



Formigons armats amb fibres metàl·liques: disseny, càlcul i aplicació

Aplicacions reals i futures

Formigons armats amb fibres metàl·liques: disseny, càlcul i aplicació



Aplicació: Paviment de Formigó armat amb fibres metàl·liques:

TUSSAM M. NUEVAS OFICINAS, TALLERES Y APARCAMIENTOS PARA LA FLOTA. SEVILLA

PAVIMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO

Todos los viales de acceso y circunvalación, los interiores y los de servicio, así como las dársenas de aparcamiento, se realizaron sobre solera de hormigón HA-30 de 20 centímetros de espesor reforzado con fibras de acero (HRFA), con una dosificación de fibras de 30 kg/m³ y acabado con fratasado mecánico mediante regla vibrante. Todo ello sobre explanada E-3, formada por 50 cm de suelo seleccionado S-3 (CBR > 20) y un relleno de bolos de 25 cm en toda la superficie, aproximadamente 75.000 m², para permitir el movimiento por expansividad de las arcillas del terreno, protegidos con geotextil y lámina de polietileno.



Formigons armats amb fibres metàl·liques: disseny, càlcul i aplicació



Aplicació: Paviment de Formigó armat amb fibres metàl·liques:

TUSSAM. NUEVAS OFICINAS, TALLERES Y APARCAMIENTOS PARA LA FLOTA. SEVILLA

La solución inicial de Proyecto especificaba una solera de hormigón HA-40 de 25 cm de espesor, armada con doble mallazo de acero corrugado B-500-S. Ello introducía el inconveniente de su puesta en obra, obligando a armar y hormigonar la solera simultáneamente, pues el camión hormigonera debía situarse sobre la calle que se iba a hormigonar.

Armando directamente la masa del hormigón con la adición de fibras metálicas (onduladas) se consiguió:

- ▲ Mayor facilidad de puesta en obra, aumentando la rapidez de ejecución.
- ▲ Mejora de la ductilidad y control de la fisuración, aumentando la durabilidad.
- ▲ Disminución del canto de la solera (de 25 a 20 cm).
- ▲ Disminución de la cuantía de acero.
- ▲ Aumento de la resistencia a flexotracción (de 3,2 N/mm² a 4,3 N/mm²).

Se vertían las fibras de acero en el camión hormigonera a una velocidad de unos 50 kg/min, hasta llegar a la dosificación especificada de 30 kg de fibras/m³ de hormigón, manteniendo la velocidad de giro del tambor de la hormigonera en su valor máximo posible durante todo el proceso, para evitar el apelotonamiento de las fibras en la masa del hormigón, y dejando transcurrir al menos 6 minutos desde el vertido completo hasta su puesta en obra. Se aseguraba con ello una correcta homogeneización y distribución de las fibras en el hormigón. Después de añadidas éstas y con el fin de asegurar una buena trabajabilidad del hormigón, se hacía necesario añadir también a la mezcla un superfluidificante.



Formigons armats amb fibres metàl·liques: disseny, càlcul i aplicació



Aplicació: Paviment de Formigó armat amb fibres metàl·liques:

TUSSAM. NUEVAS OFICINAS,
TALLERES Y APARCAMIENTOS
PARA LA FLOTA. SEVILLA


ArcelorMittal

Technical Data Sheet

Hooked-End Steel Fibres

HE 1/50

Dimensions		
Wire diameter d	1,00 mm	+0,04 mm
Fibre length L	50,0 mm	+3/+3 mm
Hook length l et l'	1 - 4 mm	
Hook depth h et h'	1,80 mm	+1/-0 mm
Bending angle α et α'	45°	min 30°
Aspect ratio L/d	50	
Camber of the fibre	max. 5% of L*	
Torsion angle of the fibre	< 30°	
Number of fibres per kg	3100	
Total fibre length per 10 kg	1575 m	

Material characteristics	
Tensile strength of drawn wire	1100 N/mm ²
Red wire C4D or C7D according to EN 10016-2	

Packaging

- Recyclable cardboard boxes
- Net weight / Box: 25 kg
- Boxes / Palette: 48
- Weight / Palette: 1200 kg
- The fibres are oriented in one direction
- Palettes are wrapped or welded in a plastic foil
- Available also from stock in Big Bags of 500 kg

Miscellaneous

The described fibre is in accordance with the following standards:

- EN 14888-1 type 1, cold-drawn wire
- ASTM A820/A820M-04 type I, cold-drawn wire

Data given in this leaflet are liable to change and are given without obligation. Edition: May 2006

ArcelorMittal Wire Solutions

S.P.16 - 47703 Rouen
Tel +352 83 57 72 1
Fax +352 83 56 38
www.arcelormittal.com



Tan pronto como el proceso de hidratación comenzaba, y antes de fratar y pulir la superficie, se añadía una mezcla de cuarzo y cemento sobre la misma, mejorando con ello la durabilidad de la solera (tratamiento superficial de la capa de rodadura).

Inmediatamente después de terminar la solera se comenzaba el tratamiento de curado rociándola con laca de curado *Bettocure P* 150 g/m² (especial para superficies de hormigón fresco expuestas a la intemperie), método que era mucho más práctico y, por lo general, más eficaz que el curado normal con agua. Se trata de una disolución de resinas sintéticas que forma una película para retrasar el secado del hormigón durante el proceso de endurecimiento, evitando así la aparición de fisuras tempranas por retracción, ahogado, etc.

Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació



Aplicació: Cobertes singulares de Formigó armat projectat amb fibres metàl·liques:

PARQUE OCEANOGRÁFICO. VALENCIA

CUBIERTAS PARABOLOIDES HIPERBÓLICOS

Se han ejecutado dos cubiertas de paraboloides hiperbólicos: una para el edificio del restaurante submarino, de ocho lóbulos con 12,75 m de altura, 2.112 m² de superficie en proyección horizontal y 6 cm de espesor de lámina; y otra para el edificio de acceso de tres lóbulos, 21,23 m de altura y 12 cm de espesor laminar.



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Cobertes singulares de Formigó armat projectat amb fibres metàl·liques:

**PARQUE
OCEANOGRÁFICO.
VALENCIA**



Restaurante Submarino.

La cubierta del restaurante submarino está compuesta por la intersección de cuatro paraboloides hiperbólicos distribuidos de manera radial. Un lóbulo queda limitado por sus intersecciones con los lóbulos adyacentes y por la intersección del paraboloide con un plano inclinado que forma un ángulo de $60,73^\circ$ con el plano horizontal. Esta intersección tiene forma parabólica y constituye el borde libre de la superficie de cada lóbulo. La distancia entre apoyos consecutivos es de 13,58 m; la luz de los arcos formados por los nervios, de 35,5 m; la altura en la clave, de 8,12 m; y la altura en el borde del voladizo, de 12,75 m..

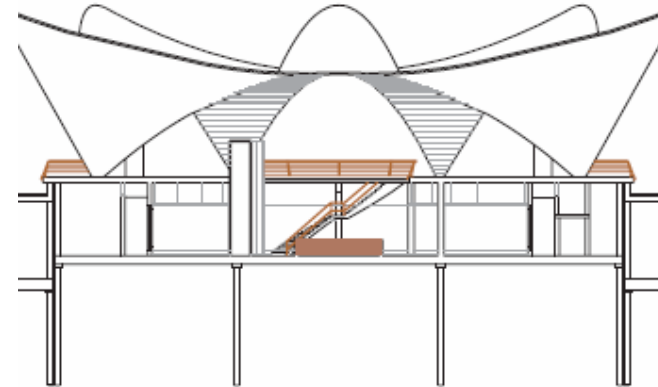


Aplicació: Cobertes singulares de Formigó armat projectat amb fibres metàl·liques:

**PARQUE
OCEANOGRÁFICO.
VALENCIA**

Edificio de Acceso.

La cubierta del edificio de Acceso, de mayor altura que el anterior, está formada por tres lóbulos. El intradós de la lámina lo conforman tres paraboloides hiperbólicos idénticos en el eje vertical girados 120° . Las intersecciones entre ellos constituyen los nervios interiores. El borde libre de cada lóbulo se configura intersecando con un plano inclinado $69,2^\circ$ respecto al plano horizontal y, por el vértice intersección de los tres paraboloides, pasan las generatrices horizontales, que forman entre ellas un ángulo de $82,12^\circ$. La distancia entre apoyos es de 29,28 m.

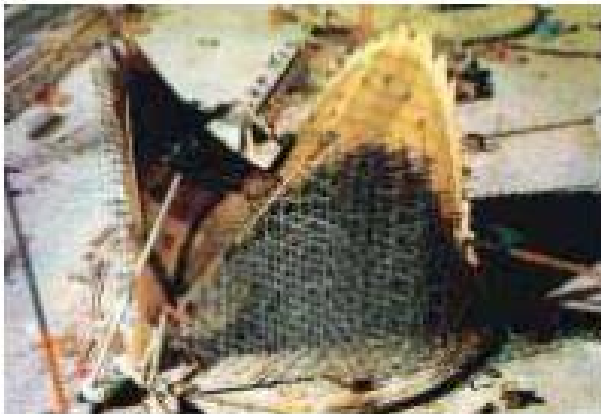


Aplicació: Cobertes singulares de Formigó armat projectat amb fibres metàl·liques:

Proceso de ejecución.

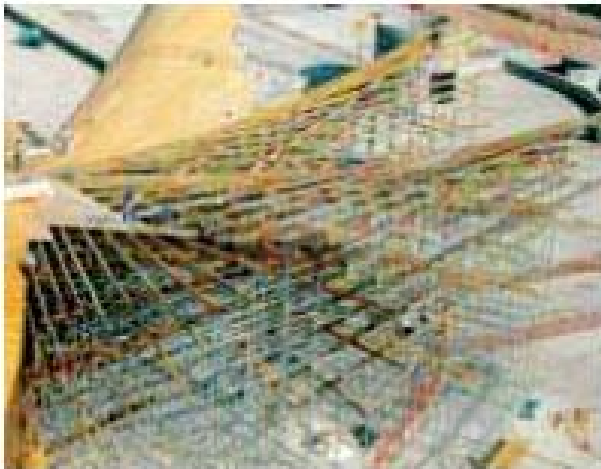
**PARQUE
OCEANOGRÁFICO.
VALENCIA**

El paraboloide hiperbólico es una superficie reglada (puede generarse mediante el movimiento de una recta, denominada por ello generatriz), lo cual proporciona la gran ventaja de poder encofrar la superficie, alabeada, con tablas rectas, colocándolas según la dirección de una de las familias de generatrices porque, de hecho, es una superficie doblemente reglada.



Hormigonado

Para evitar problemas de puesta en obra del hormigón éste se realizó proyectado (gunita). Un hormigonado normal de la lámina hubiera sido imposible en las zonas de más pendiente, ya que no se conseguiría compactarlo, lo que llevaría a la aparición de coqueras y, en algunas zonas, a la obligación de tener que encofrar por las dos caras, lo que hubiera resultado más complicado y muy costoso. Se realizaron ensayos previos, tanto del funcionamiento de los equipos como de los materiales a emplear, para determinar la composición más idónea y la calidad del equipo a utilizar. El tamaño máximo de árido a emplear en el gunitado fue de 10 mm.



Aplicació: Cobertes singulares de Formigó armat projectat amb fibres metàl·liques:

**PARQUE
OCEANOGRÁFICO.
VALENCIA**



De los tres procedimientos actuales existentes en cuanto al sistema de gunitado -mezclas seca, húmeda o semihúmeda - se llevó a cabo el de mezcla seca, por creerlo el más apropiado en este caso: se mezclaba el cemento con los áridos hasta conseguir una masa homogénea -y con las fibras dramix después, en el caso de la cubierta de ocho lóbulos-, introduciéndola posteriormente en el alimentador; por medio del distribuidor pasaba a una manguera donde se la transportaba mediante aire a presión hasta la boquilla de salida, donde finalmente se mezclaba con agua pulverizada a presión -la boquilla va equipada con un distribuidor múltiple perforado- antes de salir «proyectada» hacia su destino.



