

CUADERNOS INTEMAC

Pavimentos de hormigón para usos especiales

Concrete pavements for special uses

Juan María Cortés Bretón
Dr. Ingeniero de Caminos



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 29
1.º TRIMESTRE '98

INTEMAC



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTIA DE CALIDAD

SONDEOS, ENSAYOS E INFORMES GEOTECNICOS

INFORMES DE PATOLOGIA, REHABILITACION Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PUBLICAS
EDIFICACION
INSTALACIONES



INTEMAC AUDIT

AUDITORIA TECNICO-ECONOMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORIA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACION DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCION
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORIAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACION DE LA OBRA



INTEMAC ECO

AUDITORIA TECNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas
Edificación
Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

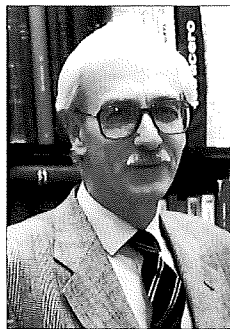
Aire
Agua
Ruido

AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

PAVIMENTOS DE HORMIGÓN PARA USOS ESPECIALES

CONCRETE PAVEMENTS FOR SPECIAL USES



Juan María Cortés Bretón

Dr. Ingeniero de Caminos
Director de la División de
Control de Obra de INTEMAC

Ph D. Civil Engineer
Director of INTEMAC's
Site Control Division

Copyright © 1997, INTEMAC

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o distribuida de ninguna manera ni por ningún medio, ni almacenada en base de datos o sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

ISSN 1133-9365

Depósito legal: M - 14.753-1998
Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

INDEX

1. INTRODUCTION
2. KINDS OF PAVEMENT
3. UNTREATED CONCRETE PAVEMENTS
 - 3.1. IMPROVING CONCRETE SPECIFICATIONS
 - 3.2. IMPROVING FINISHING PROCESSES
4. SURFACE TREATMENTS
5. TOPPING
6. FIBRE-REINFORCED CONCRETE (FRC)
7. CLOSING COMMENTS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. TIPOS DE PAVIMENTO
3. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN SIN TRATAMIENTOS
 - 3.1. MEJORA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN
 - 3.2. MEJORA DE LOS PROCESOS DE TERMINACIÓN
4. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES
5. RECUBRIMIENTOS
6. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS (FRC)
7. EPÍLOGO

SUMMARY

During the different stages of construction - design, tendering and execution -, engineers are rather frequently faced with difficult choices with respect to the construction of certain kinds of pavements intended to stand up under more demanding than normal use.

The non-traditional techniques and materials usually employed in these cases are generally subject to patent and are not well known; often there are no standards to go by, awareness of the literature is scant or insufficient and, logically, there is no prior experience on which to build.

For all these reasons, INTEMAC has deemed it useful to synthesise the current state of the art and set out a series of practical recommendations which, while not intended to cover all possible situations, may nonetheless help engineers to solve problems arising in this regard.

1. INTRODUCTION

Fortunately, the appearance, functionality, durability, etc. of paved areas designed for public use -until recently largely ignored- are beginning to be sufficiently important, commercially speaking, to prompt all involved in the construction process to take the quality of this work unit seriously.

The present analysis is applicable to the treatment non-street pavement, which has been amply studied and is lately evolving very speedily, but not only strictly for building works per se, but also for large parking lots, industrial pavements, pavements for areas designed for high-rack storage etc.

Perhaps the most salient feature of such pavements is the use of non-traditional materials and techniques subject to manufacturer and installer patent, which in most cases means that the subcontractor actually assumes functions involving questions of both design and site management, leading to uncertainty with regard to liability.

2. KINDS OF PAVEMENT

The different kinds of special pavement are designed in response to the factors that condition their use, which can basically be divided into four different categories:

- A. Chemically aggressive substances, either present in the atmosphere in contact with the pavement or deriving from the kind of activity carried out on it. The most common of such compounds are solutions containing organic and inorganic acids, alkalis, salts, oil and grease, etc., which are rarely aggressive when dry.

RESUMEN

Es relativamente frecuente que en el desarrollo de las diferentes fases de una obra de construcción, proyecto, licitación y ejecución, el profesional correspondiente se encuentre con situaciones de difícil solución en lo referente a la elección y construcción de determinados pavimentos capaces de soportar utilizaciones diferentes a las normales.

Las técnicas y materiales no tradicionales que para estos casos se suelen emplear, generalmente sujetas a patente, son poco conocidas y no existe en general normativa, ni la bibliografía es tampoco suficientemente conocida y, como es lógico no se tienen experiencias previas de utilización.

Por todo lo anterior, INTEMAC ha creído interesante hacer una síntesis del conocimiento actual del problema que, sin pretender ser exhaustiva, reúna una serie de consejos prácticos para ayudar al técnico a resolver sus dudas.

1. INTRODUCCION

Por suerte, empieza a darse con relativa frecuencia el hecho de que el aspecto, la funcionalidad, la durabilidad, etc., del pavimento de determinadas áreas de las construcciones de uso público tome una importancia comercial suficiente como para que todos los que intervienen en el proceso constructivo comiencen a presentar la debida atención a esta unidad de obra, hasta ahora poco valorada.

El análisis es extensible a cualquier pavimento no viario, cuyo tratamiento sí está muy estudiado y últimamente evoluciona con una gran rapidez, pero no sólo abarca obras estrictamente de edificación, ya que incluye las grandes áreas de aparcamiento de cualquier uso, los pavimentos industriales, las áreas pavimentadas para almacenamiento en altura, etc.

Quizás la característica que tiene una mayor repercusión en estos pavimentos es la utilización de materiales y técnicas no tradicionales, sujetas a patente de fabricantes y aplicadores, lo cual se traduce en la mayoría de los casos en un auténtico traslado de funciones al subcontratista, tanto de las cuestiones de proyecto, como de dirección de obra, lo cual viene a crear incertidumbre en lo que se refiere a la responsabilidad.

2. TIPOS DE PAVIMENTO

Los tipos de pavimento especial obedecen a los factores que condicionan la utilización del pavimento y que básicamente son de cuatro clases:

- A. Factores de agresividad química, bien provengan de los componentes químicos de la atmósfera en contacto con el pavimento o de los derivados del tipo de actividad que sobre él se desarrolle. Los más frecuentes son los ácidos orgánicos e inorgánicos, álcalis, sales, aceites y grasas, etc. en solución, ya que en seco rara vez resultan agresivos.

- B. Thermal phenomena deriving from the use of low temperature atmospheres: refrigerators.
- C. Traffic, namely the use of heavy vehicles equipped with special riding gear: solid wheels, high pressure wheels, heavy loads, etc .
- D. Other factors, including impact strength and skid resistance, functionality when wet, etc.

Pavements should, then, be designed to withstand all the risk factors that may arise during use, while maintaining their functionality throughout their service lives. Since there is no such thing as a “magic” formula that ideally counters all the risk factors present, the choice is ultimately a “compromise” solution, in which financial concerns must also be weighed. This is a very important aspect to consider in such pavements, not only in view of the cost of new works, but also of the impact on functionality of interrupting pavement usage for upkeep during its service life.

Given the above, different kinds of pavements or procedures for improving their characteristics can be established.

- Improved quality concrete pavement, via procedures affecting both the material when fresh and the pouring and in particular the surface finishing procedures. This group comprises:
 - Accurately proportioned concrete, with or without special aggregates and with or without superplasticizing additives.
 - Concrete with silica fumes added.
 - Organic or metallic fibre-reinforced concrete (FRC).
- Pavements with special surface treatments, such as:
 - Hardeners.
 - To improve wear and skid resistance: quartz-spar
 - Polymer paints ($e \leq 2$ mm)
 - Dyes
- Pavements with adhesive surface toppings thicker than 2 mm, which may be of any of the following kinds:
 - Different quality (aggregates) concrete formed to the slab in “fresh on fresh” solutions.
 - Hydraulic polymer mortar.
 - Polymer mortar.
 - Asphalt coating.

} On a concrete slab, after setting.
- Layers over 10 mm thick, in non-adherent solutions, usually used in reinforcement processes, mainly to strengthen old, rigid pavement, that lie beyond the scope of the present study.

Finally, mention should be made of discontinuous pavements made with ceramics, terrazzo, slabs, tiles and concrete blocks, etc., with specific use and laying characteristics; whereas the use of such toppings in industrial pavements, pedestrian areas, etc., is far from negligible, they will not be discussed in this paper.

Regardless of which of the general solutions mentioned in this section is used, the discussion below assumes that the desired pavement surface is laid on a concrete slab whose thickness is normally computed in terms of the quality of the grading and subbase without taking account of the thickness of the topping; the expansion and contraction joint layout and structural cross-sections, in turn, are assumed to be as specified in the figure below or similar, since it is not always advisable to lay a damp-proof membrane and an intermediate layer of sand may not always be strictly necessary.

- B. Fenómenos térmicos derivados de la utilización de atmósferas a bajas temperaturas; frigoríficos.
- C. Características del tráfico derivadas de la utilización de vehículos de carga provistos de trenes de rodadura especiales: ruedas macizas, altas presiones de hinchado, cargas importantes, etc.
- D. Otros factores pueden ser la resistencia al choque y al deslizamiento, funcionalidad en presencia continuada de agua. etc.

El pavimento debe por tanto ser proyectado para que resista todos aquellos factores de riesgo que, dentro del uso previsto, puedan presentarse, conservando la funcionalidad a lo largo de toda su vida útil, por lo que al no haber normalmente una solución "mágica" que sea la ideal para todos los factores de riesgo presentes, la elección terminará siendo una cuestión de "compromiso" en la que entre con el peso adecuado el factor económico, aspecto muy importante éste en un pavimento de este tipo, no sólo por el coste de la obra nueva, sino también por la valoración de la repercusión en la funcionalidad de la obra, de la interrupción del servicio del pavimento por razón de operaciones de mantenimiento durante su vida útil.

