

Problemas geomecánicos de las rocas ornamentales

JOSÉ MARÍA MUÑOZ CEBRIÁN (*)

RESUMEN España es el segundo país en la producción mundial global de rocas naturales, existiendo una tendencia cada vez mayor a su empleo en el embellecimiento de edificios mediante el aplacado de sus fachadas. Algunos tipos de mármoles y calizas marmóreas pueden sufrir con el tiempo deformaciones permanentes importantes con el riesgo de desprendimientos y las consiguientes consecuencias. Pese a la evidencia de este fenómeno no ha sido considerado hasta el momento ni existen las recomendaciones necesarias para evitarlo. En este trabajo se hace un resumen de los casos observados más significativos, un análisis de los factores que influyen en el proceso y su interpretación fisico-geomecánica, así como se proponen unos ensayos fundamentales y unos valores orientativos que puedan tenerse en cuenta en este tipo de aplicaciones de las rocas ornamentales.

GEOMECHANICAL PROBLEMS OF ORNAMENTAL ROCKS

ABSTRACT Spain is the second overall producer of natural rocks in the world, and there exists an ever-increasing trend to use these materials to embellish the facades of many buildings. Certain kinds of marble and marmoreal limestones may suffer significant, permanent deformations over time with risk of detachments and the subsequent consequences. Despite the evidence that exists of this phenomenon, to date it has not been seriously considered, nor do any recommendations exist on how to avoid this problem. In this work we provide a summary of the most significant processes observed, and an analysis of the influencing factors and their physical-geomechanical interpretation. Several fundamental tests are proposed, as well as certain guiding values which could be taken into account in this type of application for ornamental rocks.

Palabras clave: Rocas ornamentales; Deformaciones; Coeficiente de dilatación y mármoles.

1. INTRODUCCIÓN

La historia de la Humanidad y del Arte nos muestra la tradición existente del empleo de diferentes tipos de rocas en todas las manifestaciones de la cultura, tanto debido a la calidad intrínseca del material como a su durabilidad en todo tipo de aplicaciones, desde los bloques de piedra empleados en escultura o como sillares de construcción, hasta las delgadas placas de los revestimientos ornamentales en edificios.

En nuestro país, y a partir de mediados de este siglo, el sector de la piedra natural ha venido acusando un incremento cada vez mayor en sus aplicaciones ornamentales; a parte de otros factores, esto es debido a que España es el segundo país en la producción mundial de piedras naturales, siendo en mármoles el segundo después de Italia y el primero en pizarras y granitos.

Ahora bien, la tendencia cada vez mayor a emplear placas de diferentes clases de rocas para el embellecimiento de fachadas en todo tipo de construcciones, hace reflexionar sobre los problemas que puedan producirse, tanto desde el punto de vista estético y de durabilidad del tratamiento, como, mucho más importante, los que se derivan de la seguridad física de las personas y bienes materiales que se pueden ver afectados por el desprendimiento de estas placas, cuyas causas fundamentales pueden estar en

las propiedades intrínsecas geomecánicas de algunos tipos de rocas.

No todas las rocas empleadas en estos tratamientos de aplacado se comportan de la misma manera y acarrear los mismos problemas mencionados, por lo que en este artículo se intenta poner de manifiesto las causas y mecanismos que pueden conducir a que determinados tipos de rocas puedan presentar problemas importantes de deformación desde el punto de vista de la estabilidad estructural del tratamiento, aunque, tradicionalmente, se haya considerado a estos materiales como un cuerpo rígido e indeformable.

A pesar de la evidencia de estos problemas no existe, entre los numerosos estudios técnicos sobre la "Patología de las fachadas", mención alguna al problema que se va a tratar aquí, por lo que creemos que puedan ser de interés en esta rama de la arquitectura, los conceptos, comentarios y conclusiones que se exponen a continuación.

2. MATERIALES

Dentro de la variedad de rocas ornamentales los materiales que pueden presentar estos problemas son, fundamentalmente, algunos tipos de mármoles y calizas marmóreas.

