circular de 4,70 m de diámetro de hormigón armado eleva, sobre la plaza central, sus dos plantas a 20 m de altura. El nivel inferior, con una superficie construida de 400 m<sup>2</sup> y una geometría en planta circular, está destinado a un Restaurante-Coctelería y un aula de cocina. El nivel superior o cubierta, con las mismas dimensiones y geometría en planta, sólo es accesible para mantenimiento y aloja las instalaciones y equipos de extracción de aire.

Estructuralmente el forjado del nivel inferior está ejecutado con losa maciza de hormigón armado de 30 cm de espesor y cuelga de la cubierta por medio de 22 tirantes de acero de alta resistencia. Los tirantes se han protegido con un forro de lana de vidrio frente a un posible incendio para cumplir con las especificaciones



Figura 13.- Vista de la Torre-Mirador.

del CTE, empleando para ello el mínimo diámetro de forro exterior posible con el objeto de dejar patente su misión estructural de elemento de cuelgue del forjado de cubierta.

Dicha cubierta está formada por un emparrillado de cuatro vigas diametrales de hormigón armado de 0,70 m de ancho y canto variable entre 0,80 m en los extremos y 2,75 m en el centro, apoyadas sobre el núcleo central y con una losa maciza de 20 cm de espesor. Estas grandes vigas trabajan como ménsulas compensadas con una elevada cuantía de armado. Para mejorar las condiciones de hormigonado y ejecución de las vigas se emplearon conectores evitando así el solape de armaduras.

La ejecución de ambos niveles se llevó a cabo sobre cimbra, con un volumen total cercano a los 10.000 m<sup>3</sup>. El proceso consistió en ejecutar primero el nivel inferior, posteriormente el fuste hasta el nivel superior y por último éste, apuntalado sobre el primero. Finalmente se dispusieron los tirantes MKY1050, se tesaron y se descimbró todo el conjunto.

Para acceder a este nivel se habilita un ascensor dentro del núcleo de hormigón y una escalera exterior helicoidal de eje descentrado ejecutada en hormigón armado. Dicha escalera se ejecutó *a posteriori* una vez terminada la estructura del núcleo. Es importante recalcar el hecho de que la escalera trabaja por forma debido a la curvatura en alzado, no tratándose por tanto de una ménsula en el fuste lo que habría transmitido cargas excesivas a éste.



Figura 14.- Armado de las vigas de cubierta de la Torre-Mirador.



Figura 15.- Ejecución de la Torre-Mirador.



## EN PORTADA



⇒ **Figura 16.-** Escalera de caracol exterior de acceso a la Torre-Mirador.

## EDIFICIO POLIVALENTE MULTIUSOS

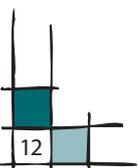
El Edificio Polivalente está destinado a albergar un cine, salas de ensayos, salas de reuniones, salas de conferencias y una cafetería. De todos los edificios es, posiblemente, el más sencillo. Se trata de un edificio con una planta bajo rasante y otra sobre rasante. Tiene forma circular con un desarrollo de 100 m y se ha ejecutado sin juntas, al igual que el resto de edificios. La cubierta, con 20 m de ancho, se ejecutó con forjado reticular de casetones perdidos de porexpán de 50+10 cm, compensando un voladizo arquitectónico de 5 m en toda su longitud ejecutado con dos losas aligeradas que confluyen resultando una losa de canto variable. Con esta solución se han logrado espacios diáfanos, de ahí su estatus de edificio polivalente y multiusos.

## APARCAMIENTO

El Aparcamiento se sitúa en el sótano de la plaza central y tiene una única planta bajo rasante con capacidad para 276 vehículos. Dicha plaza, con unas dimensiones en planta de 90 x 95 m, se ha ejecutado sin juntas de dilatación, con las consiguientes ventajas arquitectónicas



⇒ **Figura 17.-** Vista del voladizo del Edificio Polivalente.



de mantenimiento y de compensación de los empujes de tierras transmitidos por los muros de sótano. Estructuralmente la planta se ha ejecutado con forjado reticular de casetón recuperable de 35+10 cm en la zona accesible para bomberos y 25+10 cm en el resto, sobre pilares con luces de entre 7,5 y 8 metros.

Se trata, pues, de una estructura de conexión entre los edificios con acceso a todos ellos bajo rasante y que oculta completamente el tránsito de vehículos por todo el Centro Cultural.



Figura 18.- Construcción del forjado reticular en la Plaza del Centro Cultural sobre el aparcamiento.

### MARQUESINA

En la gran plaza entre los distintos edificios se ha dispuesto una Marquesina que sirve de nexo entre el Auditorio y el Museo, ofreciendo una protección a los visitantes frente a la lluvia y el sol. En planta tiene una geometría “serpenteante” de anchura variable. Con una longitud total cercana a los 140 m se ha ejecutado mediante una losa de hormigón armado aligerada de 80 cm de canto máximo constante (doble losa 15+50+15 cm) sin juntas de dilatación y apoyada sobre cinco grandes pilares, lo que implica luces cercanas a 25 m.

Estructuralmente la Marquesina es una obra de gran pureza al emplear una única losa de semejantes dimensiones sin pretensado ni juntas de dilatación y con los paramentos superior e inferior planos. En su cálculo se han tenido en cuenta los efectos diferenciales de re-



Figura 19.- Distintas imágenes del hormigonado de la primera fase de la Marquesina.



## EN PORTADA

tracción, fluencia y temperatura exterior, y ha sido necesario ejecutarla mediante contraflecha en el centro de vano para cumplir con las limitaciones de deformaciones de la normativa vigente. El resultado final ha sido una losa que, un año después de su puesta en servicio, ha recuperado el 90% de su contraflecha.

En los extremos la Marquesina se apoya sobre banquetas en el Auditorio y el Museo. En ellas se han dispuesto un total de 11 apoyos esféricos de teflón para permitir el giro y desplazamiento de la sección debido a los efectos de retracción y temperatura. ■

CENTRO CULTURAL OSCAR NIEMEYER	
Promotor	Consejería de Cultura y Turismo del Principado de Asturias
Proyecto	Oscar Niemeyer, Jair Rojas Valera, Ana Niemeyer y Javier Blanco García-Castañón (Arquitectos)
Dirección de la obra	Roberto Alonso Martínez, Javier Blanco García-Castañón, Almudena Fernández Menéndez y Jair Rojas Valera (Arquitectos). María López Castro (Arquitecta. Principado de Asturias)
Dirección de la ejecución de la obra	Manuel Gutiérrez Torralba y Jaime Vila Tarrio (Arquitectos Técnicos)
Asistencias técnicas de estructuras en la obra	FHECOR Ingenieros Consultores, S.A. José María Macías Cano (Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos) ALANDCO 94, S.L.
Superficies	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total superficie construida: 16.624,81 m<sup>2</sup></li> <li>• Total superficie construida bajo rasante: 2.304,41 m<sup>2</sup></li> <li>• Total superficie construida sobre rasante: 14.320,40 m<sup>2</sup></li> </ul>
Desglose por edificios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditorio: 7.688,19 m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo rasante: 1.364,41 m<sup>2</sup></li> <li>- Sobre rasante: 6.323,78 m<sup>2</sup></li> </ul> </li> <li>• Museo: 4.004,81 m<sup>2</sup></li> <li>• Convenciones-Administración: 3.052,19 m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo rasante: 940,00 m<sup>2</sup></li> <li>- Sobre rasante: 2.112,19 m<sup>2</sup></li> </ul> </li> <li>• Torre-mirador: 614,79 m<sup>2</sup></li> <li>• Marquesina: 1.264,83 m<sup>2</sup></li> <li>• Total superficie urbanización plaza: 35.613,33 m<sup>2</sup></li> </ul>
Fecha de inicio de la obra	14 de abril de 2008
Fecha de finalización de la obra	14 de marzo de 2011
Empresa constructora	SEDES, S.A.

