

Sistema de gestión de la conservación de firmes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes de España

Spanish Ministry of Public Works and Transport's Pavement Maintenance Management System

FRANCISCO CRIADO (*)
FRANCISCO ACHUTEGUI (**)
OSCAR GUTIERREZ-BOLIVAR (***)

RESUMEN. Se trata, en primer lugar, la necesidad de actualizar los métodos de gestión que tradicionalmente se venían utilizando. Seguidamente, se expone la metodología para conseguirlo y los objetivos parciales que se han de cumplir. Se explica cómo se han aprovechado y adaptado los recursos existentes para su uso en el sistema de gestión. A continuación, se detallan las nuevas funciones que se han desarrollado, como son el inventario de firmes y los métodos para evaluar su estado desde el punto de vista funcional y estructural. Se muestra también cómo se ha articulado toda esa información en una base de datos y cómo se pretende explotarla. Se describen los criterios para asignar actuaciones y la forma de establecer prioridades, para terminar con un análisis de las perspectivas futuras.

ABSTRACT. This paper first deals with the need to update the management methods which have been traditionally employed in pavement maintenance in Spain. It goes on to set out the methodology used to achieve this along with the partial objectives to be covered. An explanation is provided of how existing resources have been utilized and adapted for use in the management system. Details are specified of new functions that have been developed such as pavement inventories and the methods used to evaluate their condition from the functional and structural points of view. Methods used for collecting this information in a data base are explained along with how this information can be used. The criteria for deciding on particular actions are described and also the methods used to establish priorities. The paper ends with an examination of prospects for the future.

1. ANTECEDENTES

La preocupación por el estado de los firmes de las carreteras es muy antigua. A título de ejemplo, ya en el Código Teodosiano del 483 d. de C., se recuerda, ante la situación de las calzadas del Imperio, la obligación de todos de soportar las cargas para su conservación. Ciñéndonos a España y más modernamente, ante las críticas sobre el estado de la red, en 1924 se realizó una

evaluación visual de todos sus firmes. Como consecuencia surgió, en 1926, el llamado Circuito de Firmes Especiales, rehabilitándose muchos de los firmes de macadam por medio de riegos y mezclas bituminosas, hormigones, etc., lo que supuso una considerable transformación del estado de la red. Este puede considerarse como el primero de una serie de planes de actuación posteriores destinados a la

1. BACKGROUND

Concern for the condition of roads goes back a long time. In the Theodosian Code of 483 A.D., for example, the duty of all citizens to contribute to road maintenance costs is recalled, in the light of their condition in the Roman Empire. Moving to Spain in more modern times, as a response to criticism of the state of the road network, a visual inspection of all pavements was carried out in 1924. As a result,

the so-called Special Pavement Circuit came into being in 1926 and many of the macadam pavements were rehabilitated by using surfacing dressings coated macadam and cement concrete, etc., which considerably improved the condition of the network. This could be taken as the first of a series of planned subsequent actions aimed at upgrading pavements in the network to meet social demands. Unfortunately, it seems to be a

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

(**) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX (MOPT).

(***) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX (MOPT).

adecuación de los firmes de la red a las demandas sociales. Lamentablemente, parece haber sido una constante histórica, y que no sólo se da en nuestro país, que una vez solucionados los problemas acuciantes por medio de inversiones cuantiosas, no se prosigue el esfuerzo, prestando menos atención de la debida a la conservación.

En nuestros días, y a punto de terminar el Plan de Carreteras que supondrá que las autovías y autopistas libres dependientes del MOPT alcanzarán una longitud de unos 4.000 km, se ha hecho más apremiante la actualización de los métodos de gestión de los firmes. Con ello se evitarán los males mencionados anteriormente y se podrá preservar la importante inversión realizada. Consciente de ello, el MOPT decidió iniciar los trabajos para desarrollar un sistema de gestión de firmes, teniendo como objetivo principal el establecer prioridades en las actuaciones de rehabilitación superficial y estructural. Con esa finalidad se creó una comisión encargada de dirigir, impulsar y supervisar los trabajos necesarios. En 1990 la comisión estableció los objetivos a conseguir, esbozando las distintas fases en que se dividirá la tarea. Se encargó asimismo al Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX la asistencia técnica necesaria para desarrollar los distintos trabajos.

Con esto no quiere decirse que hasta ese momento no se estuviera haciendo nada por la conservación. Lo que se pretende con la implantación de un sistema de gestión es mejorar la metodología, utilizando criterios homogéneos y aprovechando al máximo la tecnología disponible. La forma de distribuir los fondos estaba en función de las demandas de las Demarcaciones y Unidades Provinciales de Car-

reteras, que son las divisiones territoriales que administran la red. Este método planteaba el inconveniente de que la información sobre las características de los firmes y su estado se encontraba diseminada. Además, la información no se recogía de una forma sistemática ni con los mismos métodos, lo que impedía una puesta en común. Asimismo, las actuaciones para resolver situaciones parecidas no eran siempre similares. Se impedía así un cierto grado de objetividad a la hora de asignar prioridades, pues la información y los criterios aplicados diferían entre los responsables de cada una de las zonas. Así, aun cuando en cada provincia o demarcación se intentara hacer la mejor conservación posible, seguramente la gestión no lo sería para el conjunto de la red. Además de mejorar la labor de asignar con mayor objetividad los fondos, el propio sistema de gestión permitirá una mejora en el conocimiento del comportamiento de los firmes y de cuáles son las actuaciones más adecuadas para cada problema.

2. PLANTEAMIENTO INICIAL

A la hora de diseñar el esquema general del sistema de gestión de firmes, se consideró la posibilidad de adoptar uno ya existente. Esta opción se descartó no por un prurito de originalidad, sino para obtener la mayor operatividad del sistema. Además, las primeras etapas del trabajo, como puede ser la realización de un inventario de firmes, que es de las más costosas, pues exige la recogida, selección y tratamiento de una gran cantidad de información, apenas se ven influenciadas por el modelo de sistema de gestión. El utilizar modelos existentes, como los basados en el coste del usuario y, por

fact of history which is seen not only in Spain, that when pressing problems are solved at high cost, such efforts are not always followed up and less attention is paid to maintenance than should be.

In recent times, with the Spanish Road Plan nearly completed which will mean that the Ministry of Public Works and Transport will be responsible for some 4,000 km of free motorways and expressways, the question of updating pavement management methods has become more acute. By these means the problems mentioned earlier will be avoided and the considerable investment made can be safeguarded. Conscious of this, the Ministry of Public Works and Transport decided to begin development on a pavement management system, with the principal objective of establishing priorities for surface and structural rehabilitation. A Commission was created for the purpose of directing, initiating and supervising the appropriate tasks. In 1990, this Commission set targets and outlined the different stages into which the functions would be divided. The CEDEX Road Studies Centre was assigned the job of providing the necessary technical assistance in developing the different functions.