Los mármoles se incluyen en la denominación común de rocas calcáreas naturales sedimentarias, cuyos representantes más ampliamente distribuidos en la naturaleza son las calizas, formadas por la acción de organismos y procesos fisicoquímicos; por cambios metamórficos regionales o de contacto de los sedimentos calcáreos, estas rocas se hacen cris-

(*) Doctor en Ciencias Biológicas y Licenciado en Ciencias Químicas.

talinas con aspecto sacaroideo y constituyen lo que petrográficamente se denomina mármol "auténtico". Ahora bien, en la construcción se considera también como mármol cualquier tipo de roca caliza susceptible de adquirir un alto grado de pulido que las hacen adecuadas para ser utilizadas en decoración, aunque esta acepción no tienen un significado petrográfico preciso. En realidad, la diferencia entre los mármoles metamórficos y las calizas marmóreas, formadas ambas de calcita, no está muy bien definida.

Las impurezas y componentes extraños entre los cristales de calcita, alteran el color de la roca, que en estado puro es blanco, y lo transforman en mármol de diferentes colores, bandado, jaspeado, vetado, etc., que son los que más se encuentran entre los empleados en la construcción.

En la última edición de Mármoles de España del ITGME, se define el mármol en sentido petrográfico como roca calcárea metamorfozada, y se presenta en áreas del Macizo Hespérico del Oeste peninsular, así como en las Cordilleras Béticas (Sureste) y zona Axial de los Pirineos. Como mármoles comerciales, se consideran las calizas sedimentarias, dolomías recrystalizadas y calizas marmóreas; se presentan en la Cuenca Vasco-Cantábrica, Pirineo Central, Cordillera Ibérica (Levante) y Cordillera Bética, Levante y Andalucía.

Los fenómenos observados, causa de los problemas que se van a exponer a continuación, se refieren principalmente a los materiales definidos petrográficamente como mármoles y a algunas calizas marmóreas. De todas formas, y por razones obvias de dificultad de acceder a la toma de muestras y también por la alteración de su superficie con el paso del tiempo, no ha sido posible en muchos casos, determinar con precisión el tipo concreto de material ni su procedencia, aunque, por su comportamiento, es posible deducir con suficiente aproximación el tipo a que se puede asignar.

3. CASOS OBSERVADOS

Las deformaciones observadas en placas de diferentes tipos de mármoles, objeto de este estudio, se han centrado en fachadas de edificios, lápidas conmemorativas y de información, y lápidas de la industria funeraria. Dada la dificultad

de incluir en este artículo todo el abundante material fotográfico obtenido y su comentario, perteneciente a Madrid y a otras provincias, se da solamente una relación de los casos que puedan suponer un interés mayor y más fácilmente contemplados directamente.

Estos fenómenos se han detectado al observar como placas de mármol utilizadas con diferentes fines de aplicación, se encuentran deformadas de manera, a veces, asombrosa, que se asemeja más a un material dúctil que a un sólido rígido indeformable como se ha considerado siempre a los mármoles empleados en la industria de la construcción.

Los evidentes riesgos y problemas de distinta naturaleza, así como la singularidad del fenómeno, es lo que ha motivado su estudio para determinar las causas que lo producen y los factores a considerar para prever el comportamiento de estos materiales a muy largo plazo, como es el fin perseguido en todas sus aplicaciones.

Para la sistematización del estudio se han considerado los siguientes factores que están directamente relacionados con el problema.

- A. Tipo de aplicación: aplacado de fachadas, lápidas, etc.
- B. Problemas observados.
- C. Tipo de material: procedencia, características, dimensiones.
- D. Forma de sujeción: anclajes internos, clavos, adhesivos.
- E. Ubicación y fecha de colocación: identificación del lugar y año.
- F. Orientación: Norte, Mediodía, Saliente, Poniente.
- G. Exposición ambiental: protegida, desprotegida, etc.
- H. Medidas correctoras tomadas.

I. EDIFICIOS

- Iglesia de San Manuel y San Benito, Alcalá 83, Madrid. (Fot. 1a).

Este edificio Neobizantino se terminó de construir en 1911 y ha sido declarado monumento histórico artístico. Construido



FOTO 1a y 1b. Iglesia de San Manuel y San Benito. Calle Alcalá 83, Madrid.



FOTO 2. Fundación Juan March. Calle Castelló 77, Madrid.

en piedra de Novelda (Alicante) y decorada su fachada con placas de mármol de Carrara, ha sufrido el deterioro de diversos elementos arquitectónicos y el desprendimiento de algunas piezas de mármol del revestimiento exterior que ha hecho necesaria, en más de una ocasión, la intervención de los bomberos.