Aplicació: Cobertes singulares de Formigó armat projectat amb fibres metàl·liques:

PARQUE OCEANOGRÁFICO. VALENCIA

Para la de ocho lóbulos: en la primera jornada se hormigonaron los nervios y la parte central, con lo que se crearon las juntas de hormigonado, a 50 cm del eje del nervio. Seguidamente se hormigonó un lóbulo cada día. En los nervios, donde el espesor del hormigón era considerable, se echaba una primera capa de gunita y después hormigón bombeado, pues era factible. Para la cubierta de tres lóbulos, en la zona de nervios, después de la primera capa de gunita se echaba una segunda capa también de gunita.

En el caso de la cubierta de ocho lóbulos, la cantidad de fibra dramix que había que colocar, 50 kg/m³, su manipulación y su transporte, resultaban muy difíciles para la maquinaria y también para la mano de obra. No menos dificultoso era el proceso de homogeneización de la masa durante el amasado, evitando en todo momento «apelotonamientos» de las fibras.



En cuanto al gunitado, había que tener mucho cuidado en la introducción del material tras la malla metálica en las zonas de transición entre nervios y lámina, donde el mallazo era doble. El curado en este tipo de estructuras es importantísimo, ya que para la durabilidad de la cubierta es vital que no aparezcan fisuras de retracción. Se estimó que el tiempo de curado era de cinco días. Para garantizarlo, y dadas las pendientes de las cubiertas, se hizo utilizando aspersores que batieran toda su superficie, colocando además arpilleras en las zonas más expuestas. El descimbrado de los lóbulos se realizó después de veintiocho días -en el caso de la cubierta de ocho lóbulos, descimbrando lóbulos opuestos- dejando apeados los nervios. Una vez descimbrados aquéllos se hizo lo propio con los nervios, desde apoyos hasta la clave.

Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació



Aplicació: Pous per a les Estacions de Línia 9 de Formigó armat amb fibres metàl·liques:

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ANILLOS DE LOS POZOS DE ESTACIÓN DE LA LÍNEA 9 DEL METRO DE BARCELONA

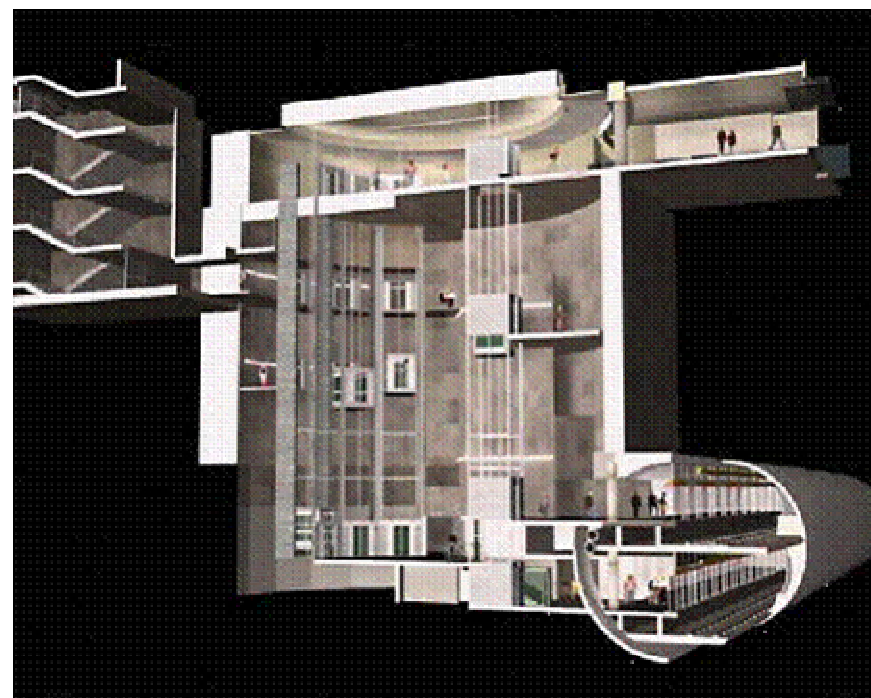


LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE ESTRUCTURAS
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



Aplicació: Pous per a les Estacions de Línia 9 de Formigó armat amb fibres metàl·liques:

CONCLUSIONES

à tensiones de compresión en anillos por deformaciones de retracción o empujes de terrenos heterogéneos son totalmente aceptables, siendo la máxima de 13 MPa.

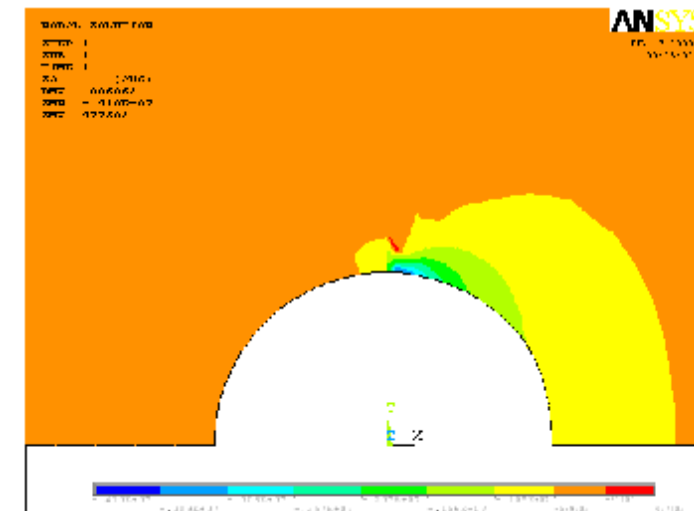
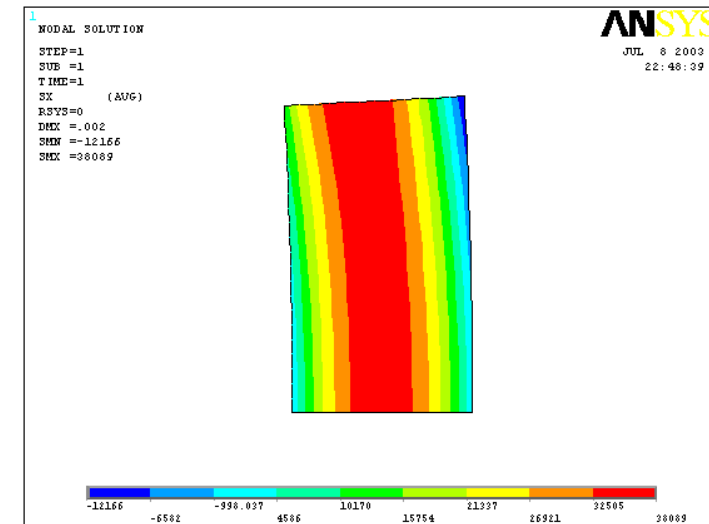
à tensiones de tracción aceptables en empuje de terrenos heterogéneos . Valor máximo es de 1,54 MPa

à tensión de tracción máxima justo en el límite de la fisuración y, de producirse, será controlada por las fibras y, a su vez, cerrada por empuje de tierras que produce compresiones importantes en dirección circunferencial.

à utilización de un aditivo reductor de la retracción en la dosificación del hormigón.

à la cuantía de fibras debería proporcionar una resistencia equivalente $f_{f,150}$ superior a los 3 MPa. Por tanto, la cuantía de la fibra si nos atenemos a los ensayos realizados para las dovelas, esta en el orden de 30 kg/m³.

à Por tanto, a partir de los análisis realizados y teniendo en cuenta el control que debe realizarse de la retracción que sufra el hormigón, puede afirmarse que los anillos ejecutados con hormigón con fibras de acero pueden satisfacer todos los requerimientos estructurales tanto en ELU como en ELS.



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



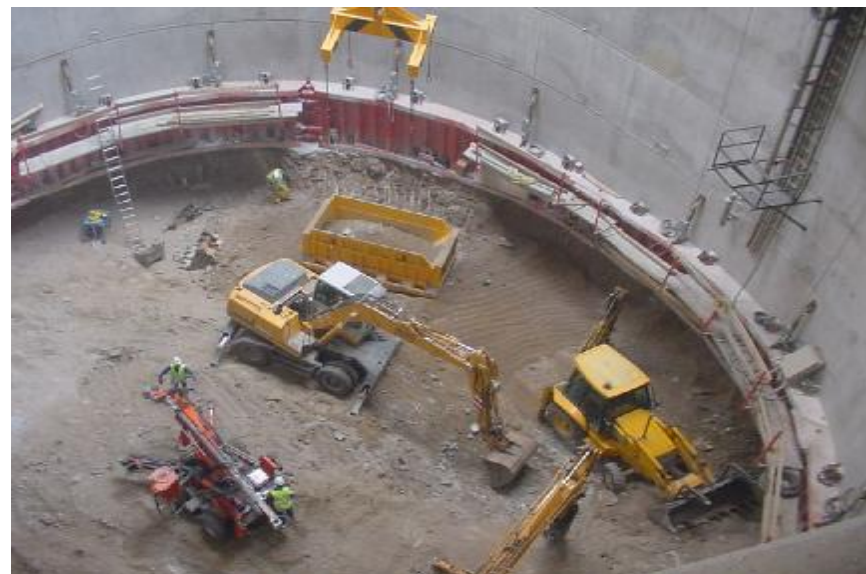
Aplicació: Pous per a les Estacions de Línia 9 de Formigó armat amb fibres metàl·liques:



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Pous per a les Estacions de Línia 9 de Formigó armat amb fibres metàl·liques:



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Pous per a les Estacions de Línia 9 de Formigó armat amb fibres metàl·liques:



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Paviment Industrial de Formigó armat amb fibres metàl·liques:



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Paviment Industrial de Formigó armat amb fibres metàl·liques:



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**

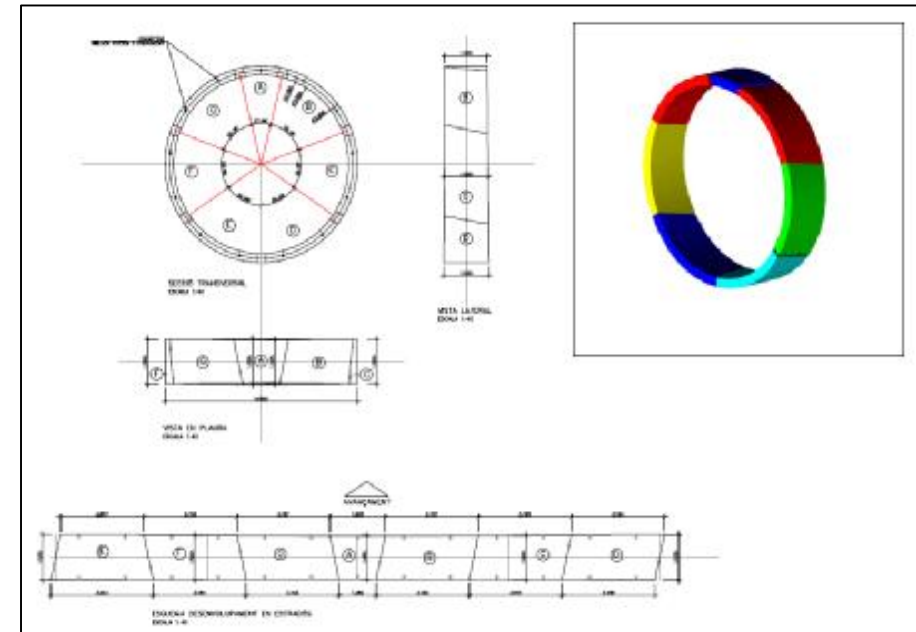


Aplicació: Paviment Industrial de Formigó armat amb fibres metàl·liques:



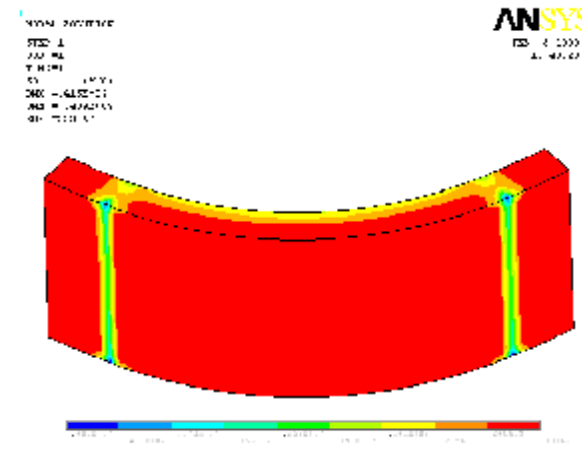
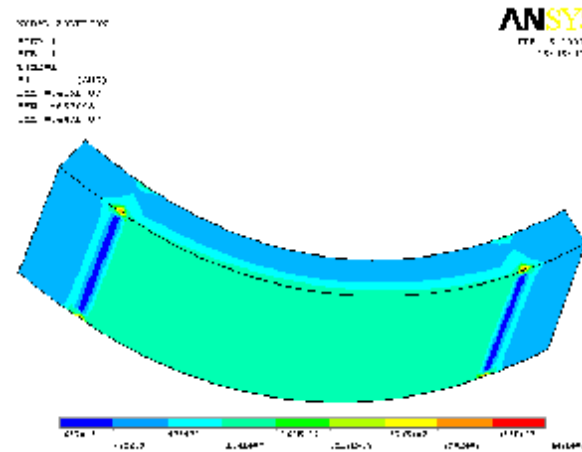
Aplicació: Estudi de substitució total d'armat per fibres metàl.liques en dovelas

UTILIZACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS RESISTENTES EN DOVELAS DE TUNELADORA

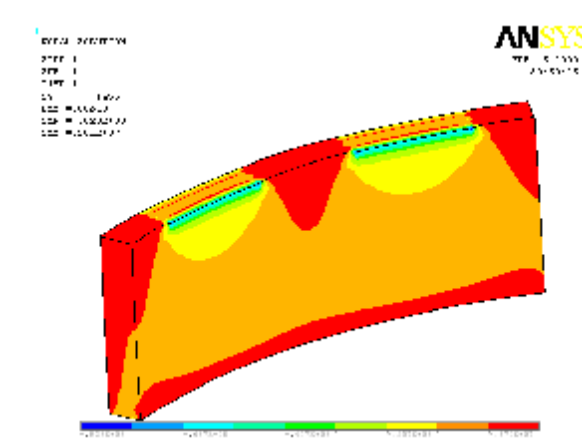
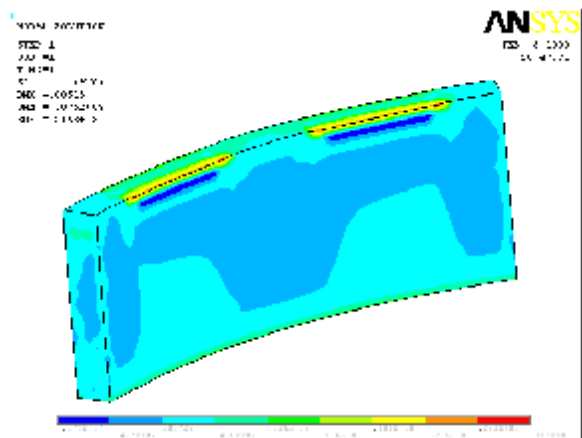


Aplicació: Estudi de substitució total d'armat per fibres metàl.liques en dovelas

**Tensiones
Principales à
Fase de Acopio**



**Tensiones por
Empuje de à
Tuneladora**



Fase I – Estudi Teóric Experimental

Aplicació: Estudi de substitució total d'armat per fibres metàl.liques en dovelas

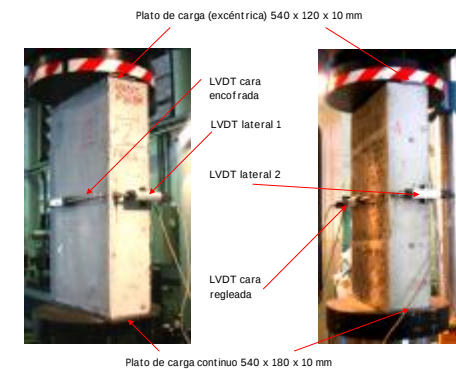
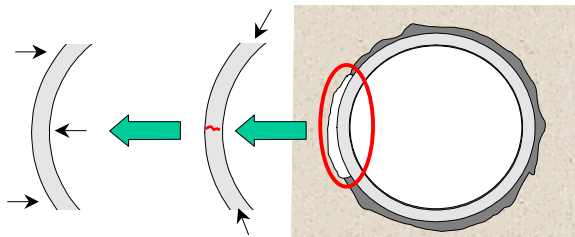
Influencia de la Dosificació de Fibras en la Resistencia a Compresión

Cantidad (Kg./m ³)	γ_f (kg/m ³)	f_c -7 días (MPa)	f_c -28 días (MPa)
30	2390	44,9 ($\pm 0,6\%$)	51,4 ($\pm 1,6\%$)
45	2390	48,5 ($\pm 3,1\%$)	56,0 ($\pm 1,1\%$)
60	2400	51,0 ($\pm 1,6\%$)	56,1 ($\pm 0,9\%$)

Influencia de la Dosificación de Fibras en la Resistencia a Flexo-Tracción

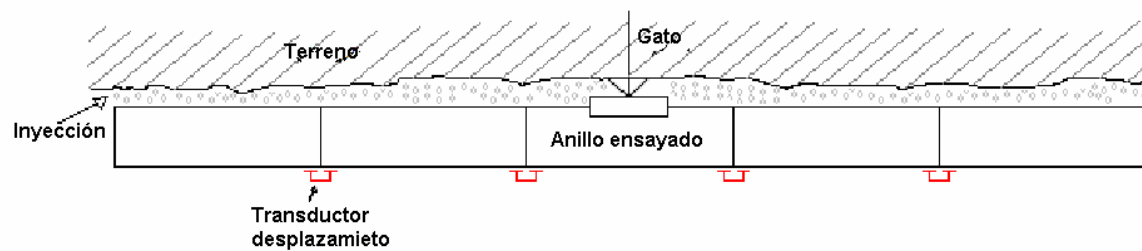
Edad	Cantidad (Kg./m ³)	f_r (MPa)	$f_{r,300}$ (MPa)
7 días	30	5,79 ($\pm 4\%$)	3,39 ($\pm 14\%$)
	45	5,47 ($\pm 3\%$)	4,38 ($\pm 9\%$)
	60	6,07 ($\pm 11\%$)	4,47 ($\pm 20\%$)
28 días	30	6,59 ($\pm 9\%$)	3,72 ($\pm 23\%$)
	45	7,08 ($\pm 5\%$)	4,78 ($\pm 9\%$)
	60	7,18 ($\pm 1\%$)	6,09 ($\pm 9\%$)

MACCAFERRI



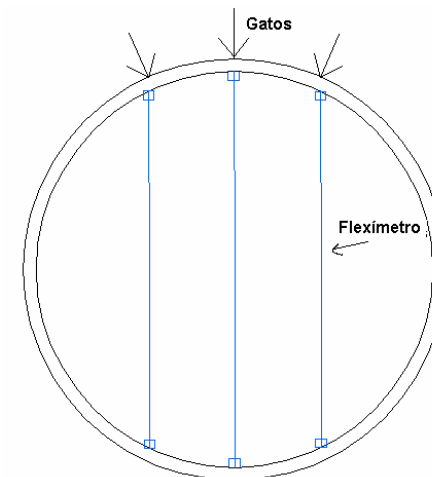
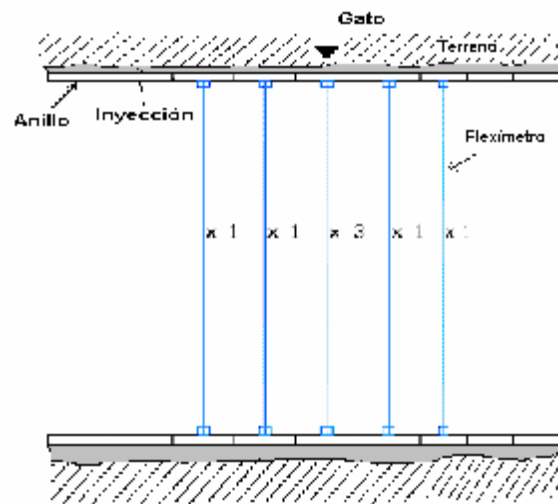
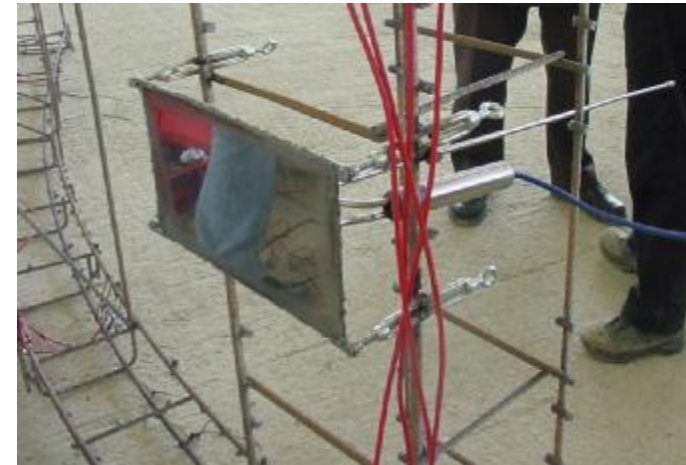
Fase I – Estudi Teóric Experimental

Aplicació: Estudi de substitució total d'armat per fibres metàl.liques en dovelas



Fase II – Instrumentació Anell Línia 9

Aplicació: Estudi de substitució total d'armat per fibres metàl·liques en dovelas



Fase II – Instrumentació Anell Línia 9

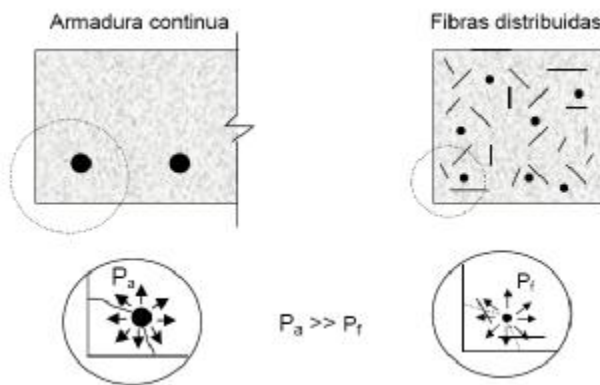
Aplicació: Estudi de substitució total d'armat per fibres metàl·liques en dovelas



Fisura aislada en una dovela convencional debido a efectos locales.

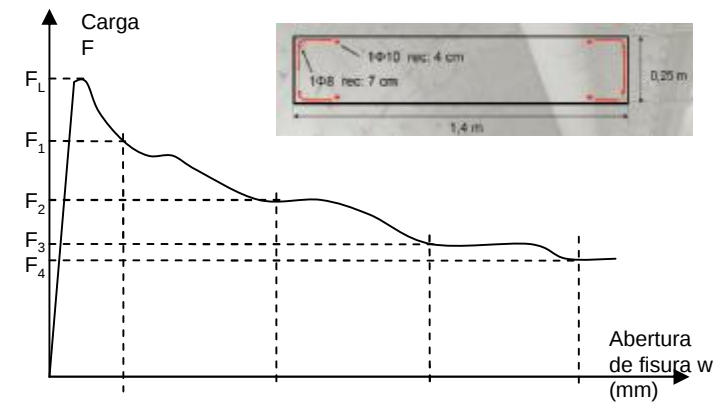


Roturas y reparaciones de esquinas, especialmente en anillos armados



**Aplicación del Anejo
14 Instrucción
Hormigón Estructural
EHE 2008 à**

**Esquema de presiones y
posibles fisuras fruto
de la oxidación**



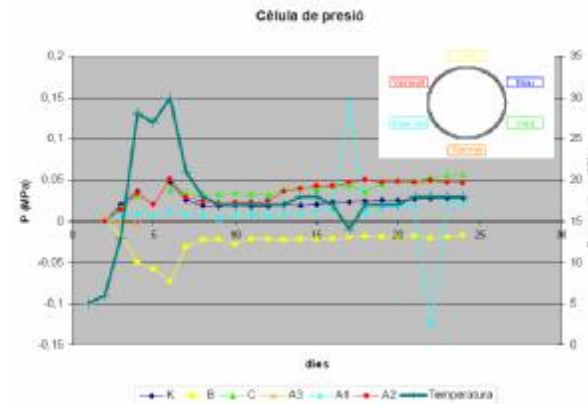
Fase II – Instrumentació Anell Conducció Sant Just Aigües Ter Llobregat

Aplicació: Estudi de substitució total d'armat per fibres metàl·liques en dovelas

Prueba Piloto Conducción Font Santa-Trinitat (UTE Túnel Sant Just). Dos anillos convencionales y uno con fibras



Instrumentación Convencional



Instrumentación Dovela HRFA.