This does not imply that until that time no attention had been paid to maintenance. The aim of the management system is to improve the methodology, using consistent criteria and taking maximum advantage of the available technology. The method of allocating funds was based on the requirements of the different Provincial and Area Road Units, which are the regional bodies responsible for running the network. This method had the drawback that information on the characteristics and condition of pavements was spread over several bodies. In addition, data were not collected systematically or consistently

using the same methods, which hampered overall action. Furthermore, measures taken to resolve similar problems were not always consistent. This made it difficult to achieve a certain objectivity in designating priorities, as the information and criteria used differed amongst the different regional bodies concerned. As a result, although each Provincial or Area Unit attempted to achieve the highest possible standards of maintenance, the management of the network as a whole was not up to the task.

Apart from allocating funds more objectively, the management system will lead to improvements in awareness of the behaviour of pavements and of which measures will be most suitable in respect of each problem.

2. INITIAL APPROACH

In designing the principal features of the pavement management system, the possibility of adopting an existing system was considered. This option was rejected, not out of any burning desire to be original but to make the system as effective as possible. Furthermore, the first stages of the project, including drawing up a pavement inventory - one of the most costly functions as it means collecting, selecting and processing a huge quantity of information - were scarcely affected by the management system model. The use of existing models, such as those based on user cost and, therefore, on the evenness evolution, was later ruled out for several reasons, the first of these being the difficulty in estimating these costs, all the more so when the considerable cost differentials involved mean very poor levels of evenness which are scarcely found in the network. The second reason was that because of the rigidity of the existing pavements, they become structurally worn out

tanto, en la evolución de la regularidad longitudinal, se descartó posteriormente por varias razones. La primera de ellas es la dificultad en evaluar dichos costes, máxime cuando los diferenciales apreciables de costes suponen unos niveles muy pobres de regularidad, que difícilmente se encuentran en la red. La segunda es que, dada la rigidez de los firmes existentes, ocurre en muchos casos que se llega al agotamiento estructural sin que apenas se haya modificado sensiblemente la regularidad longitudinal. Por esta razón, al plantear el esquema de funcionamiento, se ha dado más importancia a la conservación del capital que al posible coste de los usuarios. Si se ha tenido en cuenta la regularidad, pero sin considerarla como único factor que englobe tanto la descripción del estado estructural de los firmes como la base de cualquier valoración económica.

Además, los sistemas preconfigurados tienen siempre una parte de lo que se denomina «caja negra», que hace que los usuarios del sistema no siempre conozcan o controlen la razón de las soluciones que proporcionan.

Por otra parte, se previó la posibilidad de cambios a medida que se iban desarrollando los trabajos, de forma que el sistema se pudiera adaptar tanto a la realidad física como a los usos y medios existentes. Por esta razón, se pensó que debería ser abierto y flexible. El aprovechamiento de los equipos materiales y humanos existentes se consideró como un factor de peso considerable a la hora de optar por una u otra solución.

Por último, se estimó que la implantación debería producirse en el menor tiempo posible, pero sin perder rigurosidad en la metodología. Para cumplir esta última condición se consideró de vital impor-

tancia el conocer, en cada momento, el grado de precisión de la información disponible y el grado de adecuación de las decisiones tomadas. Ante esta exigencia, que parece de sentido común, y teniendo en cuenta la urgencia con que se debía disponer del sistema, se optó por realizar una implantación del sistema en fases. De esta forma se pretendió satisfacer por un lado la prontitud con que se exigían resultados y, por otra, la rigurosidad que debía presidir esta labor. Se conseguiría así utilizar las ventajas de un sistema no muy perfeccionado, pero que siempre sería mejor que no tener ninguno, mientras paralelamente se iban desarrollando las mejoras.

3. ANALISIS DE LA REALIDAD EXISTENTE

Una vez realizado el esquema general de funcionamiento que se pretendía seguir, se ha tenido un especial cuidado en el estudio de los métodos y medios que se han venido utilizando anteriormente. Se intenta conservar el capital humano, los conocimientos técnicos y el material acumulado durante largo tiempo. Para proponer alguna reforma sustancial, el balance entre los beneficios que aportaría frente al esfuerzo de aprendizaje y adaptación debería ser claramente superior a la pérdida de un determinado método o medio en el que se tenga cierta destreza. Es decir, el cambio no se considera como algo beneficioso en sí mismo. Veamos, a continuación, algunos de los estudios que se han realizado.

3.1. SISTEMA DE REFERENCIACION

Sin un buen sistema de referenciación no se puede estructurar una base en que se rela-

without the longitudinal evenness having been appreciably modified. For this reason, the approach based on principles of functionality assigned more importance to the preservation of the invested capital than to the possible cost to users. Evenness was taken into account but without considering it as the only factor encompassing both a description of the structural condition of pavements and the basis for any financial appraisal.

Furthermore, the existing systems all suffer in part from what is known as the black box syndrome which means that users of the system are not always aware of or cannot control the reasons for the solutions provided.

The possibility was also envisaged of modifications tailored to the model as work progressed, in order to be able to adapt the system both to the physical situation and existing uses and resources. For this reason it was felt that it should be open and flexible. The use of existing human and material resources was accorded considerable importance in choosing between solutions.

Finally, there was a desire to implement the system as quickly as possible without sacrificing the rigorous nature of the methodology. To achieve this it was considered vitally important to be aware at all times of the level of accuracy of the information available and the extent to which the decisions taken were accordingly adapted to it. In the light of this requirement, which appears common sense, and bearing in mind the urgency with which the system was needed, it was decided to implement the system in stages. In this way the urgency with which results were required could be satisfied whilst at the same time there would be a gain from maintaining the rigorous methodology and the advantages of using a system which had not

been perfected, but which would be better than none, whilst at the same time improvements could be developed.

3. ANALYSIS OF THE CURRENT SITUATION

Once the general principles of operation were established, special care was taken over studying the methods and resources which had been used previously. The aim was to preserve the human resources, the technical knowledge and the material accumulated over long periods. In order to make substantial reforms, the benefits brought about over and above the effort required in training and adaptation must be clearly higher than the loss of particular methods and procedures in which a certain expertise has been acquired. In other words, the change was not considered as beneficial in itself. Some of the studies carried out are detailed below.

3.1. REFERENCING SYSTEM

Without a good referencing system, a base cannot be laid for properly relating the different data available on roads to the information required by the management system. Throughout the network, the kilometre point was traditionally used as reference, taken as the distance from the previous kilometre post. In practice these landmarks are more use as reference points than as precise distance indicators. As a result of changes in layouts to improve the conditions on many roads, the initial theoretical distance between each kilometre post had changed. Nevertheless, thanks to a survey of geometrical characteristics carried out periodically, the precise distances are available. The vehicle which carries out this task has recently been fitted with a global satellite positioning system (GPS) which provides the coordinates of each post with a

ciones adecuadamente los distintos datos que se tienen de la carretera y en los que se basa el sistema de gestión. En la red tradicionalmente se ha considerado al punto kilométrico como referencia, tomado como distancia al hito kilométrico anterior. En realidad, esos hitos ejercen más el papel de nudos que el de indicadores precisos de una distancia. Debido a las modificaciones de trazados realizadas para mejorar las condiciones de muchas carreteras, ha variado la distancia inicial teórica entre hitos de 1 km. No obstante, y gracias a un inventario de características geométricas que se realiza periódicamente, se conoce esta magnitud con precisión. Al vehículo que realiza esta labor se le ha dotado recientemente de un sistema de posicionamiento global por medio de satélites (GPS) que puede dar las coordenadas de cada hito con una buena aproximación y de ahí deducir las coordenadas de cualquier punto. También se consideran para la referencia el uso de nudos, que se suponen que tendrán una mayor estabilidad en el tiempo. Estos nudos pueden ser intersecciones con otras carreteras, límites provinciales, etc.