El motivo de los desprendimientos ha sido, a nuestro juicio, la deformación de las placas de mármol de Carrara con el consiguiente efecto sobre los anclajes de hierro y la posterior corrosión de estos por efecto de la humedad y la mayor exposición ambiental al ser un edificio exento. Ahora bien, quizá el factor que más ha podido influir aparte de la naturaleza del mármol que es fundamental, es el de la radiación solar y los años transcurridos, por la orientación del edificio: la fachada más afectada es la del mediodía que da directamente al Parque del Retiro, la de poniente, que es una orientación más susceptible a producir estos fenómenos, esta más protegida por un edificio de similar altura; la de saliente y la del norte, menos soleadas, también han sido menos afectadas.

La solución adoptada en la restauración parece ser reponer las piezas y anclarlas con fibra de vidrio para evitar la corrosión pero, quizá, sin considerar las deformaciones que pueden volver a producirse al cabo de los años, o las que ya existen actualmente como muestra la fotografía 1b en una de las torrecillas orientada a saliente-mediodía.

• **Fundación Juan March, Castelló 77, Madrid. (Fot. 2).**

Este edificio, construido en los años cuarenta, tiene la fachada revestida también de mármol de Carrara, y ha empezado hace tiempo ha sufrir deformaciones que han motivado el arranque de anclajes de su soporte, con el consiguiente riesgo de desprendimiento.

Las fachadas más afectadas al no estar protegidas por construcciones de mayor altura, han sido las del mediodía y saliente, a la que pertenece la fotografía de la pieza deformada y hoy restituida. La menos afectada es, lógicamente, la fachada norte y de la poniente no ha sido posible hacer un reconocimiento de su estado.

La solución adoptada, suponemos que provisional, ha sido sellar las juntas con silicona por evitar desprendi-

mientos, lo cual, aparte de afectar estéticamente al edificio, no resuelve el problema principal de las posibles deformaciones.

• **Banco de Asturias, Jorge Juan 35, Madrid. (Fot. 3).**

Construido hacia 1975, tiene su fachada aplacada con un mármol grisáceo de procedencia nacional (Macael?).

A pesar del poco tiempo transcurrido, se aprecian bastantes piezas deformadas y, como en el caso anterior, se puede observar que ha sido necesario sellar las juntas con silicona, fundamentalmente de la fachada de poniente y que altera su aspecto de manera importante.

• **Otros edificios.**

A veces las deformaciones son tan pequeñas que pueden pasar desapercibidas aunque no sus efectos. Por ejemplo, en el complejo residencial Galaxia en el barrio de Argüelles de Madrid, se produjeron hace años desprendimientos de las placas de caliza marmórea que recubren su fachada. Posiblemente, las deformaciones fueron pequeñas pero suficientes para mover los anclajes que las fijaban, lo que motivó que se modificase el sistema de sujeción.

También se puede observar este fenómeno, entre otros, en el Palacio de Exposiciones y Congresos (poniente) y Castellana 36-38 (poniente).

II. LÁPIDAS CONMEMORATIVAS Y DE INFORMACIÓN

• **Iglesia de la Buena Dicha, Silva 25, Madrid. (Fot. 4).**

Esta lápida conmemorativa de mármol aparentemente blanco, fue colocada en 1917 a poca altura del suelo, con orientación al mediodía y protegida a determinadas horas por el edificio de enfrente. Acusa una deformación importante contenida, en parte, por los clavos que la sujetan al muro.

• **Casa de D. Francisco Pi y Margall, Conde de Aranda 17, Madrid. (Fot. 5).**

También conmemorativa, esta lápida de mármol color crema, fue colocada en 1901 y esta orientada al mediodía. A



FOTO 3. Banco de Asturias.
Calle Jorge Juan 35, Madrid.

pesar de tener unas dimensiones menores que la anterior, acusa una deformación mayor sin llegar a la rotura a nivel de los clavos de sujeción.



FOTO 4. Iglesia de la Buena Dicha. Calle Silva 25, Madrid.

- **Portal, Avenida Ciudad de Barcelona 21 (55 actual), Madrid.** (Fot. 6).