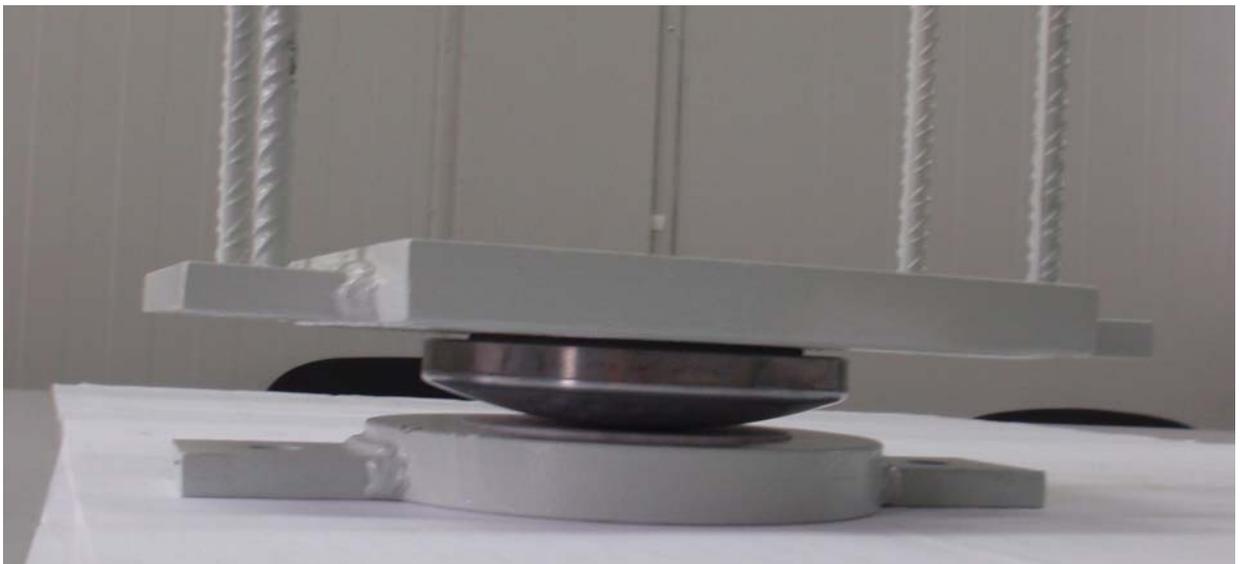


Figura 20.- Aparatos de apoyo esféricos empleados en la marquesina.

# ACABADOS ORNAMENTALES EN ESTRIBOS Y MUROS PREFABRICADOS

**Miguel Peláez Ruiz** - Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico de Tierra Armada, S.A.

*Dentro de las estructuras de obra civil, los muros y estribos de puente tienden a considerarse como estructuras menores. Sin embargo, a lo largo de nuestras carreteras constituyen una referencia visual a veces más importante que los propios tableros. El acabado de los estribos y muros de acompañamiento puede condicionar la estética de una obra. El estribo prefabricado ofrece extensas posibilidades de acabado que son muy poco conocidas por los proyectistas de puentes. En este artículo se describen distintas soluciones de acabados en estribos y muros prefabricados que han evolucionado desde los simples tratamientos superficiales hasta permitir diseños decorativos de gran complejidad.*

**D**esde hace ya más de 40 años, el muro de hormigón prefabricado ha constituido una solución alternativa a la construcción de muros *in situ*, y su utilización ha ido multiplicándose e introduciéndose como una alternativa más, no solo como muro de contención sino también en la ejecución de estribos de puente con sus aletas de acompañamiento.

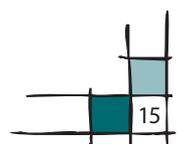
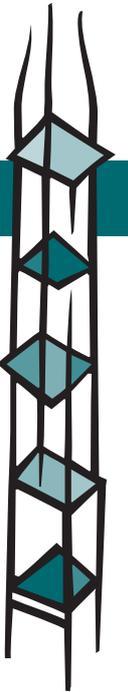
Habitualmente la solución prefabricada se ha valorado por su economía y su rapidez de construcción, buscando bien la reducción de costes de materiales, bien la reducción en el tiempo de corte de una vía que debe permanecer abierta al tráfico.

En otros países, esta etapa ya se ha superado y, además del uso en casos en que la reducción de tiempo o la ventaja económica lo aconseje, los muros prefabri-

cados se consideran como una solución estética alternativa. En España se ha utilizado muy escasamente esta posibilidad y aunque en los últimos años se ha notado un mayor interés en el uso de acabados decorativos, no alcanza el auge que tiene en países como Estados Unidos, Australia o Sudáfrica.

Hoy en día la técnica en la confección de moldes permite realizar algo más que los tradicionales acabados. En España, especialmente en zonas como las Islas Canarias pero también en el resto, ha sido habitual utilizar acabados texturizados o rayados fabricados a base de añadir en el fondo del molde un contra-molde de goma. Igualmente han sido habituales los acabados en piedra natural o coloreados.

Actualmente, además de la goma se utilizan otros tipos de materiales que mejoran la calidad de los acabados. El más utilizado es el poliestireno extrudido que permite hacer todo tipo de figuras y formas produciendo auténticos murales.





## REPORTAJES



➔ **Figura 1.-** Muro con acabado realizado con poliuretano (Australia).

Para hacer acabados de gran calidad se han utilizado forros de molde hechos con todo tipo de materiales como la fibra de vidrio, el polietileno de alta densidad (HDPE) o el poliuretano. (Figura 1).

### TIPOS DE ACABADO PARA HORMIGÓN PREFABRICADO

En este artículo se hace un recorrido por los distintos tipos de acabado para hormigón prefabricado, desde los más simples y más conocidos hasta los de mayor complejidad. En lo que sigue se van a describir los siguientes tipos de acabado:

- rayados y texturizados,
- en piedra natural o imitación de piedra,
- coloreados, lisos o con figuras,
- con resaltos,
- con figuras aisladas o mosaicos de figuras resaltadas,
- arquitectónicos con formas.

Para ilustrar y comprender mejor cada uno de estos acabados se van a exponer algunos ejemplos de obras realizadas tanto en nuestro país como en otros países, en las que el acabado del muro se ha empleado, en muchas de ellas, como eje del diseño.

### Acabados rallados y texturizados

#### Estribos con acabado texturizado

El Enlace de San Isidro está situado en la autopista TF1 de Tenerife cerca del Aeropuerto Sur de esta isla y sirve de enlace a este enclave. Consta realmente de dos enlaces, el que da acceso a San Isidro y el de Los Cardones que da acceso al barrio de ese nombre que se encuentra al sur de la localidad.

Cada uno de los enlaces está constituido por dos puentes cuyos tableros fueron construidos con vigas en T invertida que, situadas una al lado de la otra, presentan un aspecto de techo plano.