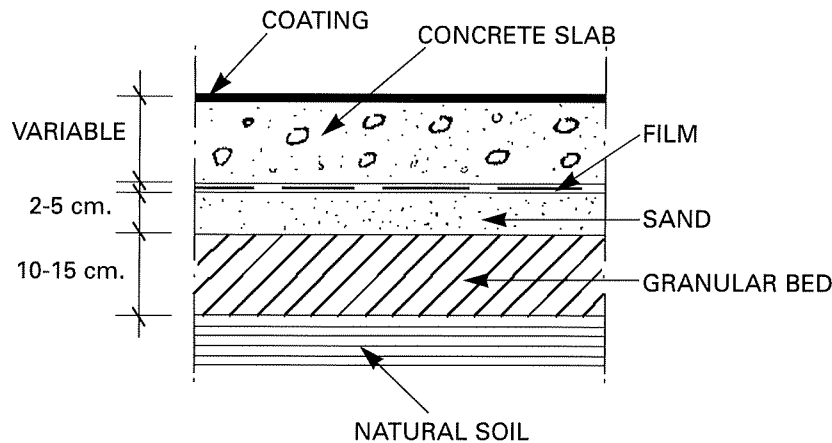
Con arreglo a todo lo anterior podemos establecer diferentes tipos de pavimento o procedimientos de mejora de sus características.

- Pavimentos de hormigón de calidad mejorada, por procedimientos que afecten tanto al material en fresco, como a los procedimientos de puesta en obra y sobre todo de acabado de su superficie. En este grupo estarían:
 - Hormigones de dosificación muy cuidada, con áridos especiales o no, con aditivos superplastificantes o no.
 - Hormigones con adición de humo de sílice.
 - Hormigones con adición de fibras orgánicas o metálicas (FRC).
- Pavimentos con tratamientos superficiales específicos, tales como:
 - Endurecedores.
 - De mejora de la resistencia al desgaste y al deslizamiento; por ej. cuarzo - corindón.
 - Pinturas poliméricas ($e \leq 2$ mm.)
 - Colorantes.
- Pavimentos con recubrimiento superficial adherido de espesor superior a 2 mm.. El recubrimiento puede ser de cualquiera de los tipos siguientes:
 - Hormigón de calidad diferente (áridos) al que conforma la losa, en solución de "fresco sobre fresco".
 - Mortero hidráulico polimérico
 - Mortero polimérico
 - Recubrimientos astálticos

} Sobre losa de hormigón endurecido
- Capas de espesor superior a 10 mm, en solución no adherida, que suelen utilizarse en procesos de refuerzo y que se salen fuera del ámbito del presente estudio y se aplican fundamentalmente como capas de refuerzo de firmes rígidos antiguos.

Finalmente cabría mencionar los pavimentos discontinuos de piezas de cerámica, terrazo, losas, losetas y bloques de hormigón, etc., que presentan unas características específicas tanto de uso como de puesta en obra, que, sin ser en absoluto desdeñables para su utilización en pavimentos industriales, de áreas peatonales, etc., aunque no se consideren en el desarrollo de este documento.

Tanto si se utiliza una solución como otra de las genéricamente mencionadas en el presente apartado, en todo lo que sigue se tiene en cuenta que la superficie deseada del pavimento se alcanza sobre una losa de hormigón, cuyo espesor se calcula, sin tener en cuenta en general el del recubrimiento, en función de las condiciones de la explanación y subbase, con la disposición de juntas de contracción y dilatación y obedeciendo a una sección tipo como la de la figura o similar, ya que no siempre es conveniente disponer la barrera de vapor y en ocasiones no es estrictamente necesario hacer uso de la capa de arena intermedia.



3. UNTREATED CONCRETE PAVEMENTS

These are pavements in which the concrete in the slab itself constitutes the upper layer and no special surface treatments are applied. The issue, then, is to ensure good pavement performance throughout the life of the work in question under normal use, both from the mechanical standpoint and from the standpoint of resistance to agents that may harm the material. Reasonable resistance to wear should be ensured but should nonetheless be compatible with good anti-skid and dust-repellent properties, as well as maintenance of the monolithic integrity of the concrete slabs. In such case, then, no risk of extremely active aggressive chemicals touching the pavement.

There are two procedures for reaching the desired quality in pavements of this kind. The first involves improving the quality of the material and the second ensuring good pouring and in particular finishing procedures.

3.1. IMPROVING CONCRETE SPECIFICATIONS

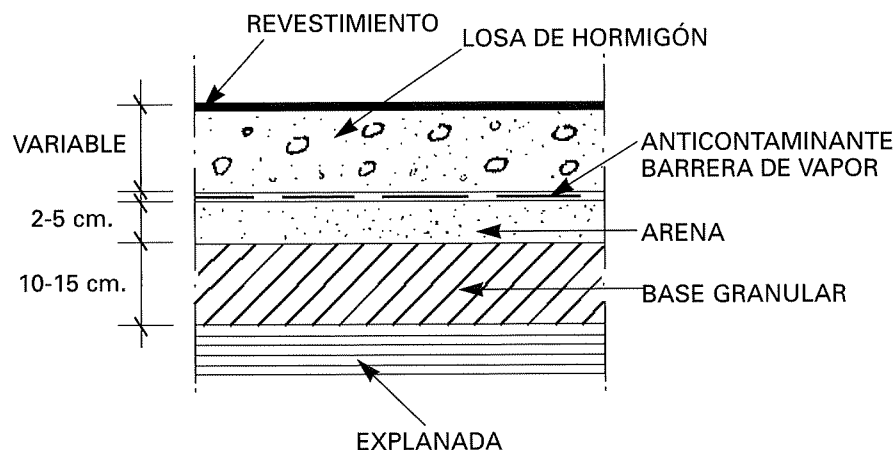
There are three major procedures for improving concrete quality:

- Increase the mechanical strength of the concrete, via normal procedures involving higher cement content and reduction of the water:cement ratio or even by adding silica fumes, which, together with a superplasticiser enhances concrete pourability. It should be noted here that whereas the general tendency is to make little of the kind of concrete used for pavements, the specialised literature generally recommends that concrete of under H-250 compression strength and HP-40 flexural strength should not be used.
- Use aggregates with good abrasive strength either throughout the thickness of the slab or only on the upper layer, when (very thick) slabs are poured in two stages, for greater cost-effectiveness. The use of silica aggregates may suffice.
- Finally, another procedure to improve the material is by adding organic or metallic fibres that enhance concrete stiffness (toughness, tensile strength), resistance to wear and impact strength, as well as its rheological characteristics, thereby improving monolithism. This procedure is itself a special method which will be dealt with more extensively below.

3.2. IMPROVING FINISHING PROCESSES

Assuming that all concrete pouring and compacting operations are performed correctly, which is highly dependent upon how well suited the machinery used is to the consistency of the material, pavement durability will depend enormously on the quality of the workman's hip of the slab finish.

Any appropriately dosed concrete member acquires adequate durability along its framing sides if correctly compacted, thanks to the coaction deriving from the framework which provides for due closeness and a closed pore structure, except where wholly water-tight frameworks are used. This is not the case on the open side, where there is no coaction, unless the material is poured to a consistency that is practically self-levelling. This is not particularly relevant in members whose non-framed side is small in area compared to its length or where such side is going to be subsequently protected.



3. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN SIN TRATAMIENTOS

Son aquellos en los que es el propio hormigón de la losa el que realiza la función de capa de rodadura, sin necesidad de utilizar tratamientos de superficie especiales. Se trata pues de garantizar un buen comportamiento del pavimento durante la vida de la obra, en condiciones de uso normales, tanto desde el punto de vista mecánico como de resistencia a agentes que puedan desarrollar un ataque químico contra el material. Sin embargo, debe asegurarse una razonable resistencia al desgaste, compatible con unas buenas condiciones antideslizamiento, la inexistencia de formación de polvo y el mantenimiento del monolitismo de las losas de hormigón. No existe riesgo en este caso, pues, de que entren en contacto con el pavimento productos químicos agresivos de gran actividad.

Existen dos procedimientos para alcanzar el grado deseado de calidad en un pavimento de este tipo. El primero se refiere a mejorar la calidad del material y el segundo a cuidar su puesta en obra y sobre todo las operaciones de acabado en superficie.

3.1. MEJORA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN

Tres son los procedimientos básicos de mejora:

- Aumentar la calidad del hormigón en cuanto a sus resistencias mecánicas, mediante los procedimientos normales de aumento del contenido de cemento y reducción de la relación agua/cemento o incluso la adición de humo de sílice, que en unión de un superplastificante mejorará la puesta en obra del hormigón. No hay que perder de vista que en general se tiene tendencia a dar poca importancia al tipo de hormigón que se emplea para pavimentos y es opinión generalizada de la bibliografía especializada que nunca se debe bajar de H-250 expresado en resistencia a compresión y HP-40 en resistencia a flexotracción.
- Emplear áridos con buena resistencia a la abrasión bien en todo el espesor de la losa o solamente en la capa superior, cuando la losa se hormigona en dos fases (espesores fuertes) y conviene economizar el uso de estos áridos. Simplemente el uso de áridos silíceos puede ser suficiente.
- Por último, un procedimiento de mejorar el material es añadir fibras, orgánicas o metálicas, que aumentan la tenacidad del hormigón, su resistencia al desgaste y al choque, así como otras ventajas referidas a sus características reológicas que mejoran el monolitismo. Este procedimiento es en sí mismo un método especial que conviene tratar más adelante de forma específica.