3.2. TRAFICO

El conocimiento del tráfico de una determinada sección de la carretera es fundamental para conocer las cargas que soporta el firme. La Dirección General de Carreteras viene tomando en su red de estaciones de aforo medidas de la intensidad de tráfico y de la distribución de los tipos de vehículos. Además el Centro de Estudios de Carreteras está utilizando básculas dinámicas para conocer el espectro de cargas a lo largo de la red. Esta información parece ser suficiente para su utilización en el sistema de gestión.

3.3. METODOS DE AUSCULTACION

Aunque antes no existiera un sistema de gestión, se venían auscultando los firmes, en algunos casos de forma sistemática, y en otros cuando se sospechaba que podría darse algún problema. Los resultados de dichas auscultaciones servían para tomar decisiones en los casos puntuales, pero, en general, no marcaban actuaciones en el conjunto de la red.

3.3.1. Inspección visual. La inspección visual siempre ha estado presente a la hora de determinar el estado de los firmes por parte de los responsables locales de su conservación. La Norma de Refuerzo de Firmes prescribe en el empleo de la inspección visual para el estudio del tipo de actuación. Sin embargo, sólo se han realizado en contadas ocasiones inspecciones detalladas de toda la red utilizando criterios homogéneos. Cabe citar la ya mencionada del año 1924 y más recientemente la del año 1982. Esta última se realizó con gran rigor y con una metodología que permitía detectar y eliminar posibles errores. Desgraciadamente no tuvo continuidad en años posteriores, con lo que se perdió una oportunidad para iniciar un sistema de gestión de toda la red. No obstante, el estudio de esas experiencias y las mismas razones que han impedido su continuidad han sido de vital importancia para diseñar un nuevo método de inspección visual.

3.3.2. Deflexiones. Durante años se ha utilizado en los firmes la medida de deflexiones. Es además uno de los parámetros fundamentales de la Norma de Refuerzos. En la realidad su uso queda circunscrito al ámbito de proyectos concretos. Esto es así debido a los bajos rendimientos que se obtienen con los equipos

high degree of accuracy and thus the coordinates of any point can be worked out. The use of reference points was also considered, as they would remain more constant with time. These reference points could be intersections with other roads or provincial boundaries, etc.

3.2. TRAFFIC

A knowledge of traffic on a particular road section is fundamental to know the loads which the pavement has to withstand. The Directorate General for Roads has been measuring traffic density and vehicle type distribution through its network in census stations. Furthermore, the CEDEX Road Studies Centre is using weigh-in-motion devices to establish the load spectrum throughout the network. This information appears to be sufficient for use in the management system.

3.3. AUSCULTATION METHODS

Although formerly there was no management system, pavement survey was carried out in some cases on a systematic basis and in others when it was suspected that there might be a problem. The results of this survey were used in taking decisions in individual cases but in general were not relevant to measures taken throughout the road network as a whole.

3.3.1. Visual inspection. Visual inspection has always been used in determining the condition of pavements by those locally responsible for their maintenance. The Pavement Strengthening Standards provide for the use of visual inspection in deciding the type of measures to be taken. Nevertheless, detailed visual inspections have only been carried out on a few occasions throughout the network using consistent criteria; for example, those already mentioned in 1924 and more recently in 1982. This latter inspection was meticulously carried out employing a meth-

odology which enabled possible errors to be detected and eliminated. Unfortunately, there had not been continuity in earlier years and the opportunity was therefore missed to start a management system throughout the network. Nevertheless, a study of these experiences and the factors which prevented continuity have been of vital importance in designing a new visual inspection method.

3.3.2. Deflection. The measurement of deflection has been carried out on pavements for some years. Furthermore, it is one of the fundamental parameters used in the Strengthening Standards. In practice its use is restricted to specific projects, owing to the poor performance of the equipment mostly used, such as the Lacroix deflectograph and impact deflectometers. This is the big drawback of using deflection as part of a management system. The possibility is currently being studied of using equipment with higher performance levels such as the curvimeter, which will enable advantage to be taken of the considerable experience accumulated in studying and interpreting deflection, for use throughout the road network.

3.3.3. Friction. The friction measuring device mostly used has been the SCRIM. In this case, systematic campaigns of friction measurement have been carried out throughout the network. Its high performance enables the whole network to be covered approximately once every two years. With the accumulated experience in handling it and interpreting its results, it would seem the ideal piece of equipment to use in the management system, although the future use of texture measurement has not been ruled out. The data provided enables corrective measures to be determined which are needed to correct pavements with insufficient adhesion.

3.3.4. Evenness. The meas-

más utilizados, como son el deflectógrafo Lacroix o los deflectómetros de impacto. Este es el gran inconveniente para utilizar las deflexiones dentro del sistema de gestión. En la actualidad se está estudiando la posibilidad de utilizar equipos de mayor rendimiento como el curvímetro, lo que permitiría aprovechar la larga experiencia que se tiene en el estudio e interpretación de las deflexiones para su aplicación a toda la red.

3.3.3. Rozamiento. El aparato de medida del rozamiento que con más profusión se ha utilizado es el SCRIM. En este caso sí se han realizado campañas sistemáticas de medida del rozamiento a lo largo de toda la red. Su alto rendimiento permite que, aproximadamente cada dos años, se cubra toda ella. Por la experiencia que existe en su manejo e interpretación de resultados, parece ser el equipo idóneo para emplear dentro del sistema de gestión, aunque no se descarta el uso en un futuro de las medidas de la textura. Los datos proporcionados determinarán la necesidad de realizar actuaciones superficiales que corrijan los pavimentos que presenten una adherencia insuficiente.

3.3.4. Regularidad superficial. La medida de la regularidad longitudinal se ha hecho con diversos aparatos y aplicando diversos criterios de evaluación. La tendencia actual es emplear el IRI como medida de la regularidad, sobre todo desde que se exige un determinado valor de este parámetro en las obras nuevas. En general, los equipos utilizados son de gran rendimiento, pero la realidad es que, aunque se hayan auscultado longitudes considerables, no se han hecho hasta ahora campañas sistemáticas en toda la red. Es de esperar que en un futuro cercano se tenga esta información para utilizarla como un parámetro más dentro del sistema de gestión

de firmes. Respecto a la regularidad transversal hay que decir que se ha medido por medio de algunos equipos de alto rendimiento y por la inspección visual.