Los tableros se apoyan en estribos prefabricados con muros de acompañamiento en prolongación del estribo que adaptan su coronación al terreno.

Para la ejecución de los estribos se optó por utilizar paneles prefabricados de contrafuerte, lo que permitió adoptar un acabado especial tipo muro de ladrillo combinado con un rallado vertical liso que le otorga el aspecto que

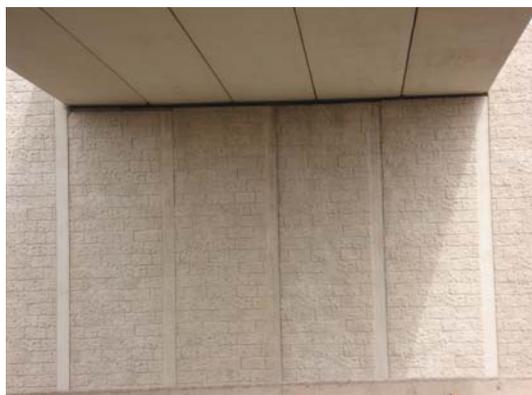


Figura 2.- Acabado texturizado en estribos (Acceso de Los Cardones – Tenerife).

puede apreciarse en el detalle de la Figura 2, donde las juntas quedan enmascaradas gracias a la tira vertical lisa.

#### Estribos con acabado rallado

Como ya se ha comentado anteriormente, es en la comunidad canaria donde los acabados arquitectónicos tienen mejor acogida dentro de nuestro país. Traemos aquí un nuevo ejemplo que corresponde a un puente en Tenerife.

La estructura a la que nos referimos, levantada en el año 2010, se encuentra situada en la ampliación de la autovía TF-1 entre Adeje y Santiago del Teide. Es el enlace de esta autovía con la localidad de Armeñime que se halla a unos 5 km de distancia de Adeje. Para este acceso urbano se quería una terminación característica de la zona. La elección del acabado se basó en el diseño realizado por el arquitecto francés Charles Lavigne en los 5 muros y dos estribos construidos en el año 2002 en el enlace de la autopista A-16 con el puerto de Boulogne-Sur-Mer al norte de Francia. En aquellos muros se creó un paramento específico para la obra con el fin de recordar la actividad principal del puerto. La elección fue un muro de tierra armada con un motivo geométrico de peces, sobre un acabado rallado con terminación ondulada (ver Figura 3).

Para la versión española se sustituyó el árido visto de color rojizo utilizado en Francia por la típica piedra volcánica tinerfeña. Este diseño final resultó de muy sencilla ejecución al precisarse únicamente un tipo de

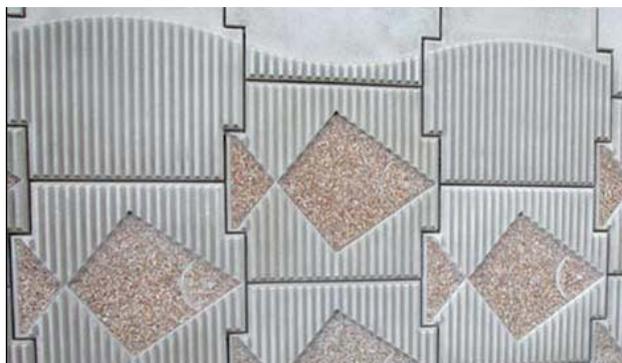


Figura 3.- Enlace de la A-16 con el puerto de Boulogne-Sur-Mer (Francia).



Figura 4.- Muros y estribos en el enlace de Armeñime (Tenerife).

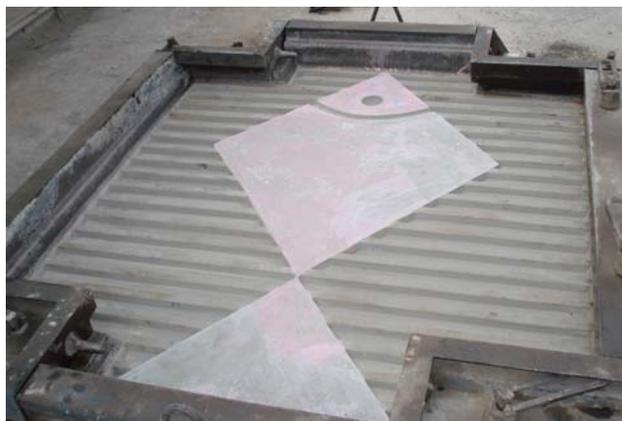


Figura 5.- Enlace de Armeñime (Tenerife). Molde de la escama principal.

escama principal repetitiva y escamas secundarias con rallado en forma de ola (Figura 4).

En ambos casos, la escama principal se realizó con un contra-molde de goma. Posteriormente, mediante chorreo del hormigón, se conseguía el acabado de árido visto de la figura del pez (Figura 5).



## REPORTAJES

### Acabados en piedra natural o imitación de piedra

#### Acabados con revestimiento de piedra natural

El acabado con chapado de piedra natural en la cara vista de los muros es un acabado frecuente en nuestras carreteras. El método habitual de ejecución consiste en montar las lajas de piedra en el fondo del molde sobre una cama de arena y posteriormente hormigonar sobre ellas. El resultado estético es un acabado que se integra en el paisaje.

Algunos casos de utilización de esta técnica son:

- Los muros en el acceso al centro comercial de Jinámar (Telde – Gran Canaria), ejecutados en el año 2008.
- La conexión Padre Anchieta – Los Rodeos (Tenerife) con muros y estribos de diversas alturas.
- Los túneles de la Autopista del Norte de Tenerife, TF-5, con revestimiento de laja natural sobre los muros ya colocados.
- La protección contra desprendimientos de la GC-1 en la playa de la Laja en Gran Canaria, donde se revistieron las aletas, los pilares y los paneles superiores cuya misión es recoger la cama de arena que protege al tablero de la caída de bolos por desprendimientos. (Figura 6)

#### Acabado de imitación piedra

Como una alternativa a los muros de gaviones, surge este muro de bloques que colocados en forma de pirámide actúa como muro de contención por gravedad.



➤ **Figura 6.-** Pilares, aletas y paneles revestidos de piedra natural (Playa de la Laja - Gran Canaria).

El sistema consiste en bloques huecos que se rellenan en obra con el mismo terreno que se usa en el relleno del trasdós del muro. Los bloques, de 50 cm de altura y 1 m de anchura, se fabrican en dos medidas de profundidad, 60 cm y 90 cm, que permite contrapearlos de modo que cada bloque apoye siempre en dos o más bloques.

En la planta termo-solar de Majadas en Cáceres se instalaron dos muros de 2,50 m de altura en su parte principal, es decir, con 5 niveles de bloques. La anchura en la base del muro es de 1,90 m y en su parte superior de 0,60 m. La longitud de cada uno de los muros es de unos 760 m lo que supone un total aproximado de 3.800 m<sup>2</sup> de superficie y el empleo de unos 10.000 bloques.

La terminación de este tipo de muros se realiza con gomas en el molde y puede tener cualquier acabado. En este caso se escogió un acabado de imitación de piedra. En la imagen de la Figura 7 puede verse este muro durante la construcción.



➤ **Figura 7.-** Muro de bloques imitación piedra (Planta Termosolar de Majadas - Cáceres).