La lápida de mármol indicadora de la situación de la finca, fue colocada en 1888 y tiene una orientación mediodía, sin haber estado protegida por edificios de mayor altura. Tiene una importante deformación, mantenida aún sin rotura por los clavos de sujeción.

- **Portal, Mayor 77, Madrid.** (Fot. 7)

También de carácter informativo, esta lápida de mármol muy alterado su color por el tiempo (1884), acusa una deformación diferencial importante llegando a la rotura, a pesar de estar orientada al noroeste.

III. INDUSTRIA FUNERARIA

- **Sacramentales, Madrid.** (Fot. 8).

Como es lógico, la mayor abundancia de lápidas de diferentes tipos de mármol está en los cementerios, expuestos a todas las orientaciones posibles, sin protección del entorno ambiental y de diferentes antigüedades, lo que da motivo para poder observar el tipo de fenómeno que venimos comentando.

Cualquiera que visita un cementerio, observará que son muy numerosas las lápidas que acusan deformaciones importantes e incluso, en ocasiones, llegando a la rotura parcial o total. El calor y la radiación solar que soportan continuamente desde hace años, es el factor que contribuye a acelerar estas deformaciones en los diferentes tipos de mármol empleados, aumentado también por el efecto de confinamiento que producen los clavos de sujeción. La fotografía corresponde a una de las muchas lápidas deformadas que pueden verse; en este caso, en la Sacramental de San Lorenzo y San José.

4. INTERPRETACIÓN DEL FENÓMENO DE LA DEFORMACIÓN

No se van a tratar aquí los aspectos físicos teóricos de la deformación, sino aquellos otros que pueden aclarar más los



FOTO 5. Casa de D. Francisco Pi y Margall. Calle Conde de Aranda 17, Madrid.



FOTO 6. Portal, Avenida Ciudad de Barcelona 21 (55 actual), Madrid.

mecanismos que explican los fenómenos que se han venido describiendo.

El cambio de forma de un material como consecuencia de la aplicación de una tensión se denomina deformación elástica si no sobrepasa su límite de elasticidad y el material recupera su forma original al cesar la tensión; si por el contrario, las tensiones internas en el material sobrepasan su límite de elasticidad se produce una deformación plástica permanente, pudiéndose llegar al límite de rotura si la deformación continúa. Los materiales que en condiciones normales no se deforman plásticamente se denominan frágiles, mientras que son dúctiles los que sí pueden deformarse plásticamente antes de la rotura.

Ahora bien, este comportamiento puede variar y alterarse de manera significativa según la duración de la tensión aplicada, la presión de confinamiento, la temperatura y la orientación de la estructura interna del material en el campo tensional.

En el caso de los mármoles, algunos tipos son menos resistentes y más dúctiles que otros, cuando se les somete a diferentes esfuerzos y temperaturas. Se ha podido comprobar incluso, que la red de calcita que constituye los mármoles, cuando se les deforma en condiciones de ductilidad, se pueden comportar de forma semejante a los metales.

¿Cómo pueden las rocas, sólidos rígidos, cambiar de forma sin la aparición de fracturas visibles en la mayoría de los casos, y que sucede en su estructura interna para permitir estos cambios? Indudablemente, y concretamente en los mármoles compuestos de cristales de calcita íntimamente entrelazados y que muestran estratificación o foliación, los movimientos intergranulares, los movimientos intragranulares y, por supuesto, la anisotropía del material, pueden ser los responsables del fenómeno. Si a esto se le añade la influencia de factores tales como presión de confinamiento, temperatura y tiempo, puede explicarse que cuando estas condiciones se aparten significativamente de las normales, lleguen a producirse deformaciones plásticas permanentes.



FOTO 7. Portal, Calle Mayor 77, Madrid.



FOTO 8. Sacramentales, Madrid.

Aunque hasta ahora no se ha tenido en cuenta el problema real de la deformación plástica de los mármoles para el recubrimiento de fachadas y otras aplicaciones, ni se han dado, por tanto, recomendaciones prácticas a este respecto, algunos investigadores lo han estudiado desde un punto de vista teórico y a escala de laboratorio.