3.2. MEJORA DE LOS PROCESOS DE TERMINACIÓN

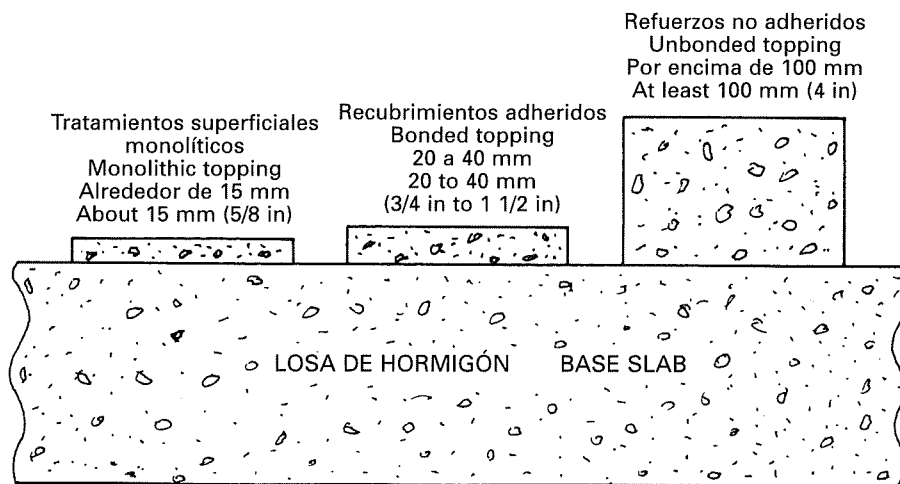
Partiendo de que todas las operaciones de puesta en obra y compactación del hormigón se realizan correctamente, lo que está muy relacionado con la utilización de maquinaria adecuada a la consistencia del material, la durabilidad del pavimento dependerá enormemente de la calidad con que se realicen los procesos de terminación de la losa.

Cualquier elemento de hormigón correctamente dosificado adquiere unas características de durabilidad adecuada en sus caras encofradas, al ser llevada a cabo una correcta compactación, gracias a la coacción que representa el encofrado que le permite adquirir una adecuada compacidad y estructura cerrada de poros, excepto en los casos de encofrados totalmente impermeables. Lo anterior no es así en su cara libre, al no existir coacción alguna, excepto en el caso de que el material se ponga en obra con una consistencia tal que prácticamente sea autonivelante. Esta circunstancia no tiene gran relevancia en elementos cuya cara no encofrada presenta una superficie pequeña con respecto a su longitud o en aquellos en que dicha cara va a ser protegida posteriormente.

Pavements constitute the worst possible scenario in this regard, since in addition to a highly unfavourable area/volume relationship, not only are they not subsequently protected, but they are the element that is subject to the live loads that the structural member must withstand.

In view of the above it is of utmost importance, for the functionality and life of a pavement, to carry out any necessary finishing during construction to ensure the material acquires a sufficiently compact, homogeneous and closed structure to be able to stand up under traffic. Regardless of the surface texture that must be achieved in the final stage of the finish, normal concrete slabs constitute an excellent pavement for most uses requiring special mechanical characteristics if the following operations are performed after the concrete has been correctly compacted.

- Flushing with a ruler held against the upper edges of the framework.
- Floating while the concrete is still fresh, manually, with a long-handle hawk to be able to exert some pressure on the concrete, or mechanically, with a "helicopter" with fine, flat blades.



TIPOS DE TRATAMIENTO DE LOSAS DE HORMIGÓN PARA PAVIMENTOS
CONCRETE TOPPING

These two operations guarantee that the concrete will be sufficiently closed and compact for most normal pavement uses; anti-skid rough texturing may be added as needed.

Where special mechanical and impact strength, dust-repellent, etc. requirements must be met, a further process is called for after the concrete surface is dry and has lost its characteristic shine:

- Trowelling, which at times is more of a polish, by running over the surface with a **spinning blade "helicopter"** several times, at a different blade angle each time.

Before proceeding to the above operation, the surface may be dyed or enhanced with cement mortars with highly wear-resistant aggregates (quartz, corundum) for aesthetic or skid-resistance purposes.

This chapter would not be complete without a word on the importance of proper curing for quality concrete facings since, failing that, the benefits of the treatments discussed above would be rendered virtually nil.

4. SURFACE TREATMENTS

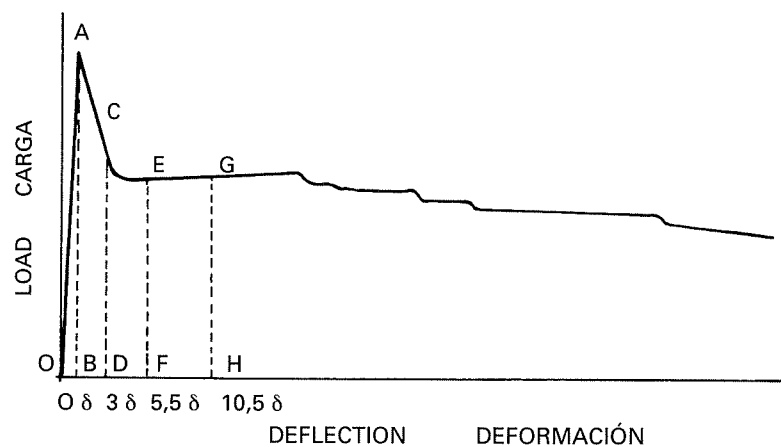
Some of the surface treatments that can be used to enhance concrete strength were mentioned in the preceding section. Other possible procedures are:

- Alkaline sodium silicate derivative-, fluorsilicate-, etc. base hardeners. These products are applied in liquid form to the pavement surface once finished, improving the surface hardness and even its resistance to certain chemical agents via a surface chemical reaction. They are not recommended where the same effect can be achieved by using properly poured concrete of sufficient quality.

El caso de los pavimentos es el peor en este aspecto, ya que a una relación superficie/volumen muy desfavorable, se añade que no sólo no se protege posteriormente sino que es la parte sometida a la acción de las sobrecargas que tiene que soportar el elemento estructural.

Es por todo ello por lo que es preciso y fundamental para la funcionalidad y la vida de un pavimento, proceder durante su construcción a realizar las fases de terminación necesarias para conseguir en el material una estructura lo suficientemente compacta, homogénea y cerrada como para que sea capaz de resistir mecánicamente la acción del tráfico. Independientemente de la textura superficial que sea preciso lograr en la última fase de remate, la losa de hormigón normal constituirá un pavimento excelente para la mayor parte de los usos que requieran características mecánicas especiales, si llevamos a cabo las operaciones de terminación siguientes, una vez compactado el hormigón correctamente.

- Enrasado mediante regla apoyada en los bordes superiores de los encofrados.
- Fratasado del hormigón aún fresco, ejecutado bien manualmente, mediante fratás de mango largo, con el que se pueda ejercer una cierta presión sobre el hormigón, o bien mecánicamente, mediante un "helicóptero" de palas fijas y planas.



HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO.- Diagrama Carga Deformación a flexotracción
STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE.- Load - deflection diagrama

Con estas dos operaciones se logra una superficie de hormigón cerrada y compacta, suficiente para la mayor parte de los usos habituales de un pavimento, si añadimos el proceso correspondiente para obtener una textura rugosa antideslizamiento en su caso.

En los casos en los que se pretenda lograr unas características mecánicas superficiales especiales, resistencia al impacto, antipolvo, etc., deberemos proceder a continuación y una vez que la superficie del hormigón se haya secado, perdiendo el brillo característico, a una operación final:

- El alisado, que a veces representa un verdadero pulido, mediante repetidas pasadas de "helicóptero" de palas giratorias, variando en cada pasada el ángulo de las palas con la horizontal.

Antes de esta última operación se pueden aportar a la superficie del pavimento productos colorantes o mezclas de cemento con áridos especialmente resistentes al desgaste (cuarzo, corindón, etc.) para conseguir efectos estéticos y de mejora de la resistencia al deslizamiento.

No debemos terminar este apartado sin recalcar la gran importancia que un correcto curado tiene en la obtención de un paramento de hormigón de calidad, hasta el punto de que sin él, prácticamente podrían desaparecer las ventajas logradas con los tratamientos comentados.

4. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

En el apartado anterior ya hemos mencionado alguno de los tratamientos superficiales posibles para obtener una mayor resistencia del hormigón. Otros procedimientos que podemos barajar son los siguientes:

- Endurecedores a base de derivados del silicato de sodio alcalino, fluosilicatos, etc.. Estos productos se aplican en estado líquido sobre la superficie del pavimento una vez terminado y, mediante reacción química superficial, mejoran la dureza superficial e incluso su resistencia a algunos agentes químicos. No son recomendables, siempre que el mismo efecto pueda lograrse mediante la utilización de un hormigón de calidad suficiente, adecuadamente puesto en obra.

- Application of organic, epoxy, polyurethane, epoxy tar, etc. compounds in coats under 2 mm thick, normally with a fine mineral content, dyed and adhering to the base either directly or via an adhesive layer. The effect of these substances is to close pores, making the pavement easy to clean and even more resistant to certain chemical agents. The thinness of the coat limits durability when the pavement is subject to heavy traffic. The use of polymers entails taking a series of precautions that will be discussed more fully in the following section.

5. TOPPING

Toppings are defined to be continuous treatments with a thickness of over, but not much over, 2 mm which, in the form of a solution designed to adhere to a concrete slab after setting, vest the pavement with special properties in terms of hardness, resistance to wear, abrasion, impact and chemical agents, etc.