4. NUEVAS NECESIDADES DETERMINADAS POR EL SISTEMA DE GESTIÓN

Estudiada la realidad existente, se vieron las carencias que existían para poder implantar un sistema de gestión. Como ya se ha dicho, se trató de aprovechar al máximo los medios disponibles, pero se concluyó, también, que era necesario ampliar esa información para poder hacer mínimamente operativa la gestión de los firmes, sin perjuicio de añadir otras mejoras más amplias en el futuro. El problema de la determinación de las solicitudes se encuentran bastante resuelto, pero no así el conocimiento de la estructura de los firmes. Para la descripción del estado estructural de los firmes, se vio que existían diversos métodos, pero ninguno satisfacía las exigencias del sistema de gestión, sobre todo en cuanto a la necesidad de abarcar toda la red. En lo referente a la seguridad frente al deslizamiento, el coeficiente de resistencia proporcionado por el SCRIM satisfacía las necesidades marcadas. En cuanto a la irregularidad transversal, aunque, en general, no es un problema preocupante hoy en día en nuestros firmes, debido a la formulación de las mezclas bituminosas, sí es un parámetro que debe tenerse en cuenta de cara a los problemas de seguridad que puede ocasionar. La regularidad longitudinal, aunque no se excluye como una parte más de los datos a considerar, no se ha considerado como un parámetro imprescindible en esta primera fase.

Así, pues, para resolver las carencias más importantes se

urement of longitudinal evenness has been carried out with several different pieces of equipment and using several evaluation criteria. The current trend is to use the IRI to measure evenness, especially since a particular value is specified for this parameter in new road construction. In general, the equipment used perform extremely well, but the fact is that although survey has been carried out along substantial road sections, no systematic campaigns have been undertaken throughout the network. It is to be hoped that in the near future this information will be available for use as a further parameter in the pavement management system. As far as transverse evenness is concerned, this has been measured with various high performance devices and by visual inspection.

4. NEW REQUIREMENTS DETERMINED BY THE MANAGEMENT SYSTEM

Once the existing situation was analyzed, its shortcomings were examined in order to implement a management system. As mentioned, the aim was to make use of existing resources to a maximum extent but it was also realised that further information would be needed to make pavement management operational to even a minimal degree, without prejudice to making further improvements to the system in the future. The problem of determining stresses had been virtually resolved but this was not the case with the knowledge of pavement structures. There were several methods used in describing the structural condition of pavements but none satisfied the requirements of the management system, particularly with respect to the need to cover the whole network. As far as skid resistance was concerned, the coefficient of friction provided by the SCRIM sat-

isfied the established need. As far as transverse evenness was concerned, although in general it is not of particular concern today, thanks to the composition of asphalt materials, it is nevertheless a parameter which must be taken into account in the light of the safety problems it could cause. Longitudinal evenness, although not ruled out as a further element in the data to be considered, was not included as an essential parameter during this first stage.

In order to make up for the most important shortcomings, it was therefore decided to carry out a pavement inventory which would provide minimum information on the structure of pavements, and a visual inspection which would reveal their structural condition and transverse evenness. In order to carry out these tasks, collaboration was obtained from all those responsible for maintenance, who certainly have most knowledge regarding pavements, their history and their current condition. By these means the double objective was achieved of collecting increasingly reliable information and involving the parties concerned with maintenance in the process, and improving the general knowledge available of the network and its problems.

4.1. PAVEMENT INVENTORY

In order to carry out a pavement inventory, forms were printed and sent to the different Provincial Units to be filled in by those who were closest to each of the roads in question and who therefore had most knowledge of their structure and history. In designing these questionnaires, it was debated whether to make them long and complicated or keep them simple. In view of the diversity of the network, the innumerable works that had been carried out on pavement throughout the years and their lack of uniformity, not only along roads but

decidió realizar un inventario de firmes que proporcionara un mínimo conocimiento de la estructura de los firmes, y una inspección visual que describiera el estado estructural y la regularidad transversal de los firmes. Para el desarrollo de estas labores se contó siempre con la colaboración de todas las personas responsables de la conservación que, en definitiva, son los que mejor conocen los firmes, su historia y el estado en que se encuentran. Con esto se conseguía el doble objetivo de disponer de informaciones más fiables y de implicar en el proceso a las personas que se dedican a la conservación, mejorando el conocimiento general de la red y sus problemas.

4.1. INVENTARIO DE FIRMES

Para la realización del inventario de firmes se hicieron unos impresos que se enviaron a las distintas unidades provinciales para que las rellenaran las personas que están más cerca de cada una de las carreteras y que, por tanto, mejor conocen su estructura e historia. A la hora de confeccionar los cuestionarios se planteó la posibilidad de hacerlos muy prollos o por el contrario muy simplificados. Dada la diversidad de la red, las innumerables actuaciones que se han hecho sobre los firmes a lo largo de los años y la falta de uniformidad de éstas, no sólo en el sentido longitudinal de la carretera, sino también en el transversal (rectificaciones en planta y alzado, ensanches, etc.), se hacía difícil encontrar una solución. Si se hacía muy prolijo, se corría el riesgo de que, dada la dificultad para obtener los datos, se hiciera demasiado penosa y costosa esa labor. Por otro lado, tampoco se quería perder una información que pudiera ser valiosa. Por ello se optó por una solución de compromiso pidiendo unos datos mínimos y dejando la posibilidad de aportar otros en

caso de que se tuvieran. Otro asunto laborioso era determinar el historial de los firmes, de los que en muchos casos no existía documentación escrita y fue preciso recurrir a la buena memoria de los encargados de la conservación. No obstante, y a pesar de las dificultades descritas, se ha conseguido mejorar considerablemente el conocimiento de la red. Básicamente, los datos que se pedían eran referencia de cada tramo, tipo de capa de rodadura y fecha, espesores de las distintas capas, actuaciones realizadas y sus fechas.

4.2. INSPECCION VISUAL

Como método para conocer el estado estructural de los firmes se eligió la inspección visual, pues se consideró que era el más efectivo, teniendo en cuenta los medios empleados y los resultados obtenidos. Además, se podía aplicar a una amplia variedad de tipos de firmes. A la hora de diseñar el método se evitó, en la medida de lo posible, que hubiera que hacer interpretaciones o valoraciones de la gravedad de los deterioros. Se planteó de forma que la inspección pudiera hacerse por un personal mínimamente entrenado que podría ser el propio personal de conservación. Por ser la primera vez que se usaba este método, se decidió inspeccionar toda la red, pero se espera que en sucesivas campañas sea suficiente con un muestreo. Se planteó la necesidad de repetir la campaña de evaluación visual cada dos años. En el método se tienen en cuenta las grietas longitudinales simples y las ramificadas, las zonas cuarteadas y hundidas, los baches y las grietas transversales; también las grietas selladas, las zonas reparadas y las roderas, distinguiendo entre las menores y mayores de 2 cm. Además se deja lugar a otros deterioros detectados. En cada uno de los tipos descritos no se consideran distintas gravedades, para evitar los

also across their sections (horizontal and vertical modifications, widening, etc.) it was difficult to find a solution. If it was made too long winded, there would be a risk that owing to the difficulty of obtaining the information, the task would become too tiresome and costly. On the other hand, there was concern not to miss any potentially valuable information. A compromise solution was therefore adopted with minimum data requested but making provision for adding further information if it was available. Another laborious task consisted in determining the past history of pavements, in respect of which in many cases there were no existing documented records and it was therefore necessary to rely on the long memories of maintenance personnel. Despite these difficulties however, knowledge of the network has been considerably improved. The basic information requested in respect of each section included the type and date of the wearing course, the thicknesses of the different layers and details and dates of works carried out on them.