Resultados de las células de presión en las diferentes dovelas del anillo de prueba

PRUEBA PILOTO

- à Comportamiento del anillo con fibras es equivalente al del anillo convencional con armaduras.
- à Número de fisuras y otros defectos en el tramo de dovelas con hormigón con fibras es menor que la solución convencional
- à La dovelas de hormigón con fibras aporta ventajas de durabilidad, y punto de vista económico (costes iniciales y menores costes de mantenimiento por menor fisuración)

Fase II – Instrumentació Anell Conducció Sant Just Aigües Ter Llobregat

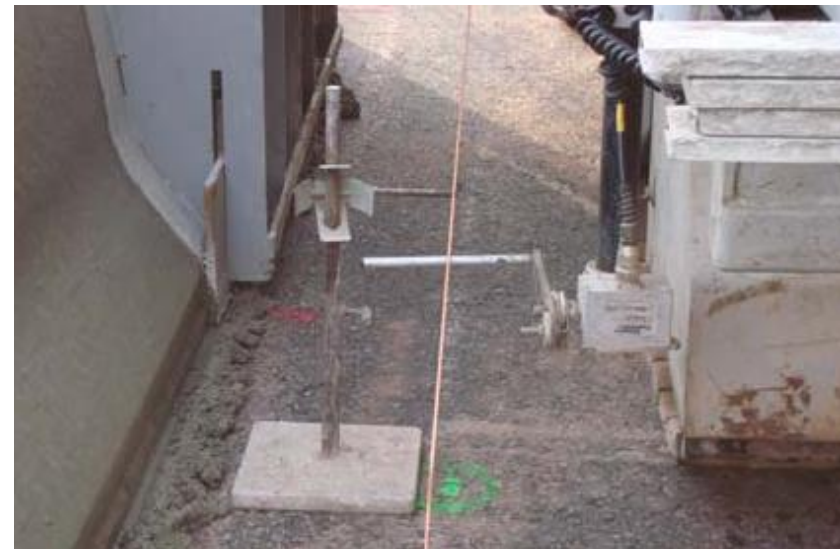
Aplicació: Tram de Prova d'elements continus de formigó armats amb fibres metàl·liques



Slipforming monolithic profiles is usually more economically efficient than using pre-fabricated parts. Our slipform pavers offer a broad repertoire of different concrete slipforms.



Aplicació: Tram de Prova d'elements continus de formigó armats amb fibres metàl·liques



Aplicació: Tram de Prova d'elements continus de formigó armats amb fibres metàl·liques



Aplicació: Tram de Prova d'elements continus de formigó armats amb fibres metàl·liques



Dosificación Propuesta 0 Hormigón de referencia	
Grava 20/25	850 Kg
Gravilla 6/12	200 Kg
Arena 0/3	900 Kg
Cemento 42,5	350 Kg
Aireante (Bettor)	0.75 l/m ³
Plastificante	2 l/m ³
Agua	114litros

Aplicació: Tram de Prova d'elements continus de formigó armats amb fibres



Dosificació Propuesta 1 Hormigón con filler	
Grava 20/25	850 Kg
Gravilla 6/12	200 Kg
Arena 0/3	900 Kg
Cemento 42,5	300 Kg
Aireante (Bettor)	0.75 l/m ³
Plastificante	2 l/m ³
Grava 20/25	114 litros
Filler	50 Kg

Dosificació Propuesta 2 HRFP	
Grava 20/25	850 Kg
Gravilla 6/12	200 Kg
Arena 0/3	900 Kg
Cemento 42,5	350 Kg
Aireante (Bettor)	0.75 l/m ³
Plastificante	2 l/m ³
Agua	114 litros
Fibras Polipropileno	600g/m ³

Dosificació Propuesta 3 HRFA	
Grava 20/25	830Kg
Gravilla 6/12	200 Kg
Arena 0/3	900 Kg
Cemento 42,5	350 Kg
Aireante (Bettor)	0.75 l/m ³
Plastificante	2 l/m ³
Agua	114 litros
Fibras Metálicas	15 Kg/m ³

Aplicació: Tram de Prova d'elements continus de formigó armats amb fibres



Aplicació: Tram de Prova d'elements continus de formigó armats amb fibres metàl·liques

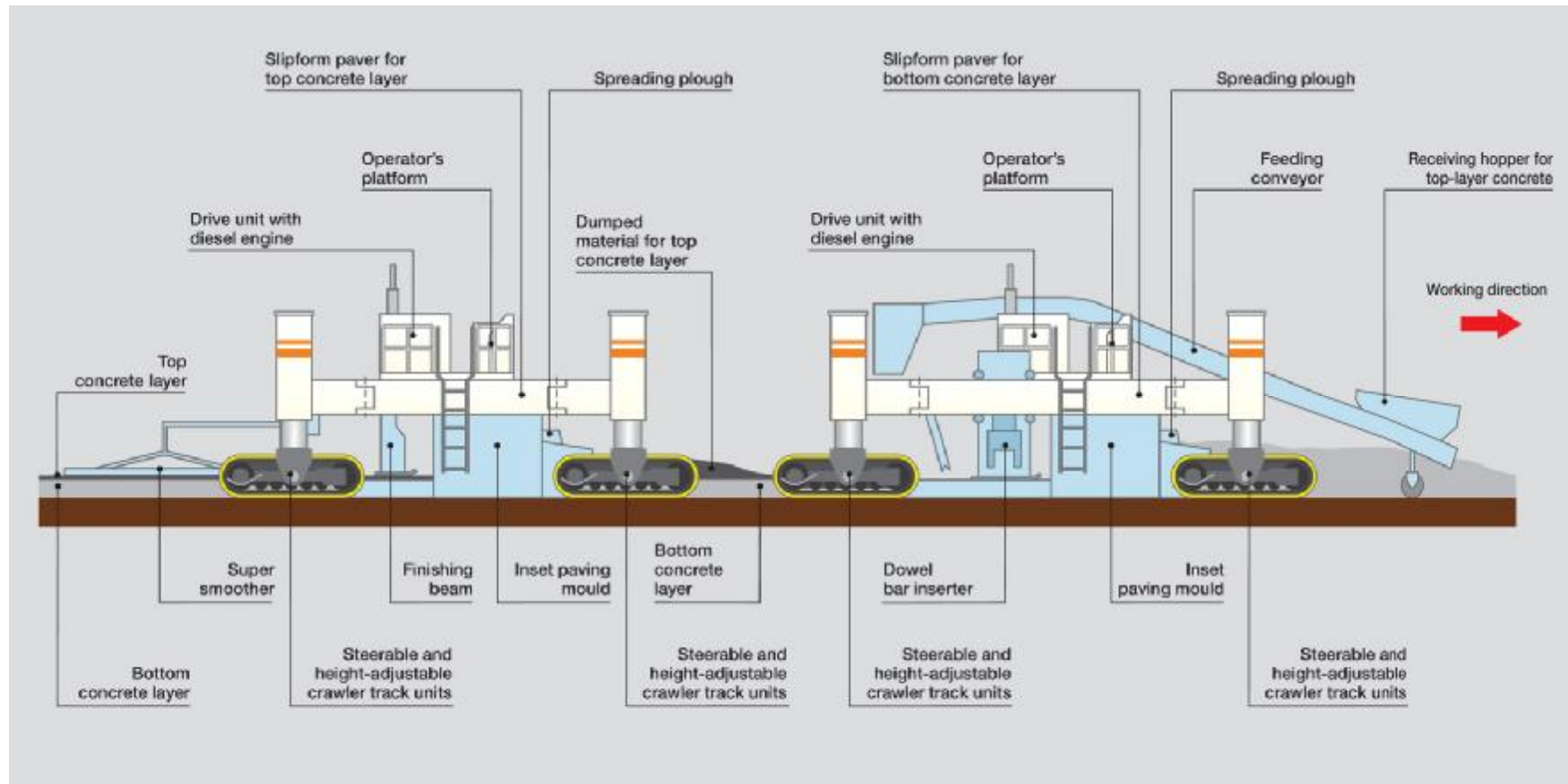
Referencia	Cono (cm)	Roturas (kp/cm ²)	Resistencia media a 7 dias (kp/cm ²)	Resistencia media a 28 dias (kp/cm ²)
H0	2,0	7(299,300) 28(,,)	299	423
H FILLER	2,0	7(304,307)	305	401
HRFP	2,0	7(254,259)	256	365
HRFA	2,0	7(299,301)	300	426



Aplicació: Tram de Prova d'elements continus de formigó armats amb fibres metàl·liques

- Hormigón de referencia (HR), hormigón con filler (HF), hormigón reforzado con fibras plásticas (HRFP) y hormigón reforzado con fibras de acero (HRFA) à comportamiento en ejecución muy similar
- HFP tiene la misma dosificación del HR pero con una adición de fibras de polipropileno que reduce la fisuración por retracción, hecho que se ha producido pues no se observan fisuras en dicho tramo, al contrario que en los casos de HR y HF.
- HRFA comportamiento muy similar al HRFP. Ha controlado de forma eficaz la apertura de fisuras debidas a retracción sin mejorar el comportamiento a impacto respecto al HR. Sin embargo, sí se ha comportado mejor a impacto que el HRFP.