The following general measures should be borne in mind for these kinds of topping.

- a). The concrete slab acts like a base able to resist static and dynamic action, so its thickness should be computed independently of the thickness of the topping.
- b). The best way to avoid damage deriving from chemical agents is to ensure speedy evacuation of such substances from the pavement surfaces by suitable sloping (1.0 - 2%).
- c). Moisture from the subgrade or the concrete itself may have an adverse effect on adherence of the topping to the slab, so good waterproofing or drainage between the base and the graded bed is indispensable and the topping must be laid when the degree of moisture in the concrete is most suitable to the kind of adhesive, taking special care to ensure that joints are water-tight.
- d). The topping should, in general, be laid taking care not to fill up the joints in the concrete pavement, except where special lay outs are used solely to "bridge" contraction joints.

Although various kinds of topping materials are used, only materials containing polymers will be referenced here, because it is felt that given that the manufacturing systems involved are generally patented, very complex and continually subject to new developments, they are not liable to be covered by regulations governing their selection, laying, upkeep, etc.

Organic polymers are used either to modify the rheological properties of the hydraulic conglomerating agent or as the sole conglomerating substance; they are mixed with carefully graded aggregates to make a mortar-like material which under certain conditions is laid either directly over the slab or mixed with an adherent phase of the same or a different kind of polymer which is compatible with the rest of the system.

Although it is unfeasible to discuss the characteristics of these organic materials at sufficient length in such a short paper, among other reasons because, like in information technology, **the user has the uneasy sensation that he is unable to ever catch up**, it is nevertheless worth while to refer to a few essential concepts to reach a basic criterion on their potential.

Polymers used in construction can be of two kinds, **thermoplastic**, which harden when in contact with the air, and **heat-hardening**, which require the mixture of two different chemical products to initiate the process and for this reason are supplied under the form of two separate compounds. Acrylic resins, polyvinyl acetate and divinyl styrenes, inter alia, pertain to the former category, whereas the latter includes epoxy resins, polyurethanes and polyesters.

A distinction should be drawn between the two kinds of polymers because, in addition to the fact that their final characteristics and the laying precautions differ, the way they are packaged for the market is likewise different since, as mentioned above, thermoplastic substances are sold as a single component and heat-hardening substances as two. Indeed, in the latter, the exact dosage of the resin and the hardener in the mixture is of primary importance, whereby even the slightest deviation from the theoretical dose entail risking not only final product failure to meet the necessary requirements, but utterly catastrophic results. For this reason, these products are provided in dosed containers whose contents should be used in full once opened.

Although it is virtually impossible to furnish specific formulas on the use of polymer products in terms of the mechanical or chemical agents to which the pavement may be subject, the following tables summarise certain basic notions for selecting the most suitable substance and the precautions that should be borne in mind when they are laid. In any case, manufacturers must be required to furnish the technical specifications of their materials along with documentation verifying that a Technical Suitability Document or similar Europe-wide accreditation has been issued for the system as a non-traditional building procedure and that the installer is recognised by the manufacturer; finally, both manufacturer and installer must provide their respective guarantees of material and craftsmanship quality.

- Aplicación de componentes orgánicos, epoxi, poliuretano, brea epoxi, etc. en espesor inferior a 2 mm y normalmente con carga mineral fina, coloreadas y adheridas al soporte bien directamente, por la acción del propio polímero, o bien mediante una capa de adherencia. Tienen un efecto de sellado y cerrado de poros, permitiendo la limpieza del pavimento más fácilmente, e incluso mejoran la resistencia a determinados agentes químicos. Lo limitado de su espesor conduce a una durabilidad también limitada cuando existe un tráfico importante sobre el pavimento. La utilización de productos poliméricos implica el tomar una serie de precauciones que veremos en profundidad en el apartado siguiente.

5. RECUBRIMIENTOS

Entendemos como tales los tratamientos continuos de espesor superior a 2 mm, aunque tampoco muy superior, que, dispuestos en solución adherida a la losa de hormigón ya endurecido, proporcionan un pavimento de características especiales en lo que se refiere a la dureza, abrasión o desgaste, choque, resistencia a agentes químicos, etc.

Como medidas generales a tener en cuenta en todos los tipos de recubrimientos, es preciso recordar lo siguiente.

- a). La losa de hormigón actúa como soporte resistente a las acciones estáticas y dinámicas y el cálculo del espesor se realiza sin tener en cuenta el espesor del recubrimiento.
- b). La mejor regla para evitar el ataque de agentes químicos es lograr la evacuación rápida de los mismos de la superficie del pavimento mediante unas pendientes adecuadas (1,0 - 2,0 %).
- c). La humedad proveniente de la explanada o del propio hormigón puede afectar negativamente a la adherencia del recubrimiento, por lo que resulta fundamental disponer un buen sistema de impermeabilización o drenaje entre la base y la explanada y disponer el recubrimiento cuando el grado de humedad del hormigón sea el adecuado al tipo de adhesivo, cuidando especialmente la estanqueidad de las juntas.
- d). El recubrimiento debe en general respetar las juntas dispuestas en el firme de hormigón, salvo que se utilicen disposiciones especiales para el "puenteo" únicamente de las juntas de contracción.

Aunque existen diversos tipos de materiales que se utilizan como recubrimientos, nos vamos a referir únicamente a los que incluyen productos poliméricos, por entender que debido a sus sistemas de fabricación, generalmente sometidos a patente, su complejidad y su continua evolución, no son susceptibles de ser encuadrados en normativa que regule su elección, puesta en obra, conservación, etc.

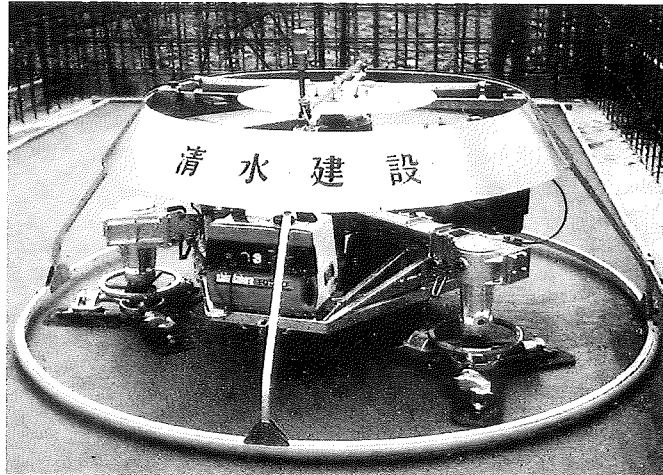
El producto orgánico polimérico se utiliza como modificador de las características reológicas del conglomerante hidráulico o como conglomerante único, mezclado con áridos de granulometría cuidada, conformando un material tipo mortero, que en determinadas condiciones se dispone bien directamente sobre la losa o con la inclusión de una fase de adherencia del mismo polímero o de otro de tipo distinto y compatible con todo el resto del sistema.

Aunque no es posible en estas pocas líneas tratar de forma suficiente sobre las características de estos materiales orgánicos, entre otras cosas porque, como sucede en el campo de la Informática, **el simple usuario siente la intranquilidad de no alcanzar nunca al tren, se le escapa**; merece la pena que citemos unos cuantos conceptos que son fundamentales para poder formarnos un criterio básico sobre sus posibilidades de uso.

Los polímeros utilizados en construcción pueden ser de dos tipos, los **termoplásticos**, que endurecen en contacto con el aire, sin adición de otro componente, y los **termoendurecibles**, que necesitan de la mezcla de dos productos químicos diferentes para iniciar el proceso y por ello se sirven en dos componentes. Al primer grupo pertenecen entre otras las resinas acrílicas, el acetato de polivinilo y los estirenos - butadienos, mientras que son del segundo las resinas epoxi, los poliuretanos y los poliésteres.

Conviene distinguir entre los dos tipos de polímeros porque, además de que sus características finales y que las precauciones de puesta en obra son diferentes, la forma de envasado con que se presentan en el mercado es también distinta, al suministrarse como ya hemos mencionado, los termoplásticos en un componente y los termoendurecibles en dos. Pues bien, en estos últimos, la dosificación exacta de la resina y el endurecedor en la mezcla es fundamental, de forma que una ligera desviación con respecto a la dosis teórica no sólo puede conducir a que el producto final no alcance las características esperadas sino a que el resultado sea catastrófico. Por eso, estos productos se sirven en recipientes ya dosificados y que deben ser utilizados cada vez en su totalidad.

Aunque resulta prácticamente imposible dar recetas concretas sobre la utilización de los productos poliméricos en función de los agentes mecánicos o químicos que puedan actuar sobre el pavimento, en los cuadros que siguen se resumen unas indicaciones básicas para su elección y una serie de precauciones a tener en cuenta durante su puesta en obra. En cualquier caso es fundamental recabar del fabricante las especificaciones técnicas de su material, la documentación que acredite que el sistema está en posesión del Documento de Idoneidad Técnica como procedimiento constructivo no tradicional, o un documento acreditativo similar a nivel europeo, constatar que el Aplicador está reconocido por el fabricante y las correspondientes garantías de calidad de ambos.