KIESLIGER, por ejemplo, interpreta este fenómeno suponiendo que dentro de un mismo material de este tipo pueden existir diferencias entre los coeficientes de dilatación lineal, originándose tensiones internas que pueden llegar a producir deformaciones e incluso resquebrajamientos; así, algunos tipos de mármol, entre los que cita el de Carrara, tienen la propiedad de dilatarse por el calor y cuando se enfrían no tiene lugar la contracción correspondiente siguiendo deformados. Esto es debido a la relajación de tensiones internas que se acumulan en el material orientadas según direcciones específicas; es una compresión elástica que se relaja lentamente y provoca una dilatación y, como consecuencia, deformaciones permanentes.

BILLINGS, por otra parte, opina que es posible demostrar mediante ensayos de laboratorio, que rocas que presentan muy poca deformación en la superficie de la tierra pueden ser muy plásticas bajo las altas presiones de confinamiento que se dan a mayor profundidad y que esto se puede conseguir experimentalmente sometiendo muestras de mármoles a presiones de 1000 a 2000 kg/cm². Puede suponerse que la sujeción por clavos, anclajes y el efecto mosaico entre placas encastradas contiguas, puede aumentar la presión de confinamiento sobre todo a altas temperaturas ya que para producir una deformación determinada se necesita mucho menos esfuerzo cuando la muestra está caliente que cuando está fría.

Por otra parte, la lenta deformación que se consigue con pequeños esfuerzos en un corto tiempo y por debajo del límite de elasticidad, llegan a producir una deformación permanente si se las deja actuar largos períodos de tiempo.

El fenómeno de la deformación plástica de los mármoles y calizas marmóreas compuestos de cristales de calcita inti-

mamente entrelazados, se debe a la anisotropía del material, por tanto los valores de los coeficientes de dilatación obtenidos dependerán de la dirección, con respecto al eje óptico, en que se hagan las medidas y, como consecuencia, se obtendrán diferentes comportamientos para un mismo material.

Según GASCÓN y BALBAS, la orientación de los cristales de calcita, las diferentes composiciones y la textura, son los factores que parecen determinar estas variaciones en la dilatación térmica de los mármoles y calizas marmóreas. ROSENHOLZ y SMITH han estudiado también la correlación entre la orientación entre los cristales de calcita en el mármol y sus coeficientes de dilatación térmica, y, aunque han obtenido resultados satisfactorios, se ha visto que este factor no es el único que influye.

KESSLER explica el fenómeno de la deformación plástica permanente como debido a que los cristales de calcita en una masa tan íntimamente entrelazados, no pueden volver a sus posiciones originales después de haberse desplazado por efecto de la temperatura, tras las complejas tensiones y deslizamientos que ésta produce.

Finalmente, creemos que es posible que estas interpretaciones y la referida anteriormente respecto a la relajación de las tensiones residuales entre los cristales de calcita en el material durante su formación geológica, pueden contribuir a explicar el fenómeno de la deformación plástica permanente; el conjunto de todos estos factores puede ser la causa de los resultados tan dispares obtenidos al medir los coeficientes de dilatación lineal térmica de distintos tipos de muestras, como se indica en la tabla 1 debida a GASCÓN y BALBAS.

ROCA	INTERVALO DE TEMPERATURA	$\alpha \cdot 10^4 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Caliza (sin especificar)	0 - 60° C	4,0
Caliza dolomítica	0 - 60° C	9,1
Mármol (sin especificar)	24 - 100° C	7,8
Mármol (Carrara)	20 - 80° C	70,3
Mármol (Yule)	20 - 100° C	74,2 (4,2)*

* Medido en sentido opuesto con respecto al plano de estratificación. Ésto es debido a que el c.d.l. varía en los cristales con los cambios de dirección y hasta puede darse el caso de que haya contracción en vez de dilatación, obteniéndose valores de coeficiente negativos.

TABLA 1.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

- El aplacado de fachadas con rocas ornamentales cada vez más extendido, puede tener, entre otros, el riesgo de desprendimientos con las consecuencias consiguientes.
- En la numerosa bibliografía de arquitectura sobre "Patología de las fachadas" no existe mención alguna a este importante problema y, por tanto, no se dan las recomendaciones prácticas necesarias para evitarlo.
- La causa fundamental de los problemas que pueden plantearse son las deformaciones plásticas permanentes y se las puede observar en fachadas de edificios, en lápidas conmemorativas y de información y en lápidas de la industria funeraria.
- Además de las características intrínsecas del mármol, influye en el problema el tiempo transcurrido desde su colo-

cación, la exposición ambiental y la orientación, fundamentalmente la insolación recibida.