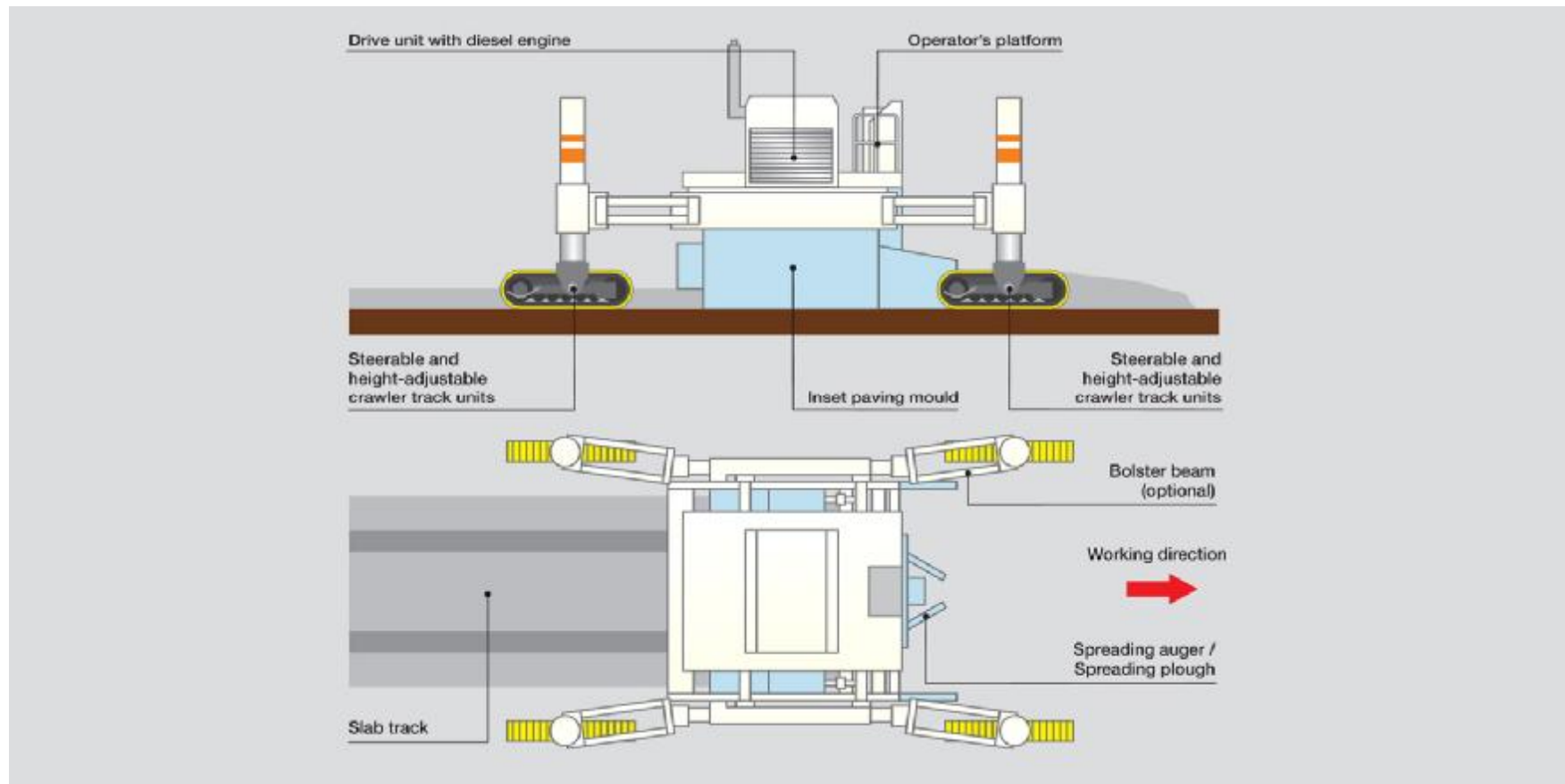
Aplicació: Estudi de Paviments Bicapa de Formigó



Aplicació: Estudi de Paviments Bicapa de Formigó



Aplicació: Estudi de Via en Placa de Formigó



Aplicació: Estudi de Via en Placa de Formigó



The slipform paver produces a concrete slab with a highly accurate cross-section. The “slab track” serves as a stable foundation, for example, for high-speed trains.



Aplicació: Estudi de Via en Placa de Formigó



Wireless Geo-Systems are part of today's standard and achieve accuracies to a few millimeters – necessary for tunnel constructions or bullet train's slab tracks



Aplicació: Tram de Proba de Formigó Projectat armat amb fibres metàl·liques/polimèriques:

Túnel de Bracons



Aplicació: Tram de Proba de Formigó Projectat armat amb fibres metàl·liques/polimèriques:

- Cemento Tipo I-52,5 R 450 kg/m³
- Arena 0/3 160 kg/m³
- Arena 0/5 1190 kg/m³
- Gravilla 5/10 370 kg/m³
- Superfluidificante Glenium T 802 1,26% spc
- Nanosílíce Meyco MS 685 1,00% spc
- Relación a/c 0,42

Como acelerante del fraguado se ha utilizado Delvocrete Activador S-52.

SERIE	FIBRA	CONTENIDO (Kg/m ³)
HP-1	F. Acero	25
HP-2	F. Polimérica I	3,7
HP-3	F. Polimérica II	4,6
HP-4	F. Polimérica III	3,3

Aplicació: Tram de Proba de Formigó Projectat armat amb fibres metàl·liques/polimèriques:

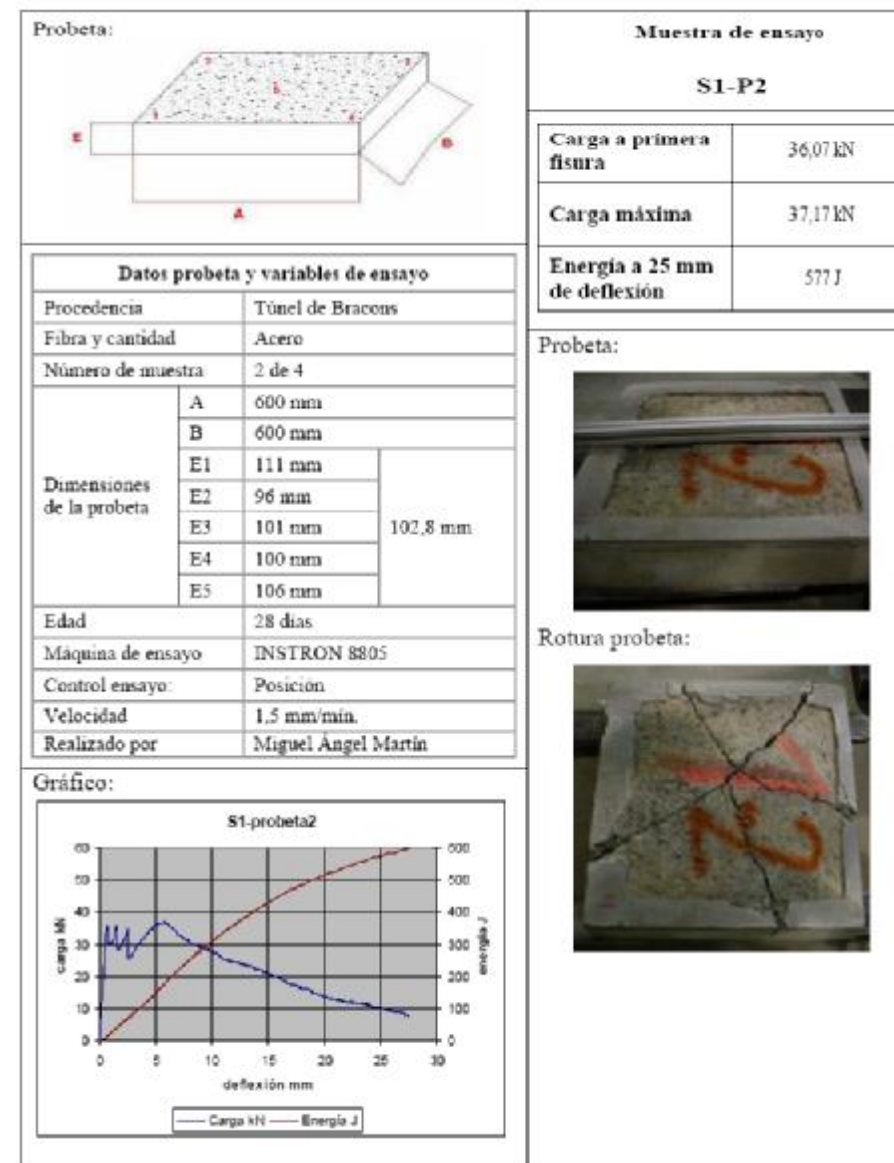
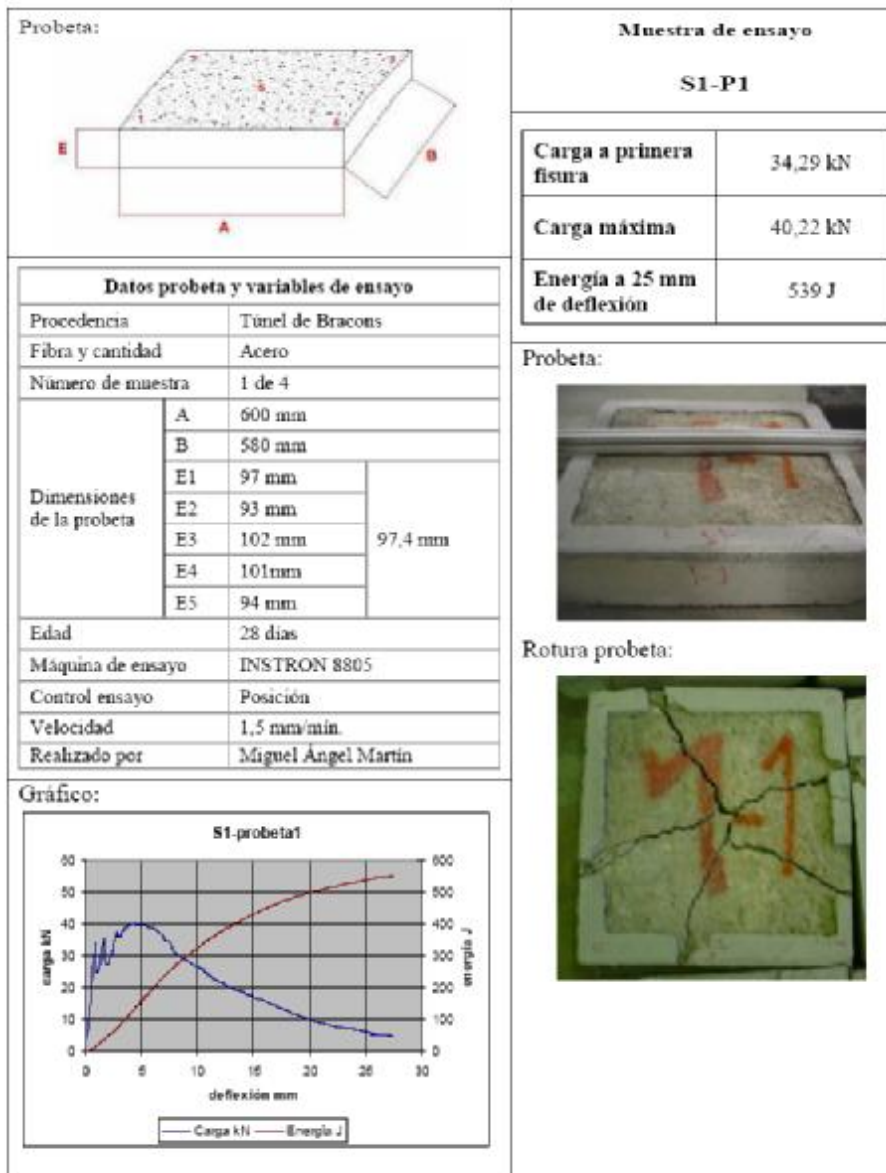
TIPO FIBRA	f_{cm} (MPa)	E_c (MPa)	f_{ct} (MPa)
F. Acero	27,36 (13,1 %)	27.497 (5,6 %)	5,52 (6,6 %)
F. Polimérica I	24,67 (7,4 %)	20.002 (2,9 %)	4,61 (8,4 %)
F. Polimérica II	27,17 (2,8 %)	20.183 (3,8 %)	4,56 (10,9 %)
F. Polimérica III	31,56 (11,3 %)	24.891 (3,7 %)	5,56 (4,6 %)