TOPPING WITH THICKNESS $e \geq 2$ mm AND POLYMER OR MODIFIED HYDRAULIC MORTARS
CHART OF SPECIFICATIONS
 (Compared to traditional concrete toppings)

CHARACTERISTICS		HEAT-HARDENING POLYMERS WITH NO SOLVENT		THERMOPLASTIC POLYMERS WITH HYDRAULIC BINDERS: ACRYLIC RESINS (*)
		EPOXY	POLYURETHANES	
ADHERENCE TO BASE	Dry	Good: an epoxy adherence layer is recommended	Good: an epoxy or polyurethane adherence layer is recommended	Definitely not recommended
	Moist	Depends on formulation	Absolutely incompatible. Needs an epoxy adherence layer	Suitable
MECHANICAL STRENGTH		Better	Better	Comparable. Sensitive to entrained air during mixing, declining if content is high
ELASTICITY MODULE		Comparable	Worse	Worse
DEFORMABILITY: ABILITY TO BRIDGE OVER FISSURES IN BASE		Weak	Acceptable	Good
CREEP		Similar at 20°C Much better at 50°C	Better	Similar
POLYMERISATION SHRINKAGE		Worse	Worse	Slightly better
THERMAL EXPANSION COEFFICIENT		Better Can be up to 3 times better	Better Can be up to 3 times better	Similar
RESISTANCE TO CHEMICAL AGENTS		Acceptable	Acceptable, except in highly alkaline environments	Acceptable
WATER-TIGHTNESS		Good	Good	Good
INITIAL USE AT 20°C	< 12 h	Possible (**)	Possible (**)	Not recommended
	12 to 24 h	Possible (**)	Possible (**)	Not recommended
	> 24 h	Possible	Possible	Possible

(*) Thermoplastic polymer mortars should not be used in toppings over 2 mm thick.

(**) Not recommended for modified hydraulic mortars



**RECUBRIMIENTOS DE ESPESOR $e \geq 2$ mm. A BASE DE MORTEROS
POLIMERICOS O HIDRAULICOS MODIFICADOS
CUADRO DE CARACTERISTICAS
(En comparación con las de los hormigones tradicionales)**

CARACTERÍSTICAS		POLÍMETROS TERMOENDURECIBLES SIN DISOLVENTE		POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS CON LIGANTES HIDRÁULICOS: RESINAS ACRÍLICAS (*)
		EPOXI	POLIURETANOS	
ADHERENCIA AL SOPORTE	Seco	Buena: Es aconsejable disponer una capa de adherencia epoxi	Buena: es aconsejable disponer una capa de adherencia epoxi o poliuretano	Desaconsejado directamente
	Húmedo	Depende de la formulación	Incompatible directamente. Necesita capa de adherencia epoxi	Adecuada
RESISTENCIAS MECANICAS		Superiores	Superiores	Análogas. Disminuyen rápidamente cuando aumenta el aire ocluido, al que son sensibles durante el amasado
MODULO DE ELASTICIDAD		Análogo	Inferior	Inferior
DEFORMABILIDAD: CAPACIDAD DE PUENTEAR FISURAS DEL SOPORTE		Débil	Aceptable	Buena
FLUENCIA		Similar a 20°C Muy superior a 50°C	Superior	Similar
RETRACCION DE POLIMERIZACION		Inferior	Inferior	Ligeramente superior
COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA		Superior Puede llegar a ser 3 veces superior	Superior Puede llegar a ser 3 veces superior	Similar
RESISTENCIA A AGENTES QUIMICOS		Aceptable	Aceptable, excepto en ambientes fuertemente alcalinos	Aceptable
ESTANQUEIDAD		Buena	Buena	Buena
PUESTA EN SERVICIO A 20°C	< 12 h	Posible (**)	Posible (**)	Desaconsejado
	12 a 24 h	Posible (**)	Posible (**)	Desaconsejado
	> 24 h	Posible	Posible	Posible

(*) Por encima de 2 mm. de espesor no se deben utilizar morteros de polímeros termoplásticos.

(**) No aconsejable en los casos de morteros hidráulicos modificados.

**TOPPING ($e \geq 2$ mm) WITH:
HYDRAULIC MORTAR + THERMOPLASTIC POLYMER:**

Cement:	Normal Portland
Polymer:	Emulsion containing: <ul style="list-style-type: none">- Acrylic resins- Polyvinyl acetate- Bivinyly styrene
Dosage:	Disperse polymer, in a proportion of more than 10% of cement by weight, usually dosed at a rate of 500 kg/m ³ . Resins favour fluidification of the mixture so water content should be dosed accordingly.
Base:	Applied on a clean, sturdy, rough base with flatness tolerance one half of the topping thickness as measured with a 2-m ruler, where by milling is necessary before and after to eliminate debris, dust, etc.
Base moisture:	To ensure good adherence the base should be saturated and should therefore be abundantly watered the day before, eliminating puddles before application.
Mixing:	Mixers with slow rotation speeds should be use to prevent the formation of entrained air in the mixture; this kind of products is particularly prone to such a contingency, which causes a rapid decline in their mechanical strength.
Application:	Firstly, a coat of 300-g/m ³ primer containing the same resin is to be applied, before laying the mortar with a trowel, aided by master rulers. The surface will be finished via manual or mechanical floating once it has begun to set, i.e., when the surface begins to lose its shine.
Curing: (cross-linking)	Protect from direct sunlight and especially wind in the first few hours.
Counter-indications:	Polyvinyl acetate toppings can only be used in dry climates, since they lose some of their mechanical strength in the presence of water. This is not true of bivinyly-styrene-modified or acrylic polymer mortars, which can be used in humid or even clogged environments.
Precautions:	Thermoplastic polymers can only be stored for a limited period of time; manufacturer specifications with respect to expiration date and conditions for storage and use ($T > 5^{\circ}\text{C}$) should be strictly enforced.

**TOPPING ($e \geq 2$ mm) WITH:
HEAT-HARDENING POLYMER MORTAR:**

Binder:	Heat-hardening polymer, without solvent, of the following kind: <ul style="list-style-type: none">- Epoxy resin- Polyurethane resin
Aggregates:	Normal or special quartz, corundum, carborundum, etc, carefully graded, maximum size 2-3 mm for self-levelling mortars.
Dosage:	Self-levelling mortars: 1 : 3 Trowel-spread mortars: 1:3 to 1:7
Base:	Applied on a clean, sturdy, rough base with straightness tolerance one half of the topping thickness as measured with a 2-m ruler, whereby milling is necessary before and after to eliminate debris, dust, etc.
Base moisture:	A primer containing the same kind of polymer as used as a binder in the mix is generally recommended. Both epoxies and polyurethanes are used for dry bases. Nonetheless, polyurethane should not be used for moist bases and epoxy should be properly formulated before use on such surfaces.
Mix:	The two components, resin and hardener, should be mixed to the full amounts contained in the containers as recommended by the manufacturer to ensure proper proportioning. Any change in the proportions in the mix may have dire consequences.
Application:	Depending on mix consistency and thixotropy, it can be applied in two different manners: <ul style="list-style-type: none">* With a trowel for "dry" mixtures with thicknesses of under 3 mm, using master rulers.* With a serrated smoother when the consistency of the mortar is such that the product self-levels at thicknesses under 3 mm. In such cases the maximum aggregate size should not be over 2/3 of the thickness.
Counter-indications:	In general, polyester-base binders are not recommended. The use of polyurethane-base binders is not recommended for pavements that are to be in contact with water on a regular basis.

**RECUBRIMIENTO ($e \geq 2$ mm) A BASE DE:
MORTERO HIDRÁULICO + POLÍMERO TERMOPLÁSTICO:**

Cemento:	Portland normal
Polímero:	Emulsión de: <ul style="list-style-type: none"> - Resinas acrílicas - Acetato de polivinilo - Estireno - butadieno
Dosificación:	Polímero en dispersión en proporción superior al 10% del peso del cemento, que suele dosificarse a razón de 500 kg/m ³ . Debe tenerse en cuenta en la dosificación del agua que las resinas favorecen la fluidificación de la mezcla.
Soporte:	Se aplica sobre un soporte limpio, sólido, rugoso y con las tolerancias de planeidad, mitad del espesor del recubrimiento, midiendo con regla de 2 m., para lo que es preciso realizar un fresado previo y posterior eliminación de detritus, polvo, etc.
Humedad del Soporte:	Para lograr una buena adherencia el soporte deberá estar saturado, para lo cual la víspera debe regarse abundantemente, eliminando los charcos antes de la aplicación.
Amasado:	Deben utilizarse mezcladoras con velocidad de rotación lenta para evitar la formación de aire ocluido en la mezcla, fenómeno al que es muy propicio este tipo de productos y que empeora rápidamente sus resistencias mecánicas.
Aplicación:	En primer lugar se extenderá una imprimación de 300 gr/m ² de la misma resina en dispersión, para luego extender la capa de mortero con llana y ayuda de reglas maestras. La terminación de la superficie se realizará una vez comenzado el fraguado, pérdida de aspecto brillante de la superficie, mediante fratasado manual o mecánico.
Curado:	Proteger durante las primeras horas de la acción directa del sol y sobre todo del viento.
Contraindicaciones:	Los recubrimientos a base de acetato de polivinilo sólo pueden utilizarse para su uso en atmósferas secas, pues en presencia de agua sufren una regresión de sus resistencias mecánicas. No pasa lo mismo con los morteros modificados con estireno-butadieno o polímeros acrílicos, que son susceptibles de ser utilizados en medio húmedo e incluso encharcado.
Precauciones:	El almacenamiento de emulsiones de polímeros termoplásticos es limitado, debiendo atender estrictamente las indicaciones del fabricante en cuanto a la fecha límite de uso y condiciones de almacenamiento y utilización ($T > 5^{\circ}\text{C}$).