4.2. VISUAL INSPECTION

Visual inspection was selected as the method for establishing the structural condition of pavements, as it was considered most effective taking into account the resource employed and the results to be obtained. In addition, this method can be used on a wide variety of pavement types. In designing the methodology, the need to interpret or evaluate the severity of the deterioration was avoided as far as possible. The approach was based on carrying out inspections using staff with minimal training who could also carry out maintenance. As it was the first time this method had been used, it was decided to inspect the whole network, but it is hoped that in future campaigns a sampling process

will suffice. It was decided that the visual inspection campaign would need to be repeated every two years. The method involves taking into account simple longitudinal cracks and branching cracks, areas of crazing and subsidence, potholes and transverse cracks, cracks that have been filled in, repaired areas and ruts, distinguishing between those under and over 2 cm. In addition, provision for other types of observed deterioration is made. The severity of the problem is not considered in respect of each of these features, in order to avoid the problems of interpretation already mentioned. Cracks are classified depending on whether or not they are within a wheel path. The position of each deterioration is indicated along with its starting and finishing point and summaries of the length of each type of deterioration are made every kilometre. All these data are fed into the Provincial Unit's computer and subsequently forwarded for inclusion in the data base.

5. THE DATA BASE

All the above mentioned information and other data obtained in the future will be fed into a data base. Several programs have been developed to process this data. In some cases calculations have to be made to obtain representative values to reduce the amount of information to be processed, as it is a different matter studying information metre by metre from having a representative value for a longer section, taking into account that corrective measures will have to cover considerably longer road sections. Information of different kinds is inter-related through a cross-referencing system with the dates on which the data were obtained. As the sections of road dealt with vary in accordance with different factors (traffic, pavement type, climate,

problemas de interpretación que se han mencionado. Se distingue la situación de las grietas según se encuentren dentro o fuera de la zona de rodadas. Para cada deterioro se indica su posición, señalando dónde empieza y dónde acaba y haciéndose posteriormente resúmenes de las longitudes de los deterioros cada kilómetro. Todos estos datos son introducidos en ordenador en cada Unidad Provincial, enviándolos posteriormente para su inclusión en la base de datos.

5. BASE DE DATOS

Toda la información mencionada o cualquier otra que se tenga en el futuro se introduce en una base de datos. Para ello se han desarrollado diversos programas que tratan los datos. En algunos casos, es necesario realizar algunos cálculos para obtener valores representativos con lo que se puede disminuir la cantidad de información a tratar, pues no es lo mismo estudiar datos cada metro que dar un valor representativo a un tramo más largo, teniendo en cuenta que las actuaciones deberán abarcar longitudes considerablemente superiores. La forma de relacionar datos de distinta naturaleza es a través del sistema de referenciación y de las fechas en que se tomaron esos datos. Dado que los tramos considerados son distintos atendiendo al tipo de información de que se trate (tráfico, tipo de firme, clima), será necesario articular unas tablas auxiliares en donde se hallen las intersecciones entre los distintos tramos, de forma que los resultados sean homogéneos frente a las diversas características en estudio.

La base de datos cumplirá una doble función. Por un lado, suministrará los tramos candidatos a recibir alguna actuación y, por otro, servirá para hacer diversos tipos de estudios; entre ellos, los correspondientes a la evolución de los deterioros, que se utili-

zará en la segunda fase. También servirá para realizar informes descriptivos de la red y mapas. Al tratarse de una cantidad ingente de información, la forma de presentarla tiene a veces casi tanta importancia como la misma información. Así, por ejemplo, en un mapa se puede conocer de un vistazo tanto el estado general de una red como de un tramo en concreto. Hacer eso con un montón de papeles o incluso con un listado en la pantalla del ordenador es considerablemente más difícil.

6. ASIGNACION DE ACTUACIONES Y PRIORIDADES

Como está previsto aplicar el sistema en diferentes fases, se tratará principalmente de la primera que es la que se encuentra en estos momentos en fase de implantación. Para asignar actuaciones es necesario determinar primero unos índices que representen el estado de los firmes. Posteriormente, y en esta primera fase, se asignan actuaciones en función de los índices, tráfico pesado, tipología de los firmes y otros factores. Será después cuando se establezcan grados de prioridad. Previamente se ha juzgado necesario proceder a una tramificación de la red, dividiéndola en tramos homogéneos. Se han aplicado criterios con una amplitud acorde con el estudio de una red.

6.1. TRAMIFICACION DE LA RED

Al analizar la información obtenida de la base de datos, se ha visto que, al pretender que los tramos sean homogéneos respecto a cada una de las características consideradas, resultan en muchos casos demasiado pequeños para que sean manejables en el conjunto de una red. Es decir, pequeñas variaciones dan lugar a diferentes tramos consecutivos, lo que conduce a que las longitudes de los tramos sean excesivamente pequeñas. Por ello,

etc.) it will be necessary to prepare ancillary tables with details of the beginning and end of different road sections so that the results are consistent in respect of the different examined characteristics.

The data base will serve a double purpose. Firstly it will supply details of the road sections which will need corrective measures and in addition will enable several types of analysis to be carried out, including studies into the development of deterioration, which will be used in the second stage. It will also enable descriptive reports and maps of the road network to be prepared. As an enormous amount of information is involved, its presentation is sometimes as important as its actual content. For example, the general condition of the road network and of a particular section can be seen at a glance. To extract this information from a mountain of paperwork or even from a list on a computer screen is considerably more difficult.

6. ESTABLISHING PRIORITIES AND ASSIGNING TASKS

As the system is to be implemented in separate stages, the first stage, currently being implemented, will largely be dealt with. In order to decide on roadworks, some indicators first need to be prepared to represent the condition of the pavement. Later on in this first stage, roadworks will be assigned depending on these indicators, heavy traffic usage, the type of pavement and other factors. The degree of priority between them will be established later on. It is first necessary to break the road network down by dividing it into sections of similar type. Criteria have been used with a sufficiently wide scope, adequate for a road network study.

6.1. ROAD SECTIONING

When analysing information ob-

tained from the data base, it has been found that in many cases the road sections are too small to be manageable in the context of a road network as they have been divided up to ensure consistency in terms of each of the characteristics taken into account. In other words, small variations give rise to different consecutive road sections which means that the length of these sections is too small. It was therefore decided to apply broader criteria to group sections together which have minimal variations between them. With respect to heavy traffic, therefore, the five categories are used as set out in the Pavement Regulations (Table 1).

As far as the pavement types are concerned, the criteria for differentiation has again been broadened in accordance with the thicknesses of their layers (Table 2). The year of construction or of the most recent structural rehabilitation has not been used as a criterion for grouping together consecutive sections as it scarcely diminishes the average length of sections if only those constructed within a year of each other are considered to be of the same type, and it is not practical to extend this period. Thus two consecutive sections that have different traffic patterns but belong to the same category and different pavements but of the same type and year are grouped together to form a single section. A condition is assigned to each of these sections by means of indicators along with corrective measures required, where necessary.