### Muros de tierra armada con paramento de piedra natural

Una de las aplicaciones de la tierra armada más utilizada en países como Italia, Estados Unidos o Australia es el muro con paramento de mallazo que puede ser vegetalizado o presentar una terminación con piedra natural que recuerda el acabado de los gaviones. A diferencia del caso anterior, en este ejemplo el muro no es un muro de gravedad sino un muro de tierra armada en cuyo paramento se han sustituido los paneles tradicionales de hormigón por un mallazo que permite ver el relleno de piedra seleccionada de su zona más exterior. La estabilidad del muro se consigue con la técnica habitual de la tierra armada mediante armaduras longitudinales colocadas en el relleno y ancladas en el paramento.

En la Figura 8 se muestra un muro situado en la autovía IP-3 en el norte de Portugal. Se trata de un muro de 19 m de altura construido en dos tramos con este tipo de paramento mineral.



Figura 8.- Muros de tierra armada con paramento de piedra natural (Portugal).

### Acabados coloreados, lisos o con figuras

#### Accesos a la estación de Delicias en Zaragoza.

En los años previos a la exposición universal de Zaragoza 2008, se construyeron los accesos a la nueva estación del AVE Madrid-Zaragoza-Barcelona, la estación de Delicias, que constituyeron el cierre del tercer cinturón. Para ello se realizaron 5 grandes muros y dos estructuras en tierra armada además de un falso túnel de 350 m de longitud cuyos estribos se realizaron con muros prefabricados de contrafuerte.

Los muros de tierra armada se proyectaron con paneles cuadrados de 1,50 x 1,50 m con una terminación lisa coloreada en rojo. Posteriormente los muros se protegieron con pintura antivandálica que uniformiza el color de las piezas y les otorga el tono brillante que puede apreciarse en la Figura 9.



Figura 9.- Muros y estribos coloreados en los accesos a la estación de Delicias de Zaragoza.



## REPORTAJES

### Escuela infantil en La Palma.

En contra de la sencillez de ejecución del caso anterior, en este ejemplo se utilizan acabados singulares en paneles de edificación. Se trata de una escuela infantil proyectada por el arquitecto Miguel Ángel Gómez para el Ayuntamiento de El Paso en la isla de La Palma. La idea fue dejar a los propios niños diseñar la decoración de los paneles. De los dibujos de los niños se sacaron 6 tipos de paneles de diferentes tamaños (Figura 10) que adecuadamente combinados por los arquitectos con otros paneles lisos constituyeron las distintas fachadas de la escuela.

La Figura 11 muestra alguna de estas fachadas durante la construcción de la escuela. La singularidad de este trabajo hizo necesaria la fabricación de unos 100 paneles todos ellos prácticamente diferentes entre sí.

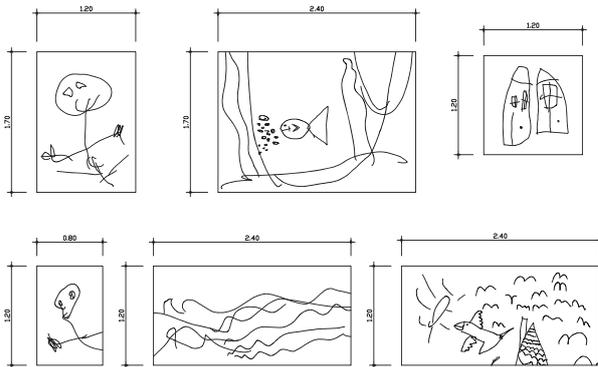


Figura 10.- Detalle de los seis paneles tipo con los dibujos infantiles.



Figura 11.- Vista general de la escuela infantil de La Palma.

### Estribos en la autopista interestatal I-40 en Nuevo México (USA)

Como ya se ha indicado anteriormente, en países como Australia, Sudafrica y ,especialmente, Estados Unidos se utiliza frecuentemente el muro o estribo prefabricado como un elemento decorativo de la estructura.

Un ejemplo del uso de acabados coloreados con figuras o dibujos lo constituyen los estribos utilizados en la Autopista interestatal I-40 a su paso por Nuevo México, muy similares entre sí. Para estos estribos, de 4,50 m de



Figura 12.- Solución estética aplicada a diferentes estribos murales (Autopista I-40 - Nuevo México).

altura, y para sus muros de acompañamiento se eligió una solución de tierra armada coloreada con acabado mural de figuras. El mismo diseño y color del mural se traslada a vigas, imposta y cargaderos, creando una única unidad estética (Figura 12).

Otro ejemplo del cuidado que se tiene en Estados Unidos en el diseño de los muros de acompañamiento, perpendiculares al estribo y por tanto referencia visual de conductores y usuarios de la autopista, puede apreciarse en la Figura 13 en la que combinando colores, resaltos y texturas se ha imitado un acueducto.



Figura 13.- Muro-aleta simulando un acueducto (Estados Unidos).

### Acabados con resaltos.

Existen numerosos ejemplos de este tipo de acabado, como los acabados almohadillados muy extendidos en España. Traemos aquí como muestra los muros con paramento arquitectónico en el tramo Messidan – Périgueux Ouest (Francia).

El año 2002 durante la construcción de la Autovía A-89 entre Périgueux oeste y Messidan en el departamento francés de Dordoña, en Aquitania, se ejecutaron estos muros con acabado arquitectónico a base de una escama de tipo tierra armada con dos triángulos resaltados cruzados entre sí. El diseño del doble triángulo contrapeado, repetido por la colocación de las escamas también contrapeadas entre sí, produce un conjunto de luces y sombras verdaderamente atractivo a la vista



Figura 14.- Acabados con resaltos (Autovía A-89 – Francia).

(Figura 14). El arquitecto autor de este diseño fue de nuevo Charles Lavigne y la empresa constructora Razel/DTP Terrassement.

En total se construyeron 6 muros, el más largo de ellos de 1.240 m, alcanzándose una altura de 11,80 m.

### Acabados con figuras aisladas o mosaicos de figuras resaltadas.

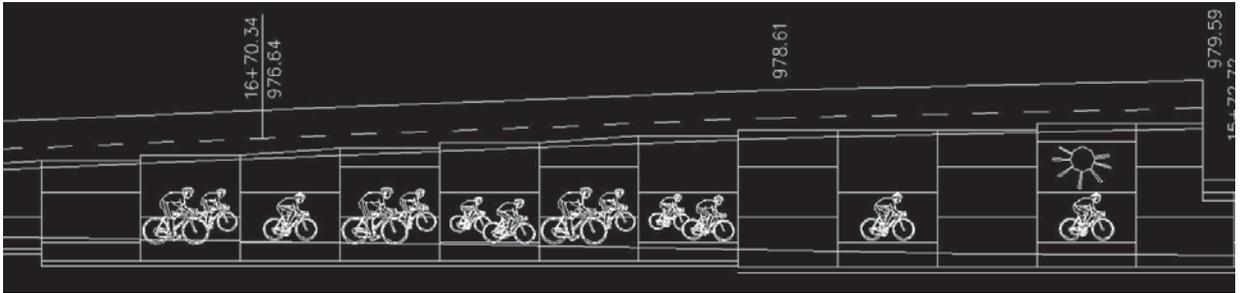
Desde hace ya más de una década, se ha extendido en los Estados Unidos el uso de acabados arquitectónicos con figuras resaltadas o bajorrelieves. Estas figuras pueden ser aisladas y repetitivas o formar un mosaico con algún motivo. En un gran número de Estados se ha extendido también la costumbre de incluir en los muros de acompañamiento de los puentes el logo, el escudo o el mapa del Estado (Figura 15).