**RECUBRIMIENTO ($e \geq 2$ mm) A BASE DE:
MORTERO DE POLÍMERO TERMOENDURECIBLE:**

Ligante:	Polímero termoendurecible sin disolvente del tipo: <ul style="list-style-type: none"> - Resina epoxi - Resina de poliuretano
Áridos:	Normales o especiales, de cuarzo, corindón, carborundo, etc. de granulometría muy cuidada y tamaño máximo 2-3 mm para morteros autonivelantes.
Dosificación:	Morteros autonivelantes: 1 : 3 Morteros para extender con llana: 1:3 a 1:7
Soporte:	Se aplica sobre un soporte limpio, sólido, rugoso, con las tolerancias de planeidad del orden de la mitad del espesor del recubrimiento, medidas con regla de 2 m. para lo que es preciso generalmente realizar un fresado previo y posterior eliminación de detritus, polvo, etc.
Humedad del Soporte:	En general siempre es aconsejable disponer una imprimación previa a base del mismo tipo de polímero que el utilizado como ligante en la mezcla. Para soportes secos son utilizables tanto las epoxis como los poliuretanos. Sin embargo, para soportes húmedos no se debe utilizar el poliuretano y el epoxi debe formularse adecuadamente.
Mezcla:	Se deben mezclar los dos componentes, resina y endurecedor, en las cantidades completas contenidas en los envases, tal y como aconseje el fabricante, para obtener una mezcla suficiente para su uso completo de una vez. Cualquier cambio en las proporciones de la mezcla puede traer consigo consecuencias importantes.
Aplicación:	En función de la consistencia y tixotropía de la mezcla, se puede aplicar de dos formas: <ul style="list-style-type: none"> * Mediante llana, para mezclas "secas" y espesores superiores a 3 mm, utilizando reglas maestras. * Mediante extensión con espátula dentada cuando la consistencia del mortero es tal que, para espesores inferiores a 3 mm. permite que el producto se autonivele. En estos casos el tamaño máximo del árido no debe pasar de los 2/3 del espesor.
Contraindicaciones:	En general, no se recomiendan los ligantes a base de poliésteres. No se recomienda la utilización de ligantes a base de poliuretano para pavimentos que vayan a estar en contacto con agua de forma habitual.

6. FIBRE-REINFORCED CONCRETE (FRC)

This material consists of a traditional concrete mix containing randomly scattered fibres of a given material and geometry which are nonetheless uniformly distributed; this technique maintains the homogeneous and isotropic nature of the concrete while enhancing its rheological and mechanical properties.

Basically, a concrete pavement improved by adding fibres is still a **non-reinforced** concrete pavement, which calls for contraction and expansion joints, etc., forming finitely sized slabs which may or may not be connected to one another. Such fibres do, however, increase pavement toughness, making it possible to lengthen the distance between contraction joints to up to 12 m in some situations, while improving impact strength and resistance to wear and some slightly aggressive chemical agents.

Contrary to what may be read in certain publicity material, it has not been proved that the inclusion of fibres improves the mechanical strength of the base material; what does, however, seem to have been shown experimentally, albeit not yet definitively, is that the slab thickness may be reduced compared to traditional concrete in the presence of the same kinds of loads, thanks to the residual energy required to reach rupture after the first crack appears.

Given the current state of experimentation, no calculation procedure has yet been backed by any reputed standard; proposals to substantially decrease slab height should, then, be examined very critically.

Two kinds of FRC concrete can be distinguished, depending on whether the fibres are metallic, made of wiredrawn low-carbon steel, or organic: polypropylene fibres are the only kind marketed to date.

The following is a summary of the information needed on the two kinds of concrete to be able to use them properly.

METALLIC FIBRE FRC

- Fibre dimensions: 50-60 mm long by 0.5-1.0 mm in diameter.
- Fibre geometry for a better hold in the mix: indentations over the entire length, hooks on the end, etc.
- Length:diameter ratio: Fibre performance is considered to be optimum at $l/d \geq 45$.
- Fibre dosage: Minimum 30 kg/m³, up to 80 kg/m³.
- Fibre tensile strength: ≈ 1000 N/mm².
- Concrete specifications: normal H-250.

ORGANIC FIBRE FRC (Polypropylene C 3 H6: NF)

- Characteristics of the material:
 - Density = 0.91 g/cm³
 - Tensile strength: $f = 300 - 400$ N/mm²
 - Deformation module: $E = 6,000 - 9,000$ N/mm²
- Geometric characteristics:
 - Length ≈ 12 mm
 - Diameter ≈ 18 micras
 - L/d ≈ 700
 - Total length of network $\approx 2,000$ km/m³
 - Fibre density ≈ 180 million/m³
- Concrete characteristics: H-250 with granulometry 0/10, 0/15 or 0/20. Always use superplastifier and self-level lay; do not use vibratory compacting.
- Fibre dosing: 0.6 - 1.0 kg/m³

7. CLOSING COMMENTS

Despite the above observation about how difficult it is to give generic advice on the choice of one kind of treatment or another, the ability of each kind of treatment to withstand the various kinds of aggressive agents individually can be summarised, as shown in the chart below.

Since cases in which pavements must be protected against a single agent are rare indeed, the ultimate choice, as indicated earlier, will be a result of a compromise among the different variables involved, and must be made in any case bearing manufacturer recommendations in mind.

6. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS (FRC)

Se trata de un material compuesto de una matriz de hormigón tradicional, que contiene fibras de un material y geometría determinados, dispersas de una forma aleatoria, pero presentando una distribución uniforme, que manteniendo el carácter homogéneo e isótropo del material base, mejoran sus características reológicas y mecánicas.

Básicamente, un firme de hormigón al que se mejora con la incorporación de fibras, continua siendo un pavimento de hormigón **no armado**, en el que hay que disponer juntas de contracción, dilatación, etc. formando losas de dimensiones finitas, conectadas o no, al que sin embargo se le dota de una mayor tenacidad, que se traduce en la posibilidad de distanciar más las juntas de contracción, hasta 12 m en determinadas situaciones, con una mejor resistencia al impacto y al desgaste e incluso a algunos agentes químicos de agresividad débil.

Contrariamente a lo que se puede leer en determinados contenidos publicitarios, no está demostrado que la inclusión de fibras mejore las resistencias mecánicas del material base, pero sí es al parecer cierto que experimentalmente se ha comprobado, si bien quizás de forma todavía no definitiva, que el espesor de las losas puede ser rebajado con respecto al hormigón tradicional, frente al mismo tipo de cargas, gracias a la energía residual necesaria para alcanzar la rotura del material después del momento de aparición de la primera fisura.

Dada la situación actual de la experimentación, no existe aún un procedimiento de cálculo amparado en una norma de rango superior y, por tanto, es preciso ser muy cauto ante propuestas de disminución importante del canto de las losas.

Existen dos tipos de hormigón FRC en función de que las fibras sean metálicas, de acero trellado de bajo contenido en carbono, o de un material orgánico, siendo las fibras de polipropileno las que hasta ahora se han comercializado únicamente.

A continuación resumimos la información que sobre ambos tipos es preciso conocer para su utilización.

FRC DE FIBRAS METÁLICAS

- Dimensiones de las fibras: 50-60 mm de longitud y 0,5-1,0 mm de diámetro.
- Geometría de la fibra para mejorar el anclaje en la matriz: Indentaciones en toda su longitud, ganchos en los extremos, etc.
- Relación longitud: diámetro; Se considera que con $l/d \geq 45$, el rendimiento mecánico de la fibra es el óptimo.
- Dosificación Fibras; Mínima de 30 kg/m^3 , hasta 80 kg/m^3 .
- Resistencia a tracción de las fibras: $\approx 1000 \text{ N/mm}^2$
- Características del hormigón: H-250 normal

FRC DE FIBRAS ORGÁNICAS (Polipropileno C 3 H6: NF)

- Características del material:
 - Densidad $= 0.91 \text{ gr/cm}^3$
 - Resistencia a tracción: $f = 300 - 400 \text{ N/mm}^2$
 - Módulo de deformación: $E = 6.000 - 9.000 \text{ N/mm}^2$
- Características geométricas:
 - Longitud $\approx 12 \text{ mm}$.
 - Diámetro $\approx 18 \text{ micras}$
 - L/d ≈ 700
 - Longitud total de la red $\approx 2.000 \text{ Km/m}^3$
 - Reparto de fibras $\approx 180 \text{ millones/m}^3$
- Características del hormigón: H-250 con granulometrías 0/10, 0/15 ó 0/20. Utilizar siempre superplastificante y colocar por autonivelación, sin compactación por vibración
- Dosificación fibras: $0,6 - 1,0 \text{ kg/m}^3$

7. EPÍLOGO

A pesar de las observaciones ya expresadas anteriormente sobre la dificultad de dar consejos genéricos para la elección de un tipo de tratamiento u otro, es obligado resumir las aptitudes que cada tipo de tratamiento tiene para resistir el ataque de cada tipo de agente agresivo de forma individualizada, información que con ayuda de un código sencillo se contiene en el cuadro que a continuación se acompaña.

Como quiera que rara vez se presenta el caso en que se trata de resolver la agresión de un solo agente, la elección como ya se ha citado, será el resultado de un estudio de compromiso entre las distintas variables que intervengan, operación en la que es indispensable en cualquier caso tener en cuenta las recomendaciones del fabricante.