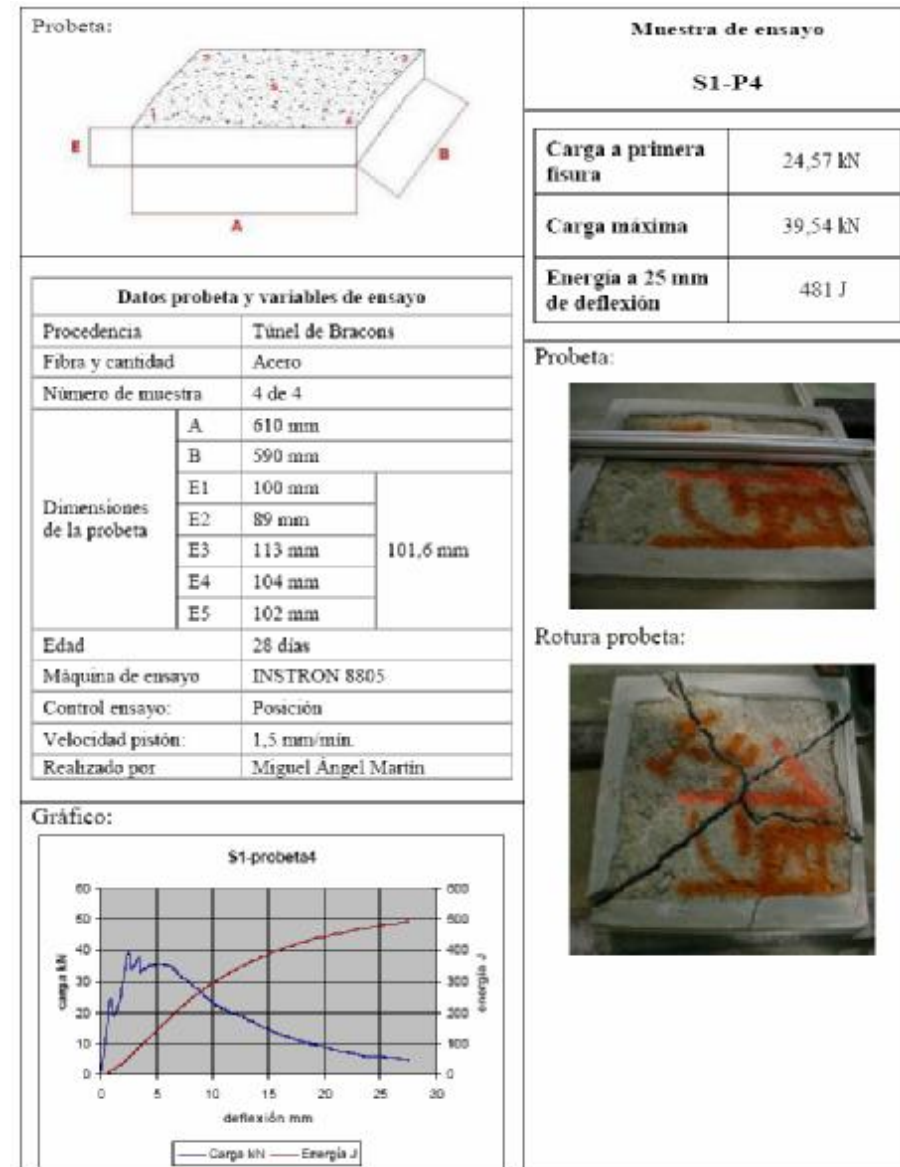
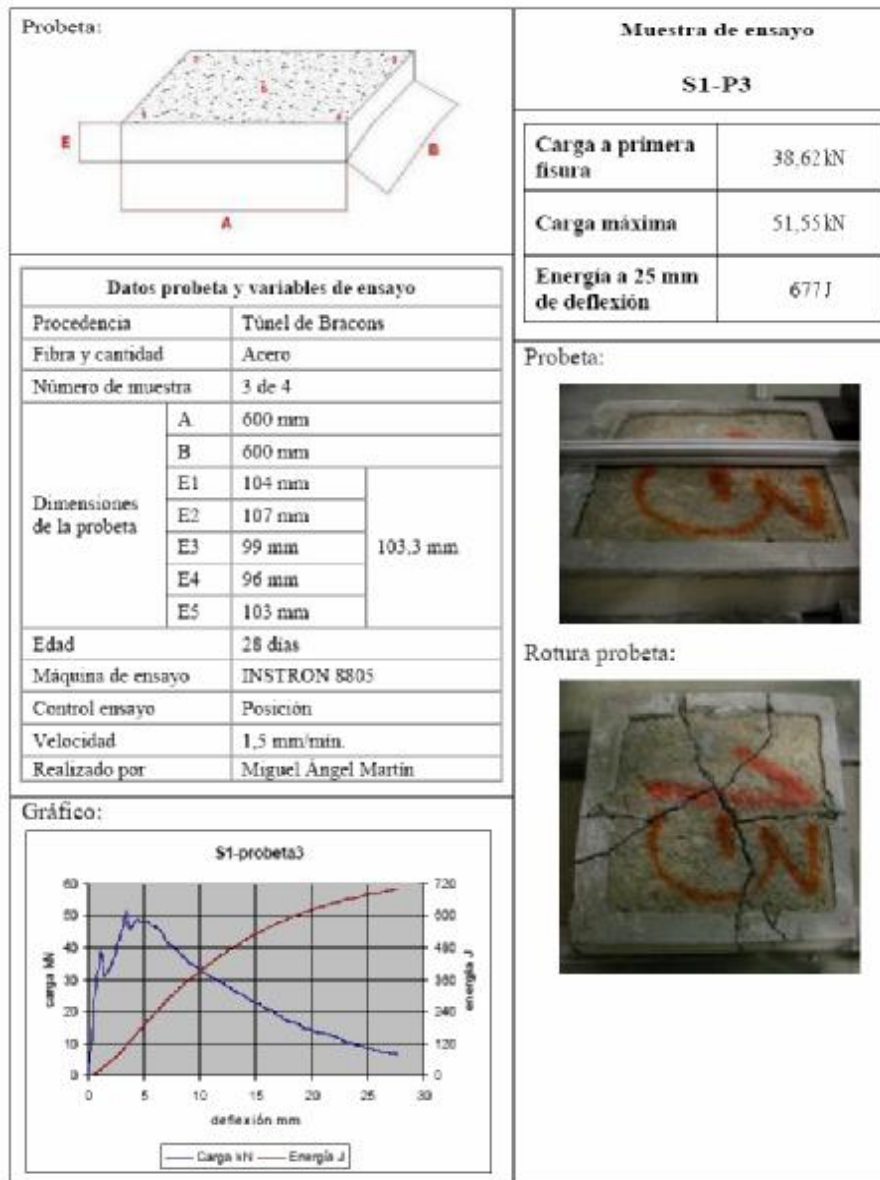
TIPO FIBRA	f_{cm} (MPa)	E_c (MPa)	f_{ct} (MPa)	CPF (KN)	Cmáx (KN)	E (J)
F. Acero	27,36	27.497	5,52	33	42	568
	13,1 %	5,6 %	6,6 %	18,3 %	15,2 %	14,5 %
F. Polimérica I	24,67	20.002	4,61	29	36	458
	7,4 %	2,9 %	8,4 %	21,0 %	12,1 %	10,5 %
F. Polimérica II	27,17	20.183	4,56	28	38	455
	2,8 %	3,8 %	10,9 %	14,8 %	11,0 %	17,1 %
F. Polimérica III	31,56	24.891	5,56	27	30	311
	11,3 %	3,7 %	4,6 %	13,4 %	15,8 %	10,5 %

Aplicació: Tram de Proba de Formigó Projectat armat amb fibres metàl·liques/polimèriques:



TIPO FIBRA	PLACA	CPF (KN)	Cmáx (KN)	E (J)
TREFILARBED (T)				
Acero	S1-P1	34,29	40,22	539
Acero	S1-P2	36,07	37,17	577
Acero	S1-P3	38,62	51,55	677
Acero	S1-P4	24,57	39,54	481
Valores medios		33 (KN)	42 (KN)	568 J
FORTA (F)				
Polimérico I	S2-P1	26,31	30,56	426
Polimérico I	S2-P2	24,13	34,55	439
Polimérico I	S2-P3	37,59	37,59	530
Polimérico I	S2-P4	26,75	40,74	439
Valores medios		29 (KN)	36 (KN)	458 J
GRACE (G)				
Polimérico II	S3-P1	23,07	38,46	380
Polimérico II	S3-P2	30,68	39,10	437
Polimérico II	S3-P3	27,42	33,06	440
Polimérico II	S3-P4	32,78	43,49	565
Valores medios		28 (KN)	38 (KN)	455 J
DEGUSSA (D)				
Polimérico III	S4-P1	29,46	32,85	354
Polimérico III	S4-P2	24,37	24,37	303
Polimérico III	S4-P3	24,87	26,88	275
Polimérico III	S4-P4	32,05	34,17	315
Valores medios		27 (KN)	30 (KN)	311 J





Aplicació: Paviment de Formigó amb fibres polimèriques NO ESTRUCTURALS

Aparcament Urbà a Terrassa

Substitució de mallazo de retracció per Fibres Polimèriques



Alta resistencia química frente a ácidos y sales.

Estabilidad en el medio alcalino del cemento.

Peso reducido y facilidad de uso.

Alta resistencia a tracción y bajos módulos de elasticidad.

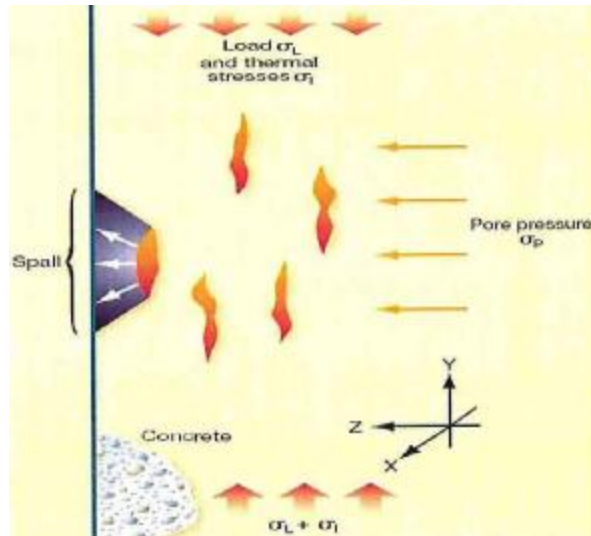
Refuerzan tridimensionalmente la estructura.

No se oxidan, no se pudren ni son tóxicas.

ESPECIFICACIONES

Peso específico	0.915 g/cm ³
Longitud	19 mm
Punto de fusión	160°C - 170 °C
Punto de inflamación	590 °C
Registro de ductilidad	Bajo
Conductividad eléctrica	Baja
Resistencia a los ácidos y sales	Alta
Resistencia a la tracción	0.26 - 0.77 KN/mm ²
Coefficiente de elasticidad (Módulo de Young)	2,1 - 3.5 KN/mm ²
Resistencia a los álcalis y agentes químicos	Buena

Aplicació: Paviment de Formigó amb fibres polimèriques NO ESTRUCTURALS

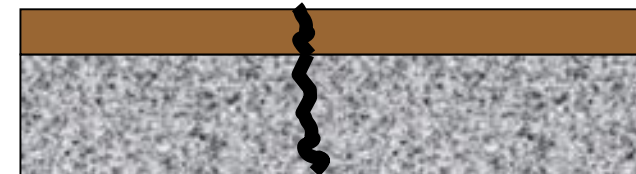


Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:

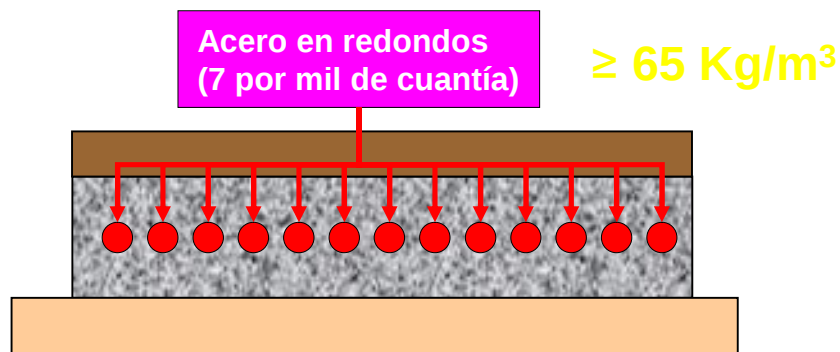
EXIGENCIAS DEL HORMIGÓN

- El hormigón debe ser de retracción controlada, para evitar la reflexión de fisura en superficie el pavimento:

- Pequeña separación de fisura
- Pequeña abertura de fisura



- De esta manera, la capa de hormigón debe ser de hormigón continuo sin juntas.
- La solución tradicional consiste en utilizar un hormigón armado continuo. En este tipo de material la armadura controla la fisuración



Fisuras de retracción :

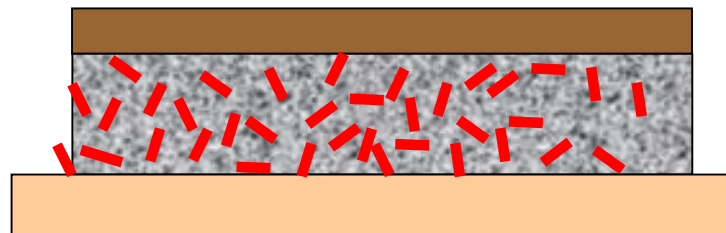
- Abertura ≤ 1 mm.
- Separación $\leq 1,5$ m.