Figura 15.- Estribos con logos o mapas del Estado (Estados Unidos).



## REPORTAJES



Para la realización de estos murales es necesaria una labor previa de diseño para diseccionar el dibujo original suministrado por el cliente en paneles rectangulares. Cada uno de estos paneles se reproduce en los moldes por medio de recortes de poliestireno extruido. En la Figura 16 puede verse parte del trabajo previo para desglosar un mural que representa una carrera ciclista y un detalle de uno de los paneles.

⇒ **Figura 16.-** Despiece de un diseño por paneles y detalle de un panel con relieve.



⇒ **Figura 17.-** Muro con acabado mural con relieve utilizando poliestireno extruido.

**Acabados arquitectónicos con formas.**

Para terminar esta muestra de las grandes posibilidades del prefabricado en la solución de los estribos de puente, se presenta un caso singular de falso estribo

de tierra armada en la autopista estatal SH-45 (Estados Unidos), donde los pilares del estribo fueron revestidos con escamas de distintas formas. En la Figura 18 se pueden apreciar las diferentes fases del montaje. ■



Figura 18.- Estribos especiales en la autopista estatal SH 45 en Texas.



**zuncho** Revista trimestral

Si todavía no recibe nuestra revista y quiere recibirla gratuitamente o que la reciba otra persona, por favor háganos llegar los datos adjuntos por fax (91 556 75 89) o por correo electrónico (zuncho@ferraplus.com).

Nombre: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Dirección postal: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

De acuerdo con la Ley 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), los datos personales suministrados por el Usuario serán incorporados a un fichero automatizado. En cumplimiento de lo establecido en la LOPD, el Usuario podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición. Para ello puede contactar con nosotros en el teléfono: 91 556 76 98; o enviándonos un correo electrónico a: zuncho@ferraplus.com.



[www.fhecor.es](http://www.fhecor.es)

Ingeniería para el ciclo de vida de las estructuras

# ELIMINADORES BIOQUÍMICOS DE HERRUMBRE

Jesús Orte Crespo - Director Técnico. Departamento Químico. Quimilock.

La presencia de óxido en los encofrados de acero utilizados en la manufactura de prefabricados de hormigón es un problema importante, especialmente cuando se trata de piezas de hormigón arquitectónico dado que pueden quedar manchas en la superficie final de éstas, obligando a su limpieza en el caso de que esto ocurra, o bien a la eliminación de la presencia de estos óxidos de la superficie de los moldes como medida de prevención, lo que al final se traduce en un incremento de costes y de tiempo que representa un importante esfuerzo.

La función protectora del hormigón, como consecuencia del elevado pH de la disolución presente en sus poros, no existe ante la presencia de desmoldantes que impiden el contacto directo entre el acero y el hormigón, y que tienen como misión, precisamente, impedir la adherencia entre ambos materiales.

En este artículo se exponen las causas más usuales de la aparición de óxidos sobre la superficie de encofrados y moldes, así como una novedosa solución para evitar su aparición, consistente en la utilización de eliminadores bioquímicos de herrumbre biodegradables.

### CAUSAS HABITUALES EN LA FORMACIÓN DE ÓXIDO.

La formación de óxido sobre la superficie de moldes y encofrados puede deberse a causas medioambientales, como la exposición a la intemperie sin protección o el

depósito de agua por condensación, o a causas relacionadas con el propio proceso, como por ejemplo el empleo de imanes o de productos de protección no adecuados.

En lo que sigue se van a describir con algo más de detalle estas causas, centrándose sobre el fenómeno que sucede en instalaciones de prefabricación en las que, como ya se ha indicado, este fenómeno puede tener peores consecuencias.

### Causas medioambientales. Formación de agua de condensación

Por lo general, las instalaciones de prefabricación disponen de una zona de producción protegida de la intemperie, para que ésta no se vea condicionada por las condiciones meteorológicas, por lo que en principio sería lógico pensar que los moldes y encofrados que se emplean en ellas deberían estar a salvo de cualquier riesgo de oxidación.



Figura 1.- Aspecto de un molde que presenta rastros de óxido.



## SOLUCIONES TÉCNICAS

En la práctica esto no es así, y es habitual encontrar que la superficie metálica de los moldes presenta restos de óxido que es preciso eliminar antes de proceder al hormigonado de los elementos.

Por lo general, la formación de este óxido se debe al depósito de agua sobre la superficie del molde por condensación. El fenómeno se produce cuando se supera la presión de vapor parcial del agua contenida en el aire como consecuencia de un descenso de la temperatura.

Este proceso provoca la formación de gotas de agua sobre las superficies frías, en este caso el metal del molde o encofrado, facilitando así que pueda producirse la oxidación. La posibilidad de su aparición se ve aumentada cuando los elementos prefabricados fraguan en cámaras con temperatura o con vapor para acelerar el desarrollo de sus resistencias.

En este caso, es típico que la formación de óxido se produzca en la zona periférica, ocasionando la formación de agua donde se produce la rotura de la fina capa de desmoldante, por ejemplo por la formación de hendiduras por contracciones durante el secado del prefabricado de hormigón.

### Causas debidas al proceso

En otras ocasiones, la aparición de óxido se debe a causas relacionadas con el proceso de prefabricación.

#### Apoyos magnéticos

El uso de imanes puede provocar la aparición de corrosión interfacial agravada por la presencia de materiales diferentes (corrosión galvánica) en presencia de humedad. La diferencia de nobleza del material empleado en los imanes con respecto al acero de los moldes provoca la aparición de este óxido, visible al desplazar el imán.

#### Desmoldante

Los desmoldantes proporcionan una separación fiable entre el hormigón endurecido y la superficie del encofrado, permitiendo la obtención de superficies lisas y estéticas.

Por regla general, estos productos incluyen pequeñas cantidades de inhibidores de la corrosión que, sin embargo, no son capaces

de ofrecer la protección esperada debido a los limitados espesores de capa utilizados. Un mayor grosor aumentaría la protección anticorrosiva del desmoldante, pero también conduce a un peor acabado superficial del elemento resultante.

En otras ocasiones la efectividad depende de las características propias de cada instalación, de forma que lo que funciona bien en una puede ocurrir que no tenga el mismo efecto en otras.

Por último, los desmoldantes no proporcionan la suficiente protección para los periodos de almacenaje a los que se somete a los encofrados o a las condiciones del lugar en el que se efectúa su acopio, por lo que en ocasiones se forman capas de óxido de gran espesor.

#### Remoción mecánica del óxido

La eliminación del óxido por medios mecánicos, por lo general el esmerilado del óxido formado, provoca en muchos casos la activación de las superficies del acero, lo que origina que los ciclos de formación de óxido disminuyan con el tiempo.