**CHART FOR CHOOSING A TOPPING FOR
CONCRETE PAVEMENTS IN TERMS OF THE KIND OF AGENT**

KIND OF AGENT	MECHANICAL IMPACT								CHEMICAL IMPACT					
	Live loads	Abrasio	Extreme temperatures	Blows	Skidding	Dust-repel.	Permanent contact with water	Inorganic acids	Organic acids	Acid oxidants	Alkalis	Solvents	Oil	
Special concrete	2	1-2	2	1-2	1-2	1-2	0-1	0-1	1-2	0-1	0-1	1-2	0-2	
Fibre-reinforced concrete	3	2	2	2-3	0-1	2	1-2	0-1	1-2	0-1	0-1	1-2	0-2	
Surface treatment with special aggregates	1	1	2	1	3	2	1	0-1	1-2	0-1	0-1	1-2	0-2	
Surface treatment with polymer paint	1	1	0-1	1	1-2	1-2	0-1	1	2	1	2	2	2	
Epoxy-mortar topping	3	2-3	0-1	2-3	1-2	2-3	1-2	2	3	2	3	2	2	
Polyurethane-mortar topping	2	3	0-1	3	1-2	2-3	0-1	2	3	2	0	2	2	
Acrylic resin-modified hydraulic mortar topping	3	2-3	1-2	3	1-2	2-3	2-3	2	3	2	3	2	2	
Asphalt topping	1-3	0-2	0	0-1	1-2	1-2	0-1	2	2	1	1	0-1	0-1	

Legend
 0 - Unsuitable Legend
 1 - Acceptable
 2 - Appropriate
 3 - Highly appropriate

**CUADRO PARA LA ELECCION DE UN RECUBRIMIENTO PARA
PAVIMENTOS DE HORMIGON EN FUNCION DEL TIPO DE AGENTE**

TIPO DE AGENTE ACTUANTE	IMPACTO MECÁNICO							AGRESIVIDAD QUÍMICA						
	Sobre-carga	Abrasión	Tempe-raturas extremas	Choques	Desliza-miento	Anti-polvo	Uso en presencia permanente de agua	Ácidos inorgá-nicos	Ácidos orgá-nicos	Oxidantes ácidos	Álcalis	Disol-ventes	Aceites	
Hormigón tratado	2	1-2	2	1-2	1-2	1-2	0-1	0-1	1-2	0-1	0-1	1-2	0-2	
Hormigón reforzado con fibras	3	2	2	2-3	0-1	2	1-2	0-1	1-2	0-1	0-1	1-2	0-2	
Tratamiento superficial con áridos especiales	1	1	2	1	3	2	1	0-1	1-2	0-1	0-1	1-2	0-2	
Tratamiento superficial con pintura polimérica	1	1	0-1	1	1-2	1-2	0-1	1	2	1	2	2	2	
Recubrimiento de mortero epoxi	3	2-3	0-1	2-3	1-2	2-3	1-2	2	3	2	3	2	2	
Recubrimiento de mortero con poliuretano	2	3	0-1	3	1-2	2-3	0-1	2	3	2	0	2	2	
Recubrimiento de mortero hidráulico modificado con resina acrílica	3	2-3	1-2	3	1-2	2-3	2-3	2	3	2	3	2	2	
Recubrimiento asfáltico	1-3	0-2	0	0-1	1-2	1-2	0-1	2	2	1	1	0-1	0-1	

Código de elección: 0 - Inadecuado
1 - Aceptable
2 - Apropriado
3 - Muy apropiado

BIBLIOGRAFY

- MOPTMA: Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes. PG-3-1975.
- MOPTMA: Norma Tecnológica de la Edificación. NTE-RSC 1986.
- PUERTOS DEL ESTADO.- ROM 4.1-94.- "Proyecto y Construcción de Pavimentos Portuarios".
- Díez González, J.J.: Pavimentos Industriales de Hormigón: Proyecto-Construcción, Recubrimientos. Agrupación de Fabricantes de Cemento de España, 1975.
- Institut Technique des Bâtiments et des Travaux Publics. "Travaux de Dallage: Regles Professionelles". ANNALES DU ITBTP, N° 482 - (Mars-Avril 1990.)
- Jail, W., Destrée, X. y Vandewalle, M. - "Betón Reforcé de Fibras: Applications aux Dallages Industriels". ANNALES DU ITBTP, N° 522 , (Mars-Avril 1994.)
- Mackay, H.S., Grey, J.W. y Lilley, A.A. - "Design of Paved Areas for Industrial Usage". The Concrete Society, Technical Report, N° 24. (October 1983.)
- Fernández Sánchez, R.- Pavimentos Continuos de Hormigón Armado. Pavimentos Armados con Fibras de Acero. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Madrid.
- Jofre Ibáñez, C. & Domínguez Bidagor, J.R. Color y Textura en Pavimentos de Hormigón, IECA, Madrid, 1996.
- Centre Scientifique et Technique de la Construction.- Sols industriels a base de resines, Bruxelles, Décembre 1981.
- Centre Scientifique et Technique de la Construction. NIT 204.- "Sols industriels à base de ciment", Bruxelles, Juin 1997.
- American Concrete Institute: "Manual of Concrete Practice; Guide for Concrete Floor and Slab Construction." ACI 302.1.

BIBLIOGRAFÍA

- MOPTMA: Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes. PG-3-1975.
- MOPTMA: Norma Tecnológica de la Edificación. NTE-RSC 1986.
- PUERTOS DEL ESTADO.- ROM 4.1-94.- "Proyecto y Construcción de Pavimentos Portuarios".
- Díez González, J.J.: Pavimentos Industriales de Hormigón: Proyecto-Construcción, Recubrimientos. Agrupación de Fabricantes de Cemento de España, 1975.
- Institut Technique des Bâtiments et des Travaux Publics. "Travaux de Dallage: Regles Professionelles". ANNALES DU ITBTP, N° 482 - (Mars-Avril 1990.)
- Jail, W., Destrée, X. y Vandewalle, M. - "Betón Reforcé de Fibras: Applications aux Dallages Industriels". ANNALES DU ITBTP, N° 522 , (Mars-Avril 1994.)
- Mackay, H.S., Grey, J.W. y Lilley, A.A. - "Design of Paved Areas for Industrial Usage". The Concrete Society, Technical Report, N° 24. (October 1983.)
- Fernández Sánchez, R.- Pavimentos Continuos de Hormigón Armado. Pavimentos Armados con Fibras de Acero. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Madrid.
- Jofre Ibáñez, C. & Domínguez Bidagor, J.R. Color y Textura en Pavimentos de Hormigón, IECA, Madrid, 1996.
- Centre Scientifique et Technique de la Construction.- Sols industriels a base de resines, Bruxelles, Décembre 1981.
- Centre Scientifique et Technique de la Construction. NIT 204.- "Sols industriels à base de ciment", Bruxelles, Juin 1997.
- American Concrete Institute: "Manual of Concrete Practice; Guide for Concrete Floor and Slab Construction." ACI 302.1.

Relación de Personal Titulado de INTEMAC

Arquitectos

Jalvo García, Jaime
Luzón Cánovas, José M^a

Ingenieros de Caminos

Acón Robleda, Miguel Angel
Bauzá Ortúñez, Andrés
Calavera Ruiz, José
Calderón Apolo, Juan Carlos
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Cuesta Martín, José Ignacio
Díaz Lozano, Justo
Fernández Gómez, Jaime Antonio
González González, Juan José
González Valle, Enrique
Hostalet Alba, Francisco
Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jordán de Urríes de la Riva, Jorge
Ley Urzaiz, Jorge
Penón Molins, Eduardo
Rodríguez Escribano, Raul Rubén
Rodríguez Romero, Jesús M^a
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen
Vilardell Carbonell, Jordi

Ingeniero I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo

Ingenieros Industriales

Alvarez Cabal, Ramón Amado
Arroyo Arroyo, José Ramón
Bueno Bueno, Jorge
Durán Boldova, José Miguel
Santos Olalla, Francisco
Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Telecomunicación

San José Arribas, José

Licenciados en Ciencias Geológicas

Blanco Zorroza, Alberto
Massana Milá, Joan

Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Sylvia María
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos

Licenciada en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Arquitectos Técnicos

Custodio Sánchez, José M^a
Díez García, Francisco Javier
Miranda Valdés, Javier
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel
París Sánchez, Eva María
Riera Climent, María del Mar
Villacián Fernández, Aránzazu

Ingenieros Técnicos Industriales

Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
González Carmona, Manuel
Madueño Moraño, Antonio

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Aranda Cabezas, Lluís
Carrero Crespo, Rafael
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Mesto, Angel
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Carreras Ruiz, Francisco
Molero Vicente, M^a Isabel

Profesores Mercantiles

González Alvarez, Vicente
Sampedro Portas, Arturo

Técnico en Administración de Empresas

González del Olmo, M^a de la Peña de F.

Técnico en Informática

García Rodríguez, Juan Tomás

Técnico en Publicidad

Blanco Armas, Cristina

Topógrafo

Alquézar Falceto, Ricardo

CUADERNOS INTEMAC

CUADERNOS INTEMAC es una publicación trimestral, bilingüe en español e inglés, en forma de monografías que recogen trabajos realizados por los técnicos del Instituto o presentados en los Cursos y Conferencias organizados por el mismo.

Los temas tratados cubren tanto el campo de las Obras Públicas como el de la Edificación y sus Instalaciones.

• **Tarifa de suscripción anual** 2.800 ptas.



ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno Nº 28

“Análisis de la acción del viento en los edificios”.

Autores: **José Ramón ARROYO**
Ing. Industrial.

Prof. **Juan José BENITO MUÑOZ**.

Dr. Ing. Industrial.

Prof. **Ramón ALVAREZ CABAL**.

Dr. Ing. Industrial.

Cuaderno Nº 29

“Pavimentos de hormigón para usos especiales”.

Autor: **Juan María CORTÉS BRETÓN**.
Dr. Ing. de Caminos.

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno Nº 30

“Investigación sobre la eficacia de los distintos sistemas de reparación de estructuras de hormigón dañados por corrosión”

Autores: **Adolfo DELIBES LINERS**. (+)

Dr. Ing. de Caminos.