Aplicació: Form Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:

FIRMES POLIFUNCIONALES ALTERNATIVOS

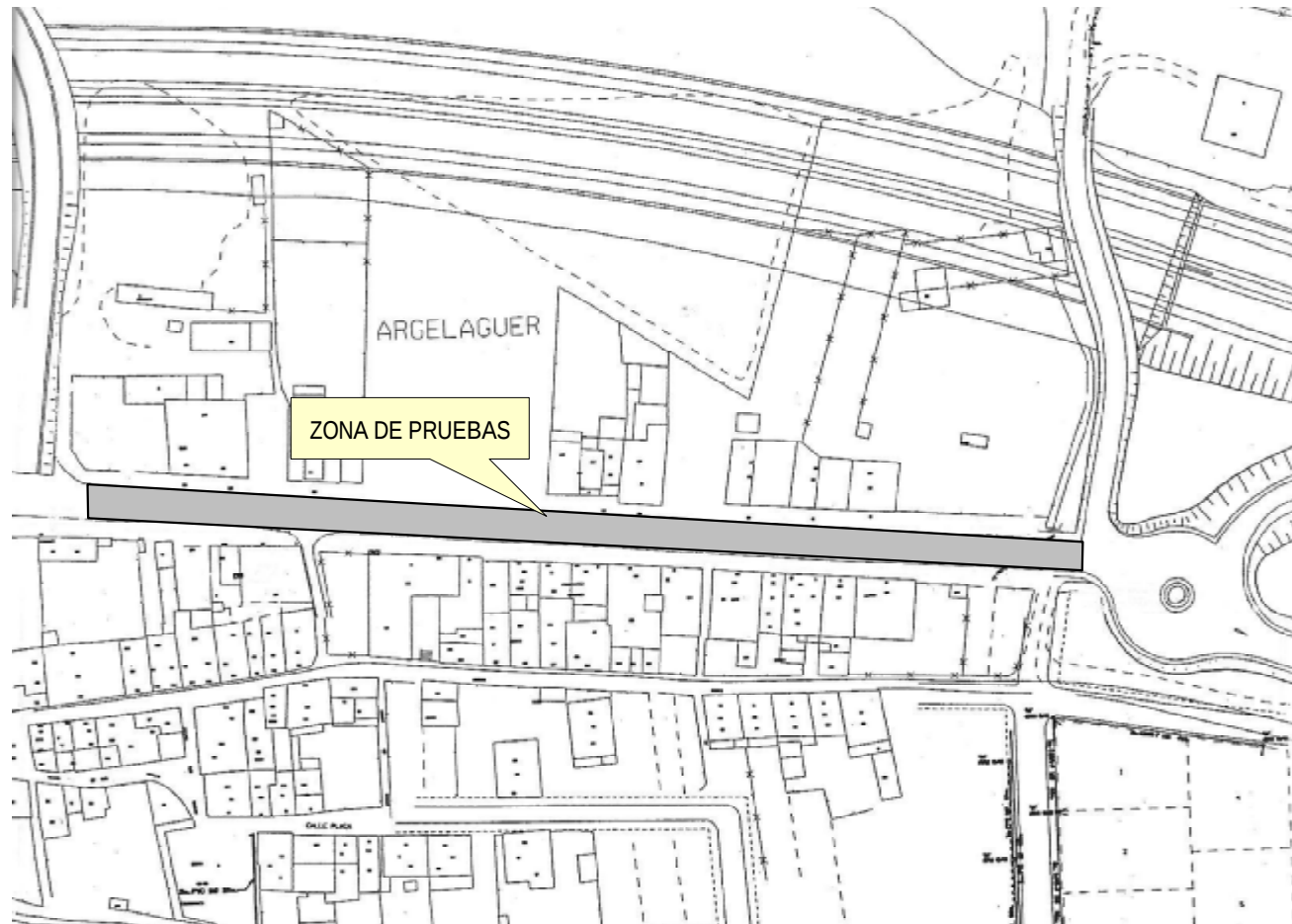
Empleo de hormigones con fibras metálicas

- Se espera que la fibra adicionada al hormigón controle la fisuración
- Hay experiencias de soleras continuas realizadas con hormigones adicionados con fibras.
- No existen experiencias en carreteras



Hormigón con fibras

Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:

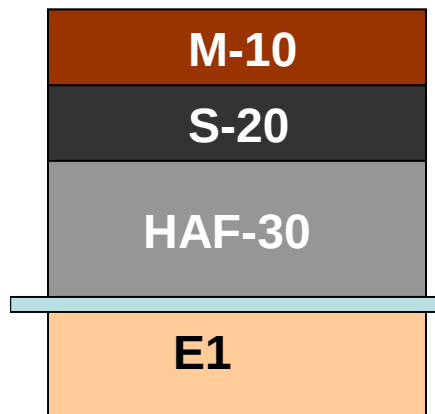


La Travesía Urbana de Argelaguer consiste en un vial de 12 metros de ancho por 350 m. de longitud

Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:

Firme alternativo

Firme polifuncional



- 3 cm de mezcla asfáltica discontinua tipo M-10
- 7 cm. de Mezcla asfáltica en caliente tipo S-12,
- 25 cm. de hormigón HAF-30 con 30 Kg/m³ de fibras metálicas.
- Geotextil
- Explanada E1

Se disponen juntas JRI+, en vez de cortar con diamante

Aplicació: Form Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:

Diseño de la fórmula de trabajo

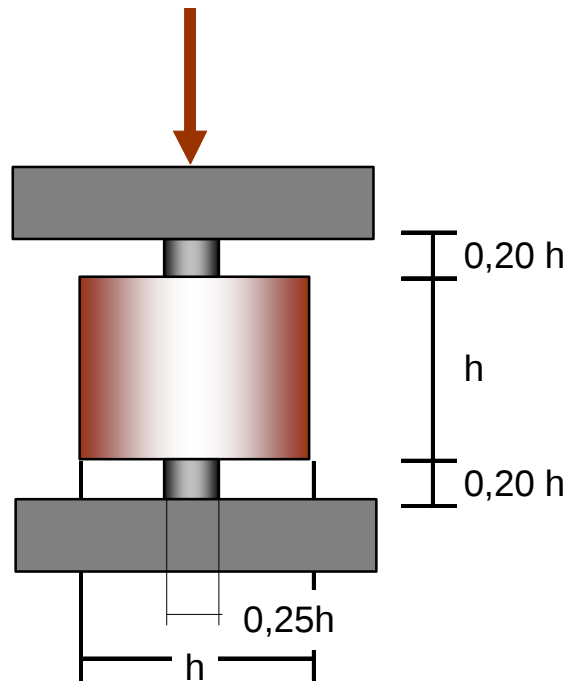
HM-25

- 780 Kg de grava 10/20
- 175 Kg de gravilla 6/10
- 950 Kg de arena 0/5
- 325 Kg de cemento
- ≈150 l de agua
- 2 l. de aditivo plastificante

30 kg de fibra HE 0,75/50

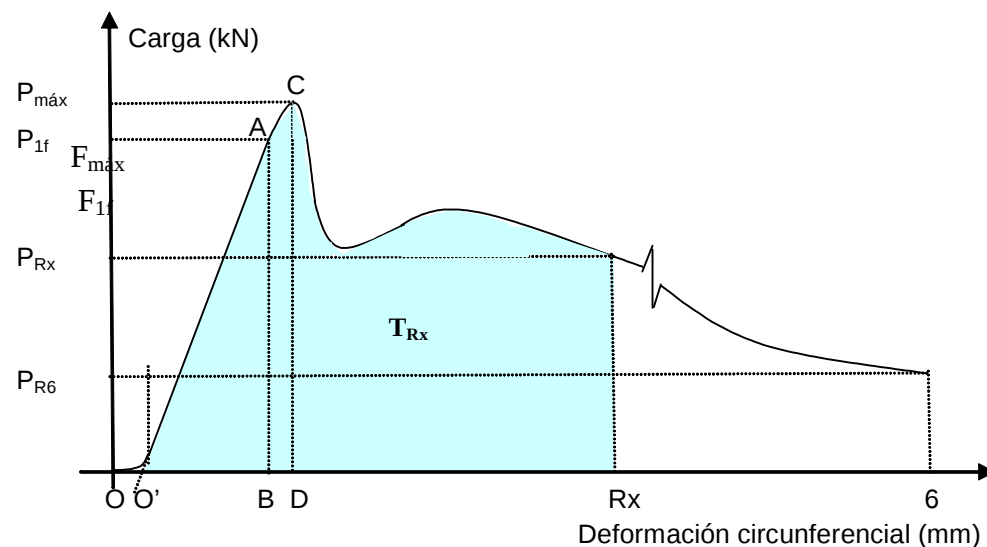
Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:

ENSAYO BARCELONA



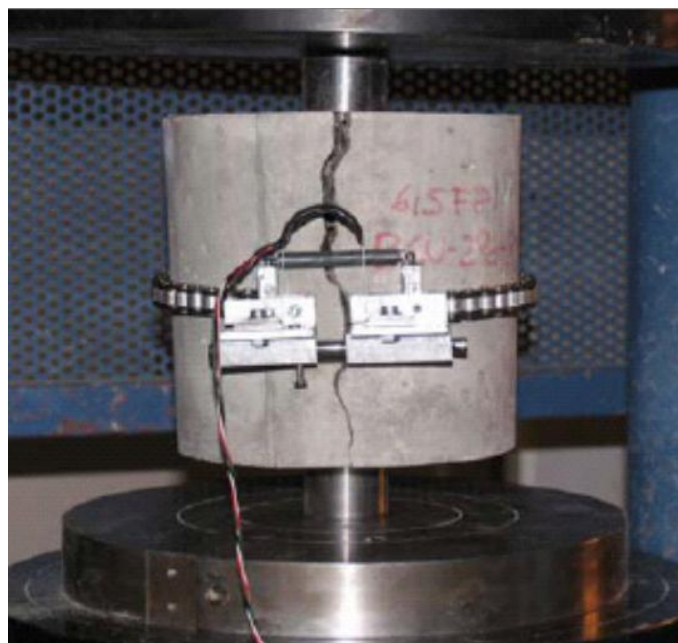
Prensa

Gráfica Def/Carga



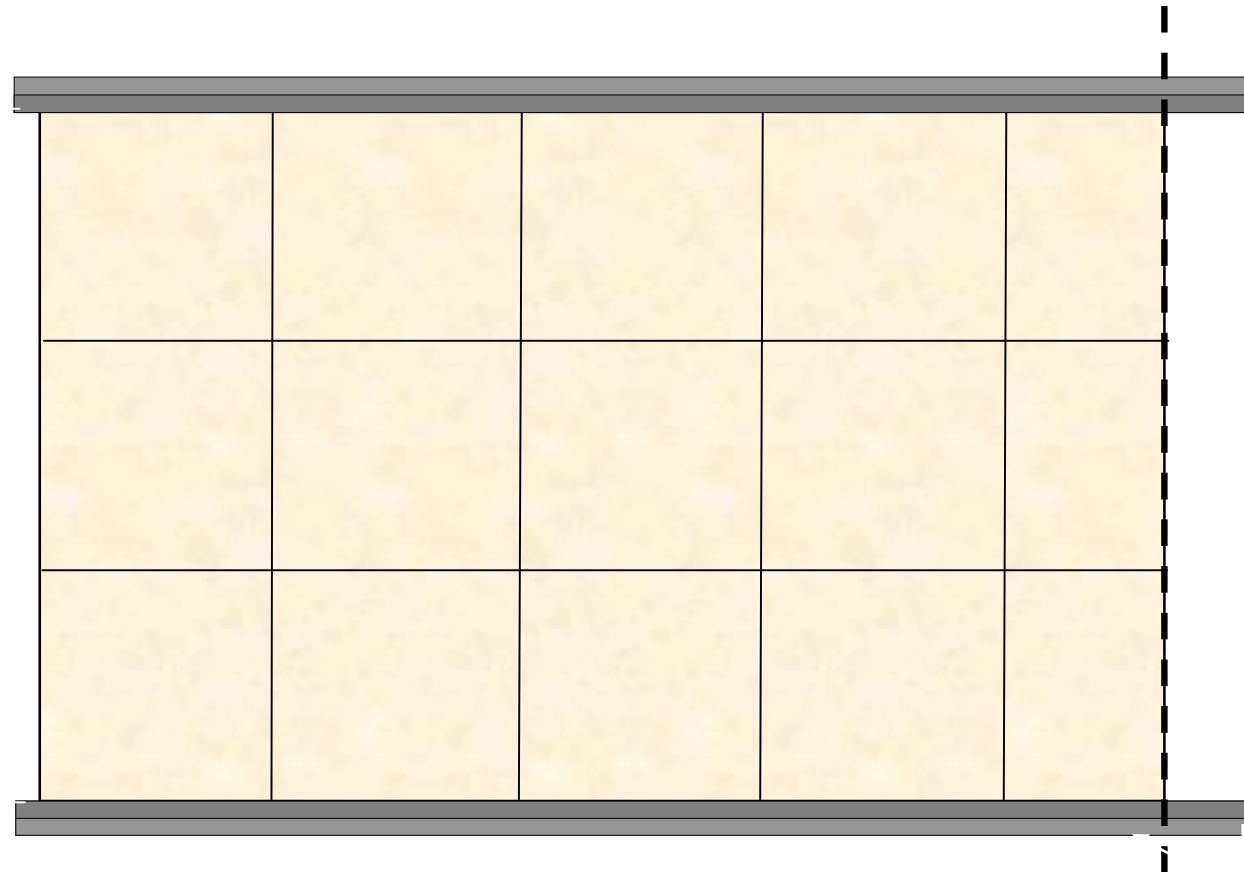
Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:

ENSAYO BARCELONA



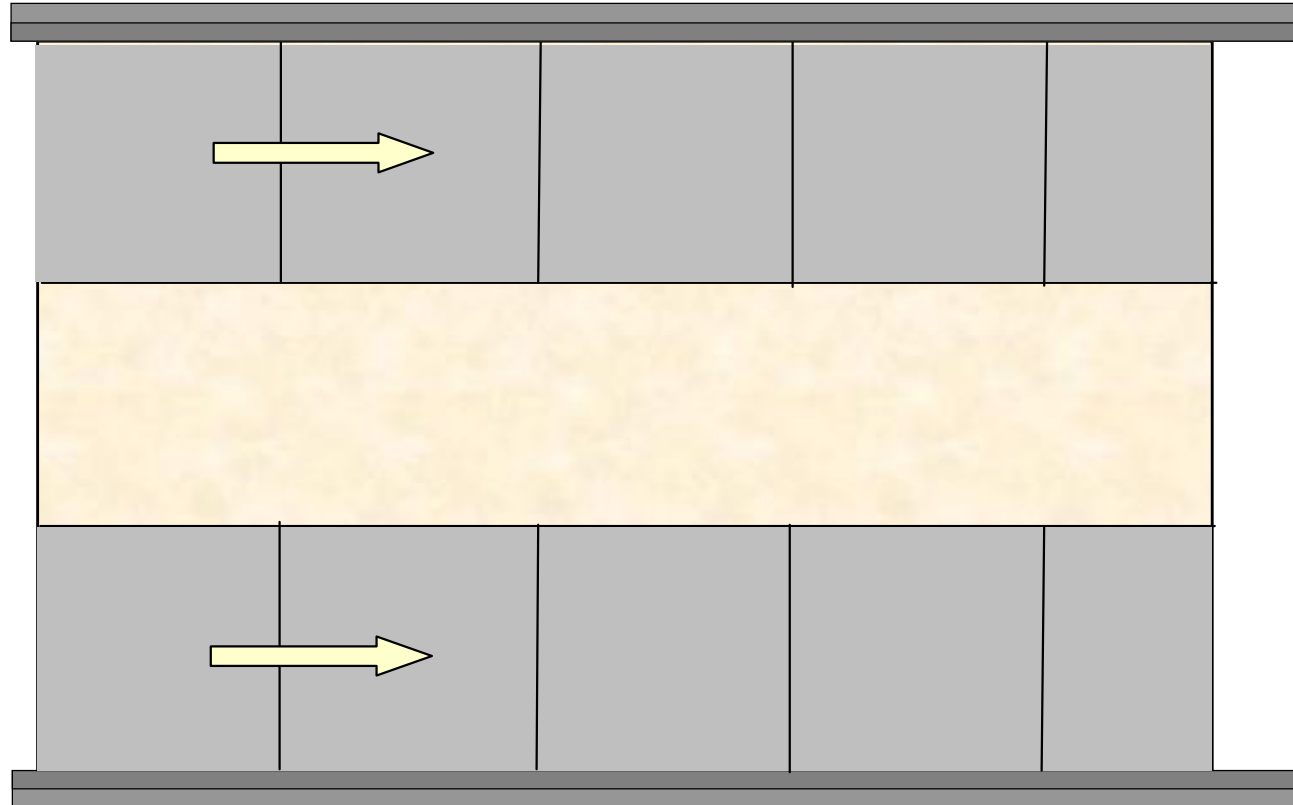
Resistencia a compresión media:	33 MPa
Tipo fibra:	HE 0,75/50
Contenido fibra:	30 kg/m ³
Longitud fibra:	50 mm
Diámetro:	0,75 mm

Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:



Definición tramo de pruebas

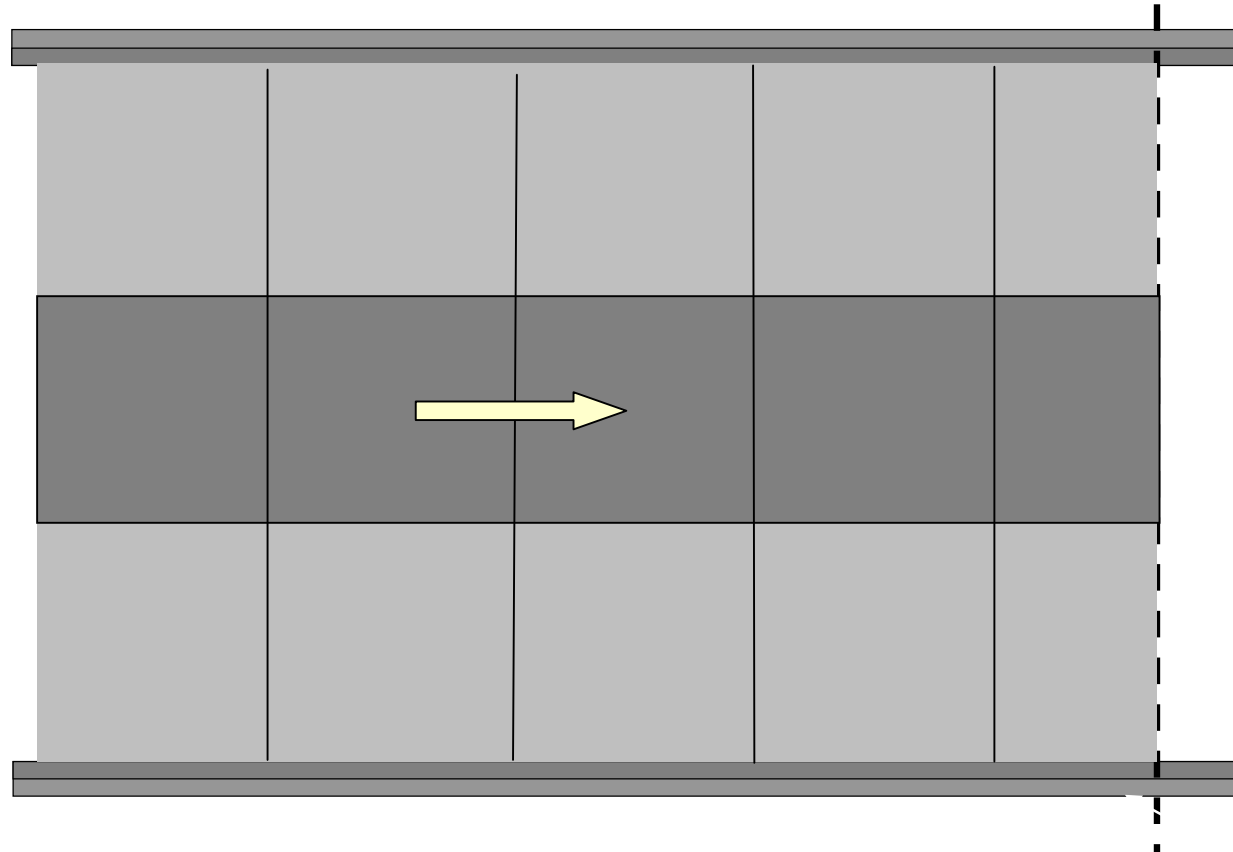
Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:



Primera fase:

Hormigonado bandas laterales

Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:



Segunda fase:

Hormigonado banda central

**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



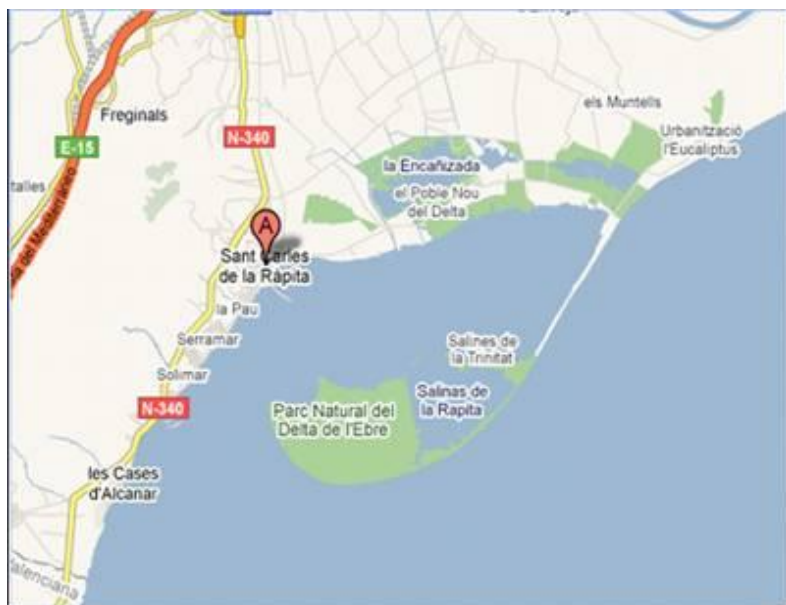
Aplicació: Ferm Polifuncional a una travessia amb Formigó armat amb fibres metàl·liques:



Formigons armats amb fibres metàl·liques: disseny, càlcul i aplicació



Aplicació: Tram de Prova Paviment Portuari armat amb fibres polimèriques



Aplicació: Tram de Prova Paviment Portuari armat amb fibres polimèriques

Dosage	H1	H2	H2F
	HM-30/B/20/I+Qb		
Cement II /A-M 42,5 R (kg)	335	345	345
Sand (kg)	800	700	700
Thin Corrective Sand (kg)	100	-	-
Dredged Sand (kg)	-	150	150
Gravel 5/12 (kg)	310	320	320
Gravel 12/20 (kg)	640	670	670
Plastic Fibers (kg/m ³)	-	-	4
Water (liters)	165	165	165
Additives (liters)	2,35	2,41	3,1
Type of Additives	plasticizer	plasticizer	Super-plasticizer

**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Tram de Prova Paviment Portuari armat amb fibres polimèriques



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



Aplicació: Tram de Prova Paviment Portuari armat amb fibres polimèriques



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**



**Formigons armats amb fibres metàl·liques:
disseny, càlcul i aplicació**