6.2. INDICES

The indices show the actual condition of pavements and are therefore a basic factor in deciding whether a pavement requires attention and what this should consist of in general terms. The detailed study of each project will involve a more

se ha optado por aplicar unos criterios más amplios para agrupar tramos que apenas se diferenciaban. Así, para el tráfico pesado se consideran las cinco categorías que se contemplan en la Instrucción de Firmes (Tabla 1).

Respecto a los tipos de firme, también se ha hecho una agrupación de criterios diferenciadores más amplia, según los espesores de sus capas (Tabla 2). El año de construcción o de la última rehabilitación estructural no se ha considerado como criterio aglutinador de tramos consecutivos, pues apenas disminuye la longitud media de los tramos si se consideran homogéneos exclusivamente los construidos con un año de diferencia y no parece conveniente ampliar dicho período.

Así, dos tramos consecutivos que tengan tráfico distinto, pero pertenecientes a la misma categoría, y firmes distintos, pero correspondientes al mismo tipo y al mismo año, se agrupan para formar un solo tramo. A cada uno de estos tramos se les asigna un estado por medio de los índices, y una actuación, si fuera necesaria.

6.2. INDICES

Los índices muestran el estado actual de los firmes y son, por tanto, un elemento fundamental para decidir si un firme necesita una actuación y cuál ha de ser en términos generales. El estudio detallado de cada proyecto hará un examen más profundo de la realidad del tramo en cuestión. No se han considerado índices globales que agruparan a varios tipos de defectos. Se ha hecho así, por estimar que defectos distintos requieren soluciones diferentes. Se han considerado dos índices principales. Uno de ellos, obtenido de la inspección visual, pretende representar el grado de fatiga en que se encuentran los firmes. El otro, obtenido de la auscultación con el SCRIM, describe el grado de resistencia al deslizamiento

que presenta un tramo. También se consideran otros defectos menos frecuentes, como las roderas, especialmente las superiores a 2 cm, y otros deterioros. Pero son los índices principales los que mejor describen el estado general de la red. El índice de deterioro estructural es el porcentaje de longitud de calzada que presenta deterioros debidos a la fatiga del firme entre dos hitos kilométricos. Por esta razón se consideran de distinta forma las grietas que se encuentran dentro de las

CATEGORIA CATEGORY	IMD DE PESADOS AADT OF HEAVY TRAFFIC
T0	IMDp >= 2.000 AADT(h) >= 2.000
T1	2.000 > IMDp >= 800 2.000 > AADT(h) >= 800
T2	800 > IMDp >= 200 800 > AADT(h) >= 200
T3	200 > IMDp >= 50 200 > AADT(h) >= 50
T4	IMDp < 50 AADT(h) < 50

TABLA 1. Criterio de homogeneidad según el tráfico pesado.
TABLE 1. Criteria of similarity according to heavy traffic.

TIPO TYPE	DESCRIPCION DESCRIPTION
F0	TRATAMIENTOS SUPERFICIALES SOBRE CAPAS GRANULARES SURFACE DRESSING OVER GRANULAR LAYERS
F4-6	MEZCLAS BITUMINOSAS DE 4 A 6 CM DE ESPESOR SOBRE CAPAS GRANULARES COATED MACADAM 4-6 CM THICK OVER GRANULAR LAYERS
F7-11	MEZCLAS BITUMINOSAS DE 7 A 11 CM DE ESPESOR SOBRE CAPAS GRANULARES COATED MACADAM 7-11 CM THICK OVER GRANULAR LAYERS
F12-14	MEZCLAS BITUMINOSAS DE 12 A 14 CM DE ESPESOR SOBRE CAPAS GRANULARES COATED MACADAM 12-14 CM THICK OVER TYPE GRANULAR LAYERS
SF15-20	MEZCLAS BITUMINOSAS DE 15 A 20 CM DE ESPESOR SOBRE CAPAS GRANULARES COATED MACADAM 15-20 CM THICK OVER GRANULAR LAYERS
SF15 > 20	MEZCLAS BITUMINOSAS DE MAS DE 20 CM DE ESPESOR SOBRE CAPAS GRANULARES COATED MACADAM OF MORE THAN 20 CM THICKNESS OVER GRANULAR LAYERS
SR1	MEZCLAS BITUMINOSAS DE MENOS DE 18 CM DE ESPESOR SOBRE UNA CAPA TRATADA CON CONGLOMERANTES HIDRAULICOS COATED MACADAM LESS THAN 18 CM THICK OVER A LAYER BOUND WITH HYDRAULIC BINDERS
SR2	MEZCLAS BITUMINOSAS SOBRE DOS CAPAS CON CONGLOMERANTES HIDRAULICOS O CON UN ESPESOR DE 18 CM O MAS SOBRE UNA DE ESAS CAPAS COATED MACADAM ON TWO LAYERS BOUND WITH HYDRAULIC BINDERS OR WITH A THICKNESS OF 18 CM OR MORE OVER ONE SUCH LAYER
R	CAPA SUPERIOR DE HORMIGON VIBRADO CONCRETE PAVEMENT

TABLA 2. Criterio de homogeneidad según tipos de firmes.
TABLE 2. Criteria of similarity according to type of pavement.

thorough examination of the actual state of the section concerned. No overall index is provided which groups together different types of defect, as it is considered that different defects will require different solutions. Two principal indices are taken into account. One is obtained by visual inspection and aims to represent the level of fatigue in the pavement and the other, obtained by surveying with the SCRIM, indicates the skid resistance on a section. Other, less common, defects are taken into account such as rutting, especially when it exceeds 2 cm, and other types of wear. It is the two main indicators, however, which provide the best description of the general condition of the network. Structural deterioration is measured by the percentage of the length of the road between two kilometre posts which suffers wear as a result of pavement fatigue. For this reason cracks within wheel paths, which are usually due to fatigue, are treated differently from other cracks.

A representative value for the skid resistance index is taken as the highest measurement equalled by 92 % of the measurements made between two kilometre posts.

6.3. DESIGNATING ROADWORKS

Roadworks activities are decided upon using the indices, with

rodadas, que suelen deberse a fatiga, de las que no lo están.

En cuanto al índice de resistencia al deslizamiento, se ha tomado como valor representativo aquel que es superado por el 92 % de las medidas comprendidas dentro de dos hitos kilométricos.

6.3. ASIGNACIÓN DE ACTUACIONES

Se han asignado actuaciones en función de los índices, distinguiendo unos de otros. Así, si un firme presenta deficiencias en el coeficiente de rozamiento, pero su estado estructural es satisfactorio, sólo se prescriben actuaciones superficiales. Evidentemente, en el caso de que ambos índices fueran malos, se elegiría sólo una de las actuaciones, pues la que remedia la carencia estructural también debe solucionar el problema de la falta de resistencia al deslizamiento.