Jaime FERNÁNDEZ GÓMEZ.

Dr. Ing. de Caminos.

Pedro LÓPEZ SÁNCHEZ.

Ldo. en Ciencias Químicas.

Cuaderno Nº 31

“Durabilidad del hormigón en ambientes marinos”

Autor: **Pedro LÓPEZ SÁNCHEZ**.
Ldo. en Ciencias Químicas.

Cuaderno Nº 32

“Cálculo de muros cortina”

Autores: **Ramón ÁLVAREZ CABAL**.

Dr. Ing. Industrial.

José Ramón ARROYO.

Ing. Industrial.

Francisco SANTOS OLALLA.

Ing. Industrial.

VIDEOS TECNICOS

INTEMAC, dentro de sus actividades en el campo de la formación, ha iniciado la edición de una serie de VIDEOS TECNICOS, analizando distintos campos de la construcción.

SERIE OBRAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO.

REFERENCIA	TITULO	CONTENIDO	DURACION	PRECIO
Nº 8801 (1)	FABRICACION Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGON	Contempla, de forma completa y detallada, el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, medida de consistencia con el cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refrentado y ensayo a compresión.	27 min.	80.000 ptas* IVA INCLUIDO

EN PREPARACION

REFERENCIA	TITULO	REFERENCIA	TITULO
Nº 8802 (2)	MUESTREO Y ENSAYO DE ARMADURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO	Nº 9002 (6)	EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (II)
Nº 8901 (3)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE...	Nº 9101 (7)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A ESFUERZO CORTANTE
Nº 8902 (4)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A COMPRESION	Nº 9102 (8)	PIEZAS DE HORMIGON PRETENSADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE
Nº 9001 (5)	EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (I)		

* PRECIO para entregas dentro del territorio español

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

BOLETIN BIBLIOGRAFICO
9207
SERVICIO DE DOCUMENTACION

INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO para uso interno, que ofrece, en una lectura rápida, un panorama general de todas las publicaciones técnicas disponibles. Desde 1991, esta publicación bimestral, ha sido puesta a disposición del público.

El BOLETIN BIBLIOGRAFICO incluye:

- Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo.
- Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera.
- Secciones de Bibliografía y Cursos.
- Una sección de Congresos, Reuniones Técnicas y Ferias de próxima celebración en todo el mundo.
- **Tarifa de suscripción anual (6 números)** 18.000 ptas.

CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS

INFORMES BIBLIOGRAFICOS
SERVICIO DE DOCUMENTACION

EL INSTITUTO tiene un SERVICIO DE DOCUMENTACION, que pone a su disposición y que le puede informar sobre cualquier tema relacionado con la Edificación, Instalaciones, Obra Civil y Urbanismo. Se efectúan CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS sobre cualquiera de los temas indicados anteriormente, de acuerdo con las siguientes tarifas:

Apertura de expediente	2000 ptas.
Cantidad a abonar por referencia	.60 ptas.
Cantidad a abonar por hoja de fotocopia de documento	.25 ptas

Además de la Consulta Bibliográfica correspondiente, el INFORME BIBLIOGRAFICO contiene un breve documento redactado por un especialista en el tema, miembro de INTEMAC, con una serie de recomendaciones sobre la Bibliografía básica, así como los comentarios correspondientes.

Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: 15.000 ptas, más la tarifa de la consulta.

ARTICULOS TECNICOS

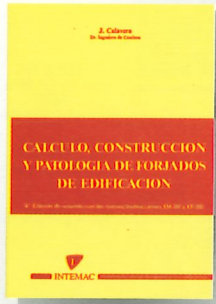
ARTICULOS TECNICOS
SERVICIO DE DOCUMENTACION

INTEMAC dispone de una amplia serie de trabajos publicados por nuestros técnicos en diferentes revistas. A continuación incluimos la lista de los últimos. Si está Vd. interesado, solicite relación completa de títulos.

- INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD Y LA CUANTÍA DE COSIDO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PIEZAS COMPUESTAS SOLICITADAS A FLEXIÓN
Enrique González Valle; Jaime Gálvez Ruiz; Luis García Dutari; Ramón Álvarez Caval.
- EL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA (HSC): LAS CARACTERÍSTICAS QUE CONDICIONAN EL CALCULO ESTRUCTURAL. Enrique González Valle.
- LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE INFORMACIÓN EN LAS OBRAS. Adolfo Delibes Liniers.
- INVESTIGACIÓN SOBRE REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO DAÑADAS POR CORROSION DE ARMADURAS. Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez.
- HORMIGONADO EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS: ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS DURANTE EL HORMIGONADO DE UN TABLERO POSTENSADO. Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez; Miguel Ángel Acón Robleña.
- LA INFLUENCIA DEL DIAGRAMA TENSION DEFORMACIÓN EN EL CÁLCULO A FLEXIÓN DE SECCIONES REALIZADAS CON HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA. Enrique González Valle; José Mº Izquierdo; Bernaldo de Quirós.
- EFFECTOS DINÁMICOS EN PUENTES. VARIACION DEL COEFICIENTE DE IMPACTO. Enrique López del Hierro Fernández; Juan José Benito Muñoz; Javier Gallego Valarde; Ramón Álvarez Cabal.
- CUBIERTAS METÁLICAS DE GRAN LUZ. Mercedes Gómez Álvarez; Justo Díaz Lozano; Ramón Álvarez Cabal.
- LA INSPECCIÓN Y ENSAYO. ORGANIZACIONES DE CONTROL DE CALIDAD Y LABORATORIOS. José Calavera Ruiz.

P.V.P. 400 ptas./ ejemplar.

AGOTADO



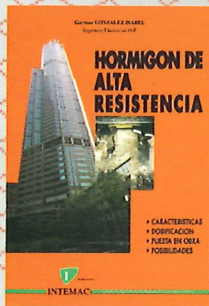
CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y PATOLOGÍA DE FORJADOS DE EDIFICACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

4ª Edición (1988)

- 678 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.900 Pta.



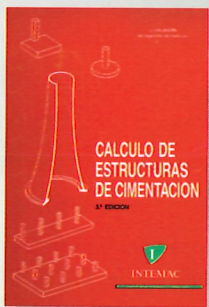
HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA

G. GONZÁLEZ-ISABEL
(Ingeniero Técnico de O. P.)

- 316 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 6.500 Pta.

AGOTADO



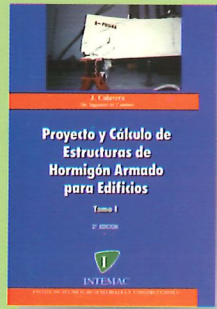
CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

3ª Edición (1991)

- 418 páginas

Precio: 8.000 Pta.

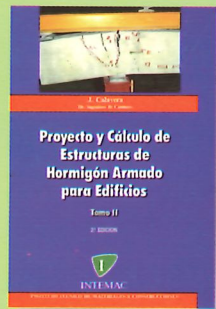


PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS (TOMO I)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1991)

- Tomo I - Cálculo de esfuerzos
- 568 páginas
- Encuadernación en gualflex



PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS (TOMO II)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1991)

- Tomo II - Dimensionamiento y detalles constructivos
- 871 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio obra completa: 17.500 Pta.



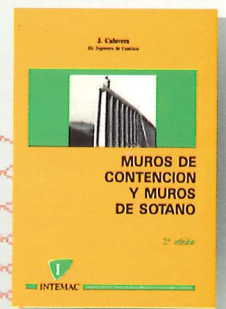
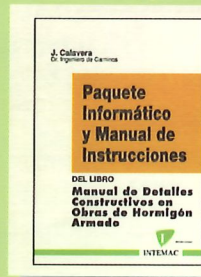
MANUAL DE DETALLES CONSTRUCTIVOS EN OBRAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- 506 páginas, tamaño UNE A-4 • 210 detalles constructivos • 210 páginas de comentarios y recomendaciones • Encuadernación en gualflex

Precio: - Libro: 16.000 Pta. - Paquete informático: 30.000 Pta. (Manual de Instrucciones y Disquetes)

El libro y el programa se venden por separado



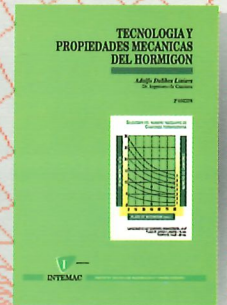
MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SÓTANO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1989)

- 307 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.000 Pta.



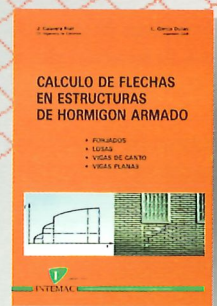
TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

A. DELIBES (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1993)

- 396 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.500 Pta.



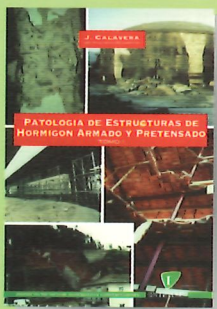
CÁLCULO DE FLECHAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

L. GARCÍA DUTARI (Ingeniero Civil)

- 336 páginas
- 312 tablas de comprobación de Forjados, Losas, Vigas de Canto y Vigas Planas
- Un disquete conteniendo tres programas informáticos de Cálculo de Flechas, para secciones de forma cualquiera
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.400 Pta. (Libro más paquete Informático)



PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- Tomo I - Capítulos 1 a 12 • Tomo II - Atlas de fisuras - Ábacos de cálculo
- 680 páginas • 231 fotografías • 258 figuras • 118 referencias bibliográficas
- Encuadernación en gualflex

Precio de la obra completa: 16.000 Pta.