#### Hormigón

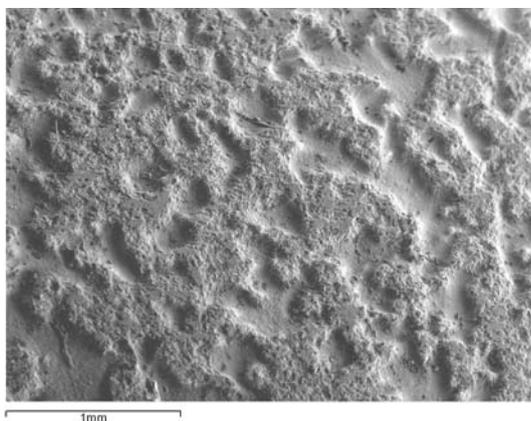
A pesar de que la consistencia del hormigón está muy regulada para obtener un acabado perfecto de las piezas, durante su compactación en el interior del molde o encofrado se produce un cierto sangrado de agua, que fluye hasta alcanzar los apoyos; una zona que no suele estar protegida por el desmoldante y en la que se propicia el inicio de la corrosión y de la formación de óxido.

## LA ELIMINACIÓN DE LA HERRUMBRE MEDIANTE EL USO DE PRODUCTOS BIOQUÍMICOS BIODEGRADABLES

La mejor opción es siempre la prevención ante la formación del óxido, pero una vez que ésta ocurre debemos eliminarlo de la manera más sencilla y, sobre todo, menos dañina para el material.

El uso de procedimientos físicos, como el esmerilado, provoca daños sobre el encofrado y muchas veces solo provoca un aumento de la velocidad de formación del óxido.

Cuando lo que se utiliza son limpiadores ácidos, éstos ocasionan en numerosas ocasiones auténticos destrozos en el material, ya que es muy difícil impedir que el ácido sea selectivo solo sobre el óxido y no ataque otros componentes presentes en el acero.



**Figura 2.-** Detalle del efecto que los ácidos producen sobre la superficie de acero cuando se emplean para la limpieza del óxido.

Para evitar los inconvenientes de ambos procedimientos, en los últimos años ha ido implantándose poco a poco el uso de limpiadores bioquímicos que presentan la ventaja adicional de ser biodegradables; este tipo de productos, usados habitualmente en el mundo de la automoción donde los requisitos de estas limpiezas son muy estrictos, representan un importante avance al salvaguardar el metal no dañado, siendo selectivos única y exclusivamente en la digestión del óxido.

Pero además de eliminar el óxido sin dañar el molde, estos productos presentan otras ventajas añadidas:

- No son dañinos para la piel de las personas.

- No tienen efectos adversos sobre pinturas, plásticos, madera, textiles, cerámica o caucho.
- Son cien por cien biodegradables y, por tanto, respetuosos con el medio ambiente.
- Sus formulaciones los hace no tóxicos, ni inflamables y no presentan olor a ácido o a humos cáusticos.
- Existen formulaciones específicas para la limpieza de óxido en diferentes metales, como latón, cobre, aluminio, etc.
- No afectan al material y no producen la fragilización por hidrógeno<sup>1</sup>.
- El tiempo de actuación de estos productos es bastante corto. Para eliminar una capa de óxido normal necesitan entre 15 y 30 minutos para completar su digestión. Este tiempo aumenta con capas más gruesas, y puede precisarse que se aplique varias veces cuando la oxidación es extrema y se presenta en forma de capas estratificadas.

Por regla general, los moldes pequeños se tratan por inmersión, por lo que este tipo de productos se presenta en forma líquida. Ahora bien, existen también versiones en forma de gel, cuyas características tixotrópicas les permite ser aplicados sobre superficies verticales o en techos sin que exista descuelgue.

Una vez que el producto ha actuado, se procede a su eliminación mediante agua aditivada con detergentes especiales que arras-



**Figura 3.-** Aspecto de una zona recuperada por medio de un limpiador bioquímico.

<sup>1</sup> Estos productos cumplen las especificaciones de la norma ASTM F-519-05 "Standard test method for mechanical hydrogen embrittlement evaluation of plating processes and service environments".



## SOLUCIONES TÉCNICAS

tran al “eliminador de herrumbre” así como los restos de material oxidado degradado. Adicionalmente, los detergentes utilizados proporcionan una protección con inhibidores de la corrosión para evitar que la pieza se oxide posteriormente durante un plazo que dependerá del tipo de detergente empleado.

### MÉTODO DE TRABAJO.

La forma de actuar depende del estado en el que se encuentre el encofrado. Por lo general los pasos a seguir son los siguientes:

1. Eliminación mecánica de lascas de óxido. En el caso de que el encofrado presente una corrosión muy severa —por haber estado, por ejemplo, expuesto a la intemperie por un periodo de tiempo muy largo— es conveniente eliminar previamente las lascas de óxido peor adheridas por medios mecánicos, con el fin de no prolongar en exceso el proceso de limpieza y ganar, en definitiva, algo de tiempo.
2. Aplicación del producto eliminador, por el método que resulte más cómodo en cada situación; se pueden aplicar con brocha, rodillo o airless (pintura con pistola).
3. Periodo de espera, hay que dejar actuar al producto el tiempo que marque el fabricante, entre 15 y 30 minutos, antes de proceder a la remoción del mismo. Este tipo de productos presentan la ventaja de que en caso de que se tenga que dejar por un periodo mayor de tiempo, simplemente paraliza su acción y no ataca al metal por más tiempo que lo dejemos, el único problema es que suele secar y cuesta más eliminarlo posteriormente (en el caso de la versión tixotrópica en forma de gel).
4. Remoción del producto, el producto se elimina con agua y un detergente especial con inhibidores de la corrosión. Este sistema permite



Figura 4.- Aplicación del limpiador bioquímico sobre una zona del encofrado.

limpiar y neutralizar la formación de óxido por un periodo de tiempo que será función de la concentración del detergente empleado.

5. Si el encofrado se quiere mantener a la intemperie es posible evitar la formación de óxido mediante el uso de recubrimientos específicos base agua que no necesitan ser eliminados para su posterior uso. Estos recubrimientos son de fácil aplicación y permiten una protección que varía de 2 a 5 años a la intemperie en función del espesor de recubrimiento usado. ■



Figura 5.- Resultado comparativo tras la limpieza.



Figura 6.- Recubrimiento para protección en exteriores.



Figura 7.- Diferencia entre una zona tratada con recubrimiento de protección para intemperie en base agua y otra zona no tratada tras dos años de exposición (Zona centro peninsular).



# Sostenibilidad Siderúrgica

La **Marca Sostenibilidad Siderúrgica** está destinada a destacar aquellas empresas que fabrican productos de acero bajo una estrategia de Responsabilidad Social Empresarial, buscando la excelencia y responsabilizándose con el entorno.