Mediante el índice de deterioros estructurales, el tráfico pesado y el tipo de firme, se elige la actuación a realizar. En la primera fase del sistema de gestión sólo se considera una actuación en el período de estudio. Este período se ha considerado que debe ser de un año a diez años. Las actuaciones de tipo estructural se determinan estimando que su duración alcance esas cifras. La gravedad de los deterioros y la intensidad del tráfico pesado son los factores determinantes para elegir el tipo de actuación. Para ello se ha asignado a cada tramo candidato una actuación en función del tipo de firme, del índice de deterioro y del tráfico pesado que soporta. En cuanto a la resistencia al deslizamiento, sólo se ha considerado la necesidad de intervenir o no, asignando a todos los casos el mismo tipo de actuación. Los umbrales de actuación varían ligeramente de acuerdo con la funcionalidad de la carretera.

Todas las actuaciones descritas se valoran en función de su tipo y de la anchura de las carreteras.

6.4. PRIORIDADES

Para cada tipo de índice se asigna una prioridad a cada tramo candidato a ser rehabilitado. En el caso de índice estructural, se ha tomado como criterio dominante el preservar la inversión realizada. Así, los firmes que presenten un mayor grado de deterioro y una mayor intensidad de tráfico pesado tienen preferencia sobre los que tienen menos tráfico y se encuentran en un mejor estado estructural. Esto se hace así debido a varias razones. Por un lado, parece lógico que, a igualdad de tráfico pesado, se arreglen antes los que están más deteriorados. Los que tienen mayor tráfico pesado, a igualdad de deterioro, presentan una mayor urgencia. Además, en general, los firmes que soportan más tráfico pesado son los más caros en su construcción y por ello también debe ser prioritario el conservar esa inversión. También se ha distinguido entre los firmes, pues los que evolucionan con mayor rapidez hacia su ruina, o su reparación es más costosa, deben tener preferencia. Guiándose con esos criterios, se han asignado unos grupos de prioridad en función del tipo de firme, categoría de tráfico pesado y unos intervalos del grado de deterioro. En caso de que dos tramos pertenezcan a un mismo grupo, se da prioridad al que tiene una mayor intensidad de vehículos pesados.

Respecto a la resistencia al deslizamiento, el criterio de prioridad se ha tomado en función del índice y del número de usuarios que tiene el tramo. Es decir, que para este índice el criterio fundamental para asignar prioridades es la repercusión que pueda tener en los usuarios. Con este objetivo se han dividido los valores de los índices en intervalos discretos. La prioridad la tienen los intervalos con valores de la resistencia al deslizamiento más bajos. Dentro de los más bajos se da preferen-

a distinción made between them. If the pavement therefore reveals a low coefficient of friction, but its structural condition is satisfactory, only surface roadworks will be designated. Clearly, if both the indices are bad, only one type of roadworks will be selected as, by remedying the structural defects, the problem of skid resistance will also be solved.

By taking the structural deterioration index, heavy traffic type and pavement type, work required to be carried out is decided on. In the first stage of the management system, only activities within the study period are considered. It has been decided that this period should be between 8 and 10 years. Structural work is decided upon when it is considered that it will last for at least this period. The extent of the deterioration and the intensity of heavy traffic are determining factors in selecting the type of work. For this purpose a particular corrective measure is assigned to each candidate section depending on the type of pavement, the deterioration index and the heavy traffic it bears. In the case of skid resistance, the only consideration is whether action is required or not, with the same type of treatment designated in all cases. The threshold for taking action varies slightly in accordance with the road function.

All the works described are valued according to their type and the road width.

6.4. PRIORITIES

In respect of each type of index, a priority is designated for each section which is a candidate for rehabilitation. In the case of the structural index, the dominant criterion is to preserve the investment made. Pavements which reveal a greater deterioration and have a higher level of heavy traffic therefore have preference over those with less traffic which are in better structural condition. This policy is

adapted for several reasons. On the one hand it seems logical that sections suffering greater deterioration are repaired first, if there is an equal amount of heavy traffic. Those which have an increased heavy traffic, amongst those in a similar state of deterioration, are treated as more urgent. Furthermore, in general, pavements which bear more heavy traffic are those which are most costly to build and therefore have priority in terms of preserving the investment. A distinction is also made in terms of pavement type as those which deteriorate more rapidly or are more costly to repair must have preference. Based on these criteria, priority groups are designated depending on the type of pavement, the heavy traffic category and the extent of deterioration involved. Where two sections belong to the same group, priority is given to the one with a greater density of heavy traffic.

As far as skid resistance is concerned, the criterion for priority depends on the index and the number of users on the sections concerned. In other words, the fundamental criterion for designating priorities in respect of the index is the repercussion it will have on road users. With this aim in mind, the values of the index are split into intervals and priority is given to those with lowest skid resistance. Within this latter group, preference is given to those which have the highest average traffic density and in the higher intervals, to roads with one carriageway rather than two or more as they are potentially more dangerous.

With each index, a list is prepared of the road sections arranged in order of their priority. The cost of the work is included along, finally, with the accumulated cost of the works (Table 3). Based on a fixed budget, roadwork can be selected down the list until the budget is absorbed.

PRIORIDAD PRIORITY	CARRETERA ROAD	CALZADA CARRIAGEWAY	PKINIC STARTING KM POINT	PKFIN ENDING KM POINT	TIPO ACTUACION TYPE OF WORK	VALORACION COST	ACUMULADO CUMULATIVE COST
1	N-538	UNICA SINGLE	965,6	970,7	A-2	177,6	177,6
2	N-679	UNICA SINGLE	330,8	334,0	A-3	101,0	278,6
3	N-287	DERECHA RIGHT	4,0	9,6	B-3	115,5	394,1
-	-	-	-	-	-	-	-

TABLA 3.
TABLE 3.

cía a los que tienen una intensidad media de vehículos superior; en los intervalos más altos, a las carreteras de una calzada frente a las de dos o más, por ser potencialmente más peligrosas.

Con cada uno de los índices se hace una lista con los tramos ordenados según su prioridad. Figura también la valoración de la actuación y, por último, el valor acumulado de las actuaciones (Tabla 3). Dado un presupuesto determinado, se pueden ir eligiendo actuaciones de la lista hasta eubirlo.

7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Como sumario de lo expuesto, se puede decir que se ha tratado de hacer un planteamiento realista de la forma de implantar un sistema de gestión de firmes. Se ha preferido empezar por lo más sencillo para tener más rigor en los planteamientos y soluciones. Simultáneamente, se ha buscado la viabilidad y la continuidad en los esquemas de funcionamiento iniciados. Se puede decir que en la primera fase se describe la red y el

estado en que se encuentra, proponiendo una serie de actuaciones que corrijan las deficiencias detectadas, señalando la prioridad de cada una de ellas. Será en la segunda y tercera fase cuando, además de describir el estado actual de la red, se pueda hacer pronóstico del futuro en función de las inversiones que se realicen, buscando las soluciones mejores para cada tramo o las óptimas para el conjunto de la red. Además, se proponen como objetivos mejorar los métodos de auscultación, el inventario de firmes, la referenciación y el tratamiento y presentación de la información. Para ello se pueden usar avances de la tecnología, como los aparatos de radar que dan espesores de capas, sistemas de posicionamiento global, sistemas de información geográfico, y a más largo plazo sistemas de tratamiento de imágenes para inspeccionar automáticamente los firmes, etc. También se prevé la realización de campañas sistemáticas de regularidad y de textura superficial de los firmes, sin abandonar las de medida del coeficiente de rozamiento.

7. CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR THE FUTURE

By way of summary, an attempt has been made in a realistic manner to implement a pavement management system. Preference has been given to starting in a simple fashion in order to adopt a more rigorous approach to problems and solutions. At the same time, viability and continuity have been sought in the operating systems initially implemented. In the first stage, the network and its conditions are being examined and a series of future measures are being proposed to correct any defects found, with a priority being assigned to each of them. It will be in the second and third stages, as well as examining the actual condition of the network, that a prognosis

for the future will be drawn up depending on the investment to be made and better solutions will be sought for each section along with optimal solutions for the network as a whole. In addition, objectives include improving methods of survey, pavement inventory, referencing and data processing and presentation. For these purposes, use can be made of technological development such as radar for measuring the thickness of layers, global satellite positioning systems, geographical information systems and, in the longer term, image treatment systems for automatically inspecting pavements, etc. Systematic campaigns are also being provided for, covering pavement surface evenness and texture, without dispensing with measurement of the coefficient of friction.

«PLANIFICACION DE REGADIOS»

Fecha: 31 de mayo a 4 de junio.

Director: Delfín Pulido Hijo.

Contenido básico:

- Planificación internacional, nacional y regional.
- Evaluación de recursos hidráulicos.
- Demandas de riego.
- Balances hidrológicos.
- Planificación de zonas regables.
- Evaluación económica de proyectos. Índices económicos. Métodos de cálculo.
- Priorización de proyectos. Técnicas de clasificación. Programación multiobjetivo.
- Programación y financiación de inversiones.
- Los regadíos en la planificación de cuencas.
- Coloquio.

«ORGANOS DE DISIPACION DE ENERGIA HIDRAULICA»

Fecha: Del 8 al 11 de junio.

Director: Cristóbal Mateos Iguacel.

Contenido básico:

- Mecánica local y global de la disipación de energía.
- Organos para disipación distribuida de la energía:
 - Dimensionamiento y límites de los aliviaderos escalonados.
 - Disipación en rampas dentadas.
 - Cadenas de azudes en cauces de fuerte pendiente.
 - Generación de flujos helicoidales en grandes conducciones y disipación de la energía resultante.
- Organos para disipación concentrada de la energía:
 - Cuencos de resalto. Cuencos tipificados.
 - Cuencos de caída y fosas de erosión.
 - Aliviaderos en poza.
 - Trampolines semisumergidos.
 - Disipadores especiales para válvulas.

«REHABILITACION DE SISTEMAS DE RIEGO»

Fecha: 14 al 18 de junio.

Director: Gerardo García Villa.

Contenido básico:

- Rehabilitación vs. nuevos regadíos. Objetivos.
- Tipología de proyectos.
- Procedimientos de evaluación de la eficiencia del riego.
- Costes unitarios.
- Sustitución de métodos de riego.
- Rehabilitación. Estudios previos. Diagnóstico. Proyecto.

- Evaluación socioeconómica de las obras.
- Ejecución de las obras.
- Explotación del sistema rehabilitado.
- Ordenación de proyectos. Criterios de prioridad.
- Métodos de ordenación de proyectos con objetivos múltiples.
- Coloquio.

«REGADIOS Y MEDIO AMBIENTE»

Fecha: 28 de junio a 2 de julio.

Director: Santiago Javier López Piñeira.

Contenido básico:

- Normativa española de ámbito estatal.
- Normativa de protección ambiental de las Comunidades Autónomas y de la Comunidad Europea.
- Obras principales de riego. Obras y tecnología de drenaje y de riego en parcela.
- Incidencia socioeconómica del regadío. Incidencia sobre la química del suelo y sobre el medio biológico.
- El problema de la eutrofización.
- Marco conceptual de la Evaluación del Impacto Ambiental.
- Metodología general de la EIA. Inventario ambiental. Modelos generales para la EIA. Técnicas especiales de la EIA.
- Incidencia del regadío sobre la erosión y sobre la estética del medio.
- Los métodos Leopold y Battelle de evaluación global.
- Teledetección y GIS para el seguimiento de la evolución del medio.
- Medidas para el tratamiento de impactos.
- Efectos del regadío sobre las aguas superficiales y subterráneas. Casos prácticos.

INFORMACION

CEDEX

Gabinete de Formación y Documentación

c/ Alfonso XII, 3 • Teléfono: 335 73 07

Fax: 335 73 14 • Télex: 45022 CEDEX E
28014 Madrid



**GINES NAVARRO
CONSTRUCCIONES S.A.**

Campos de actividad



CONSTRUCCION
PUBLICA Y
PRIVADA



INMOBILIARIA



FERROCARRILES



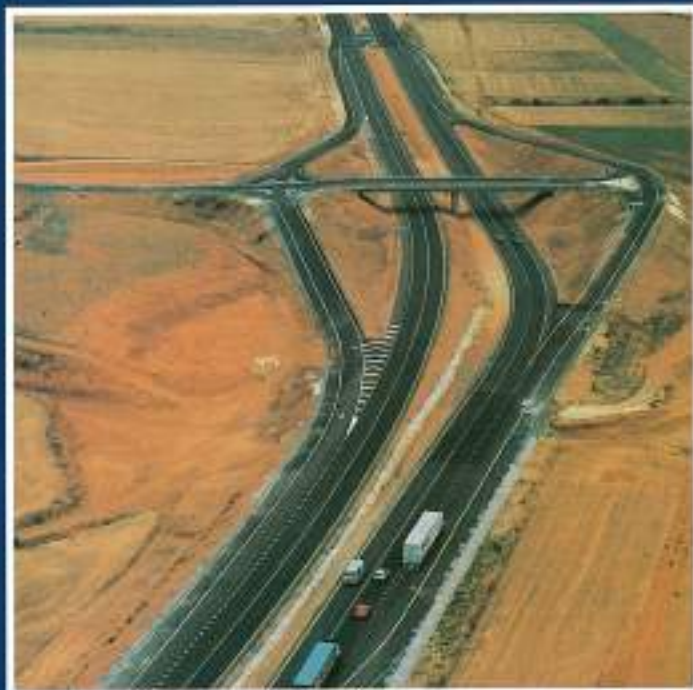
MEDIO
AMBIENTE



IMAGEN
CORPORATIVA



SEÑALIZACION
VIAL



AUTOVIA DEL NORTE (BURGOS)



ESTADIO SANTIAGO BERNABEU (MADRID)



CENTRO PENITENCIARIO (VALENCIA)



PRESA DE CHARCO REDONDO (CADIZ)



AUDITORIO NACIONAL DE MUSICA (MADRID)

Cuestión de eficacia

OFICINA CENTRAL: C/ Basauri, 3 y 5 - 28023 Madrid
Teléfono: (91) 307 79 44 - Fax: (91) 307 73 42