- Algunos tipos de mármol son menos elásticos y más dúctiles que otros cuando se les somete a diferentes temperaturas y esfuerzos, produciéndose deformaciones permanentes; los anclajes y claves de sujeción pueden contribuir al fenómeno.
- En la estructura interna de los mármoles y calizas marmóreas compuestas de cristales de calcita, los movimientos intergranulares, los movimientos intragranulares y la anisotropía del material, son responsables del problema.
- Experimentalmente se ha estudiado el fenómeno de las deformaciones plásticas y se han dado interpretaciones teóricas del problema pero sin llegar a establecer los criterios necesarios para poder emplear estos materiales en la construcción sin los riesgos que se vienen produciendo.
- Las teorías que explican mejor el fenómeno de las deformaciones plásticas permanentes, suponen que por efecto de la temperatura se producen una serie de tensiones que se acumulan en el material orientadas según direcciones específicas, como consecuencia de una compresión elástica.
- Otro factor de gran importancia es la anisotropía del material por lo que los valores de los coeficientes de dilatación térmica obtenidos dependen de la dirección en que se hagan las medidas y de aquí la importancia de este factor en la orientación que se dé a los cortes de las placas en su fabricación.
- Se conocen varios tipos de mármoles y calizas marmóreas en que se tiene constancia de presentar problemas de deformaciones plásticas permanentes en determinadas aplicaciones, por lo que es posible establecer los parámetros fisicomecánicos responsables del fenómeno y aplicarlos a los mármoles en general para prever su comportamiento a largo plazo. Los más representativos entre los mármoles estudiados son: mármol de Yule; mármol de Carrara; caliza de Danby; y caliza de Solenhofen. Entre los mármoles nacionales el más semejante al de Carrara es el de Macael (Almería).
- De acuerdo con esta experiencia, los ensayos y características fundamentales que se deberían tener en cuenta para las rocas ornamentales empleadas en el aplacado de fachadas y los valores que podrían considerarse, en principio, orientativos para evitar el problema de las deformaciones plásticas, son los especificados en la tabla 2, a falta de una investigación mayor y necesaria sobre el tema.

ENSAYOS	VALORES ORIENTATIVOS
Resistencia a flexión, kg/cm^2	< 200
Coefficiente de dilatación lineal térmica, $\alpha \cdot 10^4 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	< 50
Módulo de elasticidad, kg/cm^2	< 500
Resistencia a la tracción indirecta por flexión, kg/cm^2	< 100
Orientación del corte de la placa respecto al plano de estratificación	Según resultados

TABLA 2.

6. BIBLIOGRAFÍA

GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Billing. Ed. Eudeba (1980).
 LES PRINCIPAUX FACTEURS D'ALTERATION DES PIERRES A BATIR. Kieselinger. Incamos (1968).
 MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES. E.T.S. de Ing. de Minas. LOEMCO.
 MARMOLES DE ESPAÑA. Inst. Tecn. Geominero de España. (1991).

MODELO TENSORIAL EN LA DILATACION TÉRMICA DE LOS MARMOLES. Gascón y Bañias. Bol. Geológico y Minero. (1986).
 PATOLOGIA DE LAS FACHADAS. Colegio de Arquitectos de Valladolid.
 PETROLOGIA IGNEA Y METAMORFICA. Turner. Omega. (1969).
 REVESTIMIENTOS 2. Juan de Cusa. Monografías CEAC de la Construcción.

El tramo de carretera Novellana-Cadavedo en Asturias, ganador del V Premio Internacional Puente de Alcántara



El tramo Novellana-Cadavedo, perteneciente a la carretera nacional 632 de Ribadesella a Luarca, en Asturias, ha resultado ganador del V PREMIO INTERNACIONAL PUENTE DE ALCÁNTARA, convocatoria 1994-96, instituido por la Fundación San Benito de Alcántara.

Después de un minucioso estudio, el Jurado acordó conceder el Premio al tramo Novellana-Cadavedo al considerarlo un elemento esencial en el cambio deseado de las relaciones económicas y humanas de la zona, que hará posible una mejora de la relación intercomarcal, tanto de Asturias como del conjunto de la Cornisa Cantábrica. Dentro de esta obra destaca, como elemento principal, el viaducto de la Regenta Ana Ozores, arco de hormigón de gran significado funcional, técnica y estético.