Para conceder la Marca, la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), verifica que las empresas disponen de los siguientes Sistemas de Gestión:

- **Sistemas de gestión de la sostenibilidad. Requisitos e Indicadores (SGSS:2010)**
- **Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (UNE-EN ISO 9001:2008)**
- **Sistemas de gestión medioambiental. Requisitos (UNE-EN ISO 14001:2004)**

Y que a través de 56 indicadores y 149 parámetros han sido evaluados adecuadamente los siguientes 23 aspectos de la sostenibilidad:

## SOCIALES:

- Empleo
- Salud y seguridad laboral
- Formación y educación
- Beneficios sociales
- Diversidad e igualdad de oportunidades
- Libertad de asociación y convenios colectivos
- Comunidad
- Buen gobierno
- Productos y servicios
- Privacidad del cliente

## ECONÓMICOS:

- Desempeño económico
- Impactos económicos directos
- Impactos económicos indirectos
- Innovación y desarrollo tecnológico

## AMBIENTALES:

- Materiales
- Energía
- Agua
- Biodiversidad
- Emisiones, vertidos y residuos
- Uso de sustancias peligrosas
- Uso y contaminación del suelo
- Gastos e inversiones medioambientales
- Aspectos ambientales indirectos

Empresas en posesión de la licencia de uso de la Marca Sostenibilidad Siderúrgica (orden alfabético):

**ArcelorMittal Gipuzkoa, S.L.U. (fábricas de Bergara y Zumárraga)**  
**Compañía Española de Laminación, S.L. (CELSA)**  
**Global Steel Wire, S.A.**  
**Megasa Siderúrgica, S.L.**  
**Siderúrgica Sevillana, S.L.**

## FERRAPLUS INCORPORA TRES NUEVAS INSTALACIONES

Este verano tres nuevas instalaciones de ferralla —Cofema Zaragoza, Forjados del Ebro y GESFER (Gestión Ferralla)— se han incorporado a la marca FerraPlus, obteniendo así el reconocimiento de la utilización de los más altos estándares de calidad en su operativa.

Todas las instalaciones de ferralla integradas en FerraPlus son poseedoras de un Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DOR) por el Ministerio de Fomento, por lo que son merecedoras del tratamiento diferencial que prevé en estos casos la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, entre las que destaca la no obligatoriedad de efectuar ensayos de recepción en obra pudiendo hormigonar los elementos de los que forman parte sin tener que esperar a recibir los resultados de ensayo correspondientes.

### COFEMA Zaragoza

En el año 1987 la Compañía de Ferrallistas de Madrid abrió una delegación en Zaragoza, que fue poco a poco implantándose en la zona y creciendo de manera importante, de manera que en el año 2006 se establece definitivamente en esta Comunidad como Cofema Zaragoza, S.L.



Ubicada en el barrio de Casetas en Zaragoza, la empresa cuenta unas instalaciones de producción de 7.000 m<sup>2</sup> de superficie sobre una amplia parcela de 15.000 m<sup>2</sup>. La amplia nave, dotada de 9 puentes grúa y un pórtico exterior, acoge una gran variedad de equipamiento para la elaboración de ferralla: maquinaria de corte y doblado, estribadoras automáticas, equipos de soldadura, ensambladoras automáticas, etc.

En estos momentos, y a pesar de la difícil situación por la que atraviesa al Sector de la Construcción en general, Cofema Zaragoza dispone de una plantilla de 50 trabajadores que le permite atender las necesidades de la zona de Aragón y alrededores, y alcanzar una capacidad de producción de 6.000 toneladas anuales.

Son numerosas las obras de relevancia en las que en los últimos años ha participado Cofema Zaragoza, pudiéndose destacar entre otras las siguientes:

- La Estación Intermodal de Zaragoza.
- El Centro Comercial Aragonia, en Zaragoza.
- El Pabellón Reino de Navarra, en Pamplona.
- El edificio "El Seminario", formado por 475 viviendas, en Zaragoza.
- El edificio Caixa Forum, en Zaragoza.

### Forjados del Ebro

Con más de 23 años de experiencia en el sector, Forjados del Ebro, ubicada en el Polígono de Cantabria en Logroño, es una empresa especializada en la realización de estructuras de hormigón, a las que aporta no solamente la ferralla sino también elementos prefabricados como viguetas, placa armada o muro prefabricado, cubriendo así las necesidades de cualquier tipo de obra.

Sus instalaciones, con más de 3.500 m<sup>2</sup> cubiertos y 2.500 m<sup>2</sup> al aire libre, están acondicionadas con ma-



quinaria moderna y automática para el enderezado, corte, doblado, ensamblado y montaje de las armaduras mediante soldadura, disponiendo también de una flota propia de vehículos para el transporte del material a la obra, puentes grúa, grúa torre, hormigonera y un personal altamente cualificado, formado y homologado.

Los productos suministrados cuentan todos ellos con el marcado CE obligatorio y en el caso de la ferralla con la certificación AENOR de producto, manteniéndose la trazabilidad de todas las partidas fabricadas mediante un sencillo y eficaz sistema implantado.

Por último, Forjados del Ebro pone a disposición de sus clientes un servicio de asesoramiento técnico con una dilatada experiencia en todo tipo de obras, tanto de edificación como de obra civil.

## GESFER

GESFER forma parte de un grupo de empresas de ferralla con más de 30 años de historia —Ferrallas Albacete y Cofema— integradas todas ellas en la marca FerraPlus.

Esta empresa, ubicada en Ribarroja del Turia, Valencia, centra su actividad en la elaboración de ferralla para obra civil y edificación. Para ello, cuenta con unas instalaciones de 3.800 m<sup>2</sup> equipadas con una moderna y completa maquinaria, capaz de alcanzar una producción mensual de 2.500 toneladas.

El equipo humano tiene una alta cualificación y experiencia en el sector, pudiendo abordar cualquier tipo de proyecto con la más elevada profesionalidad, y con el objetivo final de proporcionar el mejor servicio al cliente.

La amplia experiencia de GESFER incluye obras de todo tipo, y en emplazamientos muy diversos. Entre ellas, cabe destacar las siguientes:

- El Nuevo Estadio de Mestalla, en Valencia.
- El complejo administrativo 9 de Octubre, en Valencia.
- Desaladora en Águilas, Murcia.
- Autopista AP 36, tramo La Roda – Ocaña, Albacete.
- Torre Repsol, en Madrid.
- Terminal T4 Barajas, en Madrid.
- Centro comercial Plaza Norte, en Madrid.
- Hospital de Ciudad Real.
- Presa de Alqueva, en Portugal.
- Metro de Lisboa, tramo Chelas-Olivais.
- Centro comercial Colombo, en Lisboa.

## JORNADAS SOBRE DISTINTIVOS OFICIALMENTE RECONOCIDOS (DOR)

IPAC e IECA, los institutos técnicos del sector siderúrgico y cementero, están organizando conjuntamente un ciclo de Jornadas Técnicas encaminadas a dar a conocer a los profesionales relacionados con las estructuras de hormigón —ingenieros, arquitectos, aparejadores, etc.— las ventajas que representa la utilización de materiales, productos y sistemas en posesión de un Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DOR).



## NOTICIAS

La vigente Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08, apuesta de forma decidida por la calidad certificada de los productos que llegan a la obra a través de un tratamiento diferencial frente a aquellos otros que no ofrecen este tipo de garantías. El objetivo es optimizar las labores de control en la obra y elevar la calidad y seguridad de las estructuras con un esfuerzo de control razonable.

Para que una marca o distintivo de calidad obtenga el reconocimiento por parte de la Administración —en este caso, el Ministerio de Fomento— es preciso cumplir una serie de requisitos y mantener éstos en el tiempo. A cambio, la Administración reconoce que los materiales, productos y sistemas que ostentan estos distintivos presentan un nivel de calidad superior al exigido reglamentariamente para ellos, por lo que son merecedores de recibir el trato “especial” previsto al efecto.

En estos momentos ya es posible encontrar en cualquier parte de la geografía española aceros, armaduras, hormigones y prefabricados en posesión de un DOR, pudiéndose prescribir su empleo ya desde proyecto, o bien durante la ejecución de la obra, sin temor a encontrarnos con que no existe ningún suministrador que pueda proporcionarlos.

Las ventajas derivadas de su uso se inician ya desde proyecto, donde se pueden emplear menores coeficientes de seguridad de los materiales lo que se traduce, por ejemplo, en el empleo de una menor cantidad de acero lo que supone un importante ahorro.

Durante la fase de ejecución y control también se producen ventajas notables, pues puede prescindirse, por parte de las Direcciones Facultativas, de la visita a las instalaciones de fabricación de ferrallas, hormigones o prefabricados que se produzcan fuera de la obra; pueden reducirse hasta cero, dependiendo del producto, los ensayos y tomas de muestras, y no es preciso retrasar el proceso de hormigonado de los elementos hasta no disponer de los resultados de los ensayos y controles efectuados.



Jornada Técnica sobre

# Distintivos Oficialmente Reconocidos (DOR)

Ventajas en proyecto y ejecución



El ciclo de Jornadas comenzó en el mes de junio en Andalucía, concretamente en Granada y Málaga, y tras el verano se retoma en Madrid en el mes de septiembre, de donde se trasladará en octubre a Sevilla y Barcelona, entre otras capitales de provincia.

# AENOR

www.aenor.es ■ 902 102 201 ■ comercial@aenor.es

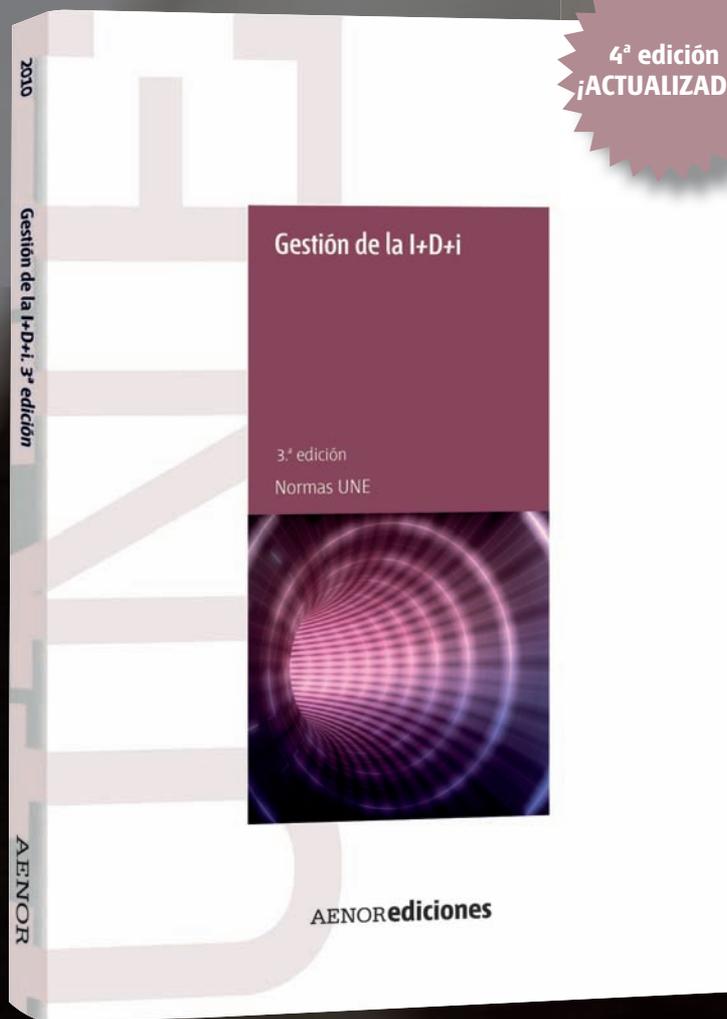
Nuevo manual de Normas UNE

Este manual contiene 6 normas UNE que le ayudarán a elaborar proyectos de I+D+i, implantar un sistema de gestión de la I+D+i o realizar de forma sistemática la observación y búsqueda de ideas que se transformen en nuevos productos o servicios:

- **UNE 166000:2006** Gestión de la I+D+i: terminología y definiciones de las actividades de I+D+i.
- **UNE 166001:2006** Gestión de la I+D+i: requisitos de un proyecto de I+D+i.
- **UNE 166002:2006** Gestión de la I+D+i: requisitos del sistema de gestión de la I+D+i.
- **UNE 166005:2004 IN** Gestión de la I+D+i: guía de aplicación de la Norma UNE 166002:2002 EX al sector de bienes de equipo.
- **UNE 166007:2010 IN** Gestión de la I+D+i: guía de aplicación de la Norma UNE 166002:2006.

¡Nueva Norma!

**UNE 166006:2011** Gestión de la I+D+i: sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.



2011 – 144 páginas – 31,20 €  
Rústica – 17 x 24 cm  
SBN: 978-84-8143-725-6

5% de descuento  
[www.aenor.es](http://www.aenor.es)

## I+D+i

Las normas UNE que le ayudarán a buscar ideas y estar alerta para ser más competitivo



AENOR ediciones

# FERRA PLUS

Calidad



Fiabilidad

Distintivo  
oficialmente  
RECONOCIDO



Garantía

AENOR



Producto  
Certificado

**FerraPlus,  
más que ferralla certificada**

## Empresas en posesión de la marca

ARMACENTRO, S.L. • ARMALLA, S.L. • ARTEPREF, S.A.U. • CESÁREO MUNERA, S.L. • COFEMA, S.A. • COFEMA ZARAGOZA, S.L.  
ELABORACIÓN Y MONTAJES DE ARMADURAS, S.A. • EUROARMADURAS, S.L. • FERRALLADOS CORE, S.A. • FERRALLAS ALBACETE, S.A.  
FERRALLAS JJP MAESTRAT, S.L. • EUROARMADURAS, S.L. • FERRALLADOS CORE, S.A. • FERRALLAS ALBACETE, S.A. • FERRALLAS JJP MAESTRAT, S.L.  
FERRALLATS ARMANGUÉ, S.A. • FERROBÉRICA, S.L. • FERROFET CATALANA, S.L. • FERROINSA, S.A. • FERROS ILURO, S.L. • FORJADOS DEL EBRO, S.L.  
FORJADOS RIOJANDOS, S.L. • FORMAC, S.A. • GESFER, S.L. • HIERROS AYORA, S.L. • HIERROS DEL NOROESTE, S.L. • HIERROS DEL PIRINEO, S.A.  
HIERROS GODDY, S.A. • HIERROS HUESCA, S.A. • HIERROS SÁNCHEZ, S.L. • HIERROS SANTA CRUZ, S.L. • HIERROS SANTA CRUZ SANTIAGO, S.L.U.  
HIERROS URIARTE, S.L. • HIERROS Y ACEROS DE MALLORCA, S.A. • HIERROS Y MONTAJES, S.A. • HIJOS DE LORENZO SANCHO, S.A.  
JESÚS ALONSO RODRÍGUEZ, S.L. LENUR FERRALLATS, S.L. • MANUFACTURADOS FÉRRICOS, S.A. • PENTACERO HIERROS, S.L.  
PREFORMADOS FERROGRUP, S.A. • S. ZALDÚA Y CÍA, S.L. • SINASE FERRALLA Y TRANSFORMADOS, S.L. • TÉCNICAS DEL HIERRO, S.A.  
TEINCO, S.L. • TRANSFORMACIONES FÉRRICAS VILLARCAYO, S.L. • TRANSFORMADOS Y FERRALLA MORAL, S. L.