El nuevo trazado de la CN-632, integrado dentro de un paisaje abrupto, verde y bello, tiene una longitud

de 12,8 km, con desmontes y terraplenes suaves. Su radio mínimo es de 450 m y la pendiente máxima del 3,5%. El nuevo tramo, que sustituye a uno de 23 km, preserva la rasa litoral (asentamiento de la vida, base económica de la comarca y centro de su existencia) sin aislarlo del flujo vital de la nueva carretera y se satisface el planeamiento de la futura autovía de Avilés a Luarca, en la que se prevé aprovechar la obra como parte de la misma.

Para salvar las frecuentes vaguadas que interrumpen la rasa se han construido 9 grandes viaductos, con una longitud total de dos kilómetros, de los que 382 m corresponden al Arco de la Regenta Ana Ozores, puente singular ubicada en el centro de la obra, cuya geometría y diseño surgió del propio terreno y de la topografía en V del valle del río Cabo. Su elemento principal es un arco de hormigón armado de 194 m de luz, con una flecha de 50,37 m.

Asimismo, el Jurado ha otorgado un accésit al tramo Almaráz Este-Jaraicejo Sur, Túneles de Miravete y Puente sobre el río Tajo, en la provincia de Cáceres, obras correspondientes a la autovía de Extremadura. Esta realización constituye un elemento básico de integración económica y social de la Región y será fundamento de su futuro mayor desarrollo. El nuevo tramo permite salvar, además, obstáculos de gran importancia que exigen la aplicación de una tecnología en los procesos constructivos, así como la perfecta integración en su entorno.

El Premio Internacional Puente de Alcántara, que cumple ya su quinta edición, fue instituido por la Fundación San Benito de Alcántara en el año 1988 para galardónar, dentro del ámbito iberoamericano y con una periodicidad biennial, la obra pública que reúna mayor importancia cultural, tecnológica, estética, funcional y social.

Este Premio utiliza como símbolo el Puente Romano de Alcántara por su avanzada técnica en su tiempo y por la función económico-social que ha venido desarrollando a lo largo de los siglos. El Premio se otorga conjuntamente a la institución promotora, autores de los proyectos y empresas constructoras. En esta edición se han presentado 40 proyectos correspondientes a 10 países.

En sus anteriores ediciones este galardón fue concedido a obras tan representativas como el Puente Tampico sobre el río Pánuco, en Méjico, el Puente de Encarnación-Posadas que une Argentina con Paraguay, la Torre de Comunicaciones de Collserola, en Barcelona y los aprovechamientos hidroeléctricos del Alto Lindoso y Touvedo, en Portugal.

Los ganadores recibirán una obra escultórica original de Miguel Berrocal que lleva por nombre "El Tarsus de Alcántara" y que representa el Puente del mismo nombre.

Distribuidor Norte M-40. Tramo; Carretera N=VI - Enlace de la Zarzuela



*Tramo A del gaseoducto Maghreb-Europa.
Marruecos*

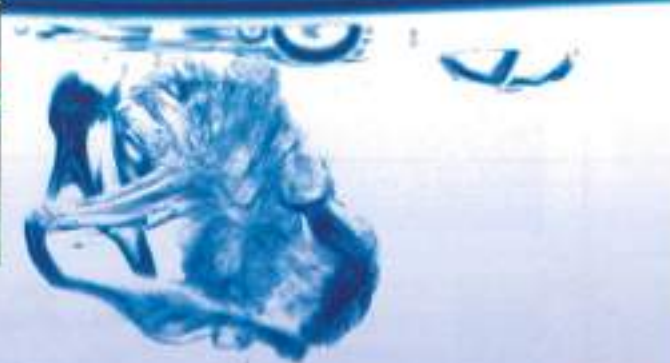
*Presa de Jaraíz de la Vera.
Cáceres*



CALIDAD
Dragados

PREMIOS **URALITA** OBRA-CIVIL'97

CONDUCCIONES
Y TRATAMIENTOS
DE AGUAS



COLABORAN

Las Escuelas Técnicas Superiores
de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos convocantes.

PATROCINA

El Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

URALITA
OBRA CIVIL

