CRITERIOS DE DISEÑO EN PUENTES DE HORMIGÓN FRENTE A LA ACCIÓN TÉRMICA AMBIENTAL*

(DESIGN CRITERIA ON CONCRETE BRIDGES IN FRONT OF THE ENVIRONMENTAL THERMAL EFFECTS)

Enrique Mirambell Arrizabalaga,
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

568-3

RESUMEN

El presente trabajo centra su estudio en la problemática de los efectos térmicos ambientales en puentes de hormigón. Los objetivos perseguidos en esta tesis son, por una parte, el desarrollo de un modelo analítico capaz de obtener la respuesta térmica y tensional a nivel sección de los tableros de puentes de hormigón y el estudio de la influencia de todos los parámetros que intervienen en el fenómeno de la transmisión del calor en esta tipología estructural. Por otra parte, se presenta una metodología general de obtención de las acciones térmicas y los estados tensionales asociados, a considerar en el proceso de análisis y diseño de los puentes de hormigón. Dicha metodología ha sido aplicada, con posterioridad, al caso de puentes de hormigón emplazados en la geografía de nuestro país, siendo las bases de datos los resultados de los amplios estudios paramétricos llevados a cabo para cada una de las tipologías transversales de tablero comúnmente adoptadas en proyecto, y la información climatológica y ambiental recogida en las publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología.

SUMMARY

The present work is based on the problem of environmental thermal effects on concrete bridges. In this study, an analytical model is developed to determine the time-dependent temperature distributions and the self-equilibrated longitudinal and transversal stresses distributions within the cross section of concrete bridges. Parametric studies are carried out in order to find the effects of all parameters governing the heat transfer and conduction problem. Moreover, a general methodology in order to obtain design stresses distributions and design thermal loads is presented. Such methodology is applied to the case of concrete bridges in Spain. Data bases are the results of parametric studies and the environmental information presented in several reports of National Institute of Meteorology.

INTRODUCCION. OBJETIVOS

El interés por el análisis y diseño de los puentes de hormigón armado y pretensado, frente a los efectos térmicos ambientales, ha ido aumentando notablemente en estos últimos años y prueba de ello son las numerosas publicaciones y artículos de investigación, fundamentalmente en el ámbito internacional, que versan sobre esta temática. Varias pueden ser las razones que justifican tal interés.

En primer lugar, en las últimas décadas los principales interrogantes sobre el comportamiento de los puentes de hormigón estaban relacionados con los estados límites últimos y con consideraciones de seguridad. Sin embargo, recientemente, se ha prestado una mayor atención a cuestiones relativas al comportamiento en servicio y durabilidad de las estructuras de los puentes de hormigón, cuestiones éstas que no deberían obviar la consideración de la acción térmica ambiental (CEB (1)).

En segundo lugar, conviene señalar que recientes estudios analíticos y experimentales han mostrado que las condiciones ambientales y climatológicas en las que se encontraban inmersos determinados puentes de hormigón eran más severas que las previamente

(*) Este artículo es un resumen de la tesis doctoral de D. Enrique Mirambell dirigida por D. Antonio Aguado de Cea, leída en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña en marzo de 1987 y que obtuvo la calificación apto "cum laude".

consideradas en diseño. Cabe aquí hacer hincapié en que estudios relativos a la puesta fuera de servicio de algunos puentes de hormigón y a diversas patologías observadas en ellos confirmaron que la razón desencadenante de tales hechos, o por lo menos una de las causas principales, fue un inadecuado diseño de la estructura frente a la acción térmica ambiental y la no consideración de determinadas solicitaciones térmicas que se presentan con notable frecuencia a lo largo de la vida de proyecto de los puentes de hormigón (Leonhardt, Kolbe y Peter (2), Priestley (3), Zichner (4), Imbensen et al. (5)).

Una tercera razón de este marcado interés por el estudio de los puentes de hormigón frente a los efectos térmicos ambientales es el tratamiento simplista y la falta de rigor científico que, en torno a la definición de las acciones térmicas a considerar en diseño, reflejan las normativas vigentes de ámbito nacional y, hasta hace algunos años, muchas de las normativas vigentes de ámbito internacional. Centrándonos ya en la propia normativa nacional es de interés destacar que la expresión preconizada por las instrucciones vigentes (EP-80 (6), MOPU (7)) para determinar el incremento y decremento uniforme de temperatura media a considerar en el análisis y diseño de las estructuras de los puentes de hormigón se remonta a fechas anteriores al año 1940. Dichas instrucciones, presentes en todo momento en el trabajo del proyectista de puentes de hormigón, debería, en mi opinión, proporcionar criterios y pautas para poder evaluar, de una forma simple pero realista, los incrementos o decrementos uniformes de temperatura media y los gradientes térmicos a considerar en el análisis y diseño de puentes de hormigón emplazados en nuestro país teniendo en cuenta el propio lugar de emplazamiento, las condiciones ambientales y climatológicas existentes en él y las características tipológicas del puente en cuestión.

El presente trabajo centra el estudio de los efectos térmicos ambientales en puentes de hormigón, a nivel sección, intentando cubrir lagunas de cierta relevancia en lo referente a la definición de las acciones térmicas de diseño y a la consideración de estados tensionales longitudinales y transversales, asociados a las distribuciones no lineales de temperatura existentes a través de las diferentes tipologías transversales de los puentes.

Definidas las líneas generales y específicas en las que se enmarca el presente trabajo se exponen de forma breve los objetivos fundamentales perseguidos por el autor de este trabajo:

- Desarrollo de un modelo numérico capaz de obtener la respuesta térmica y tensional de los puentes de hormigón con diferente tipología transversal considerando todas las posibles variables y parámetros que entran en juego en el fenómeno de la transmisión del calor.
- Estudio de la influencia de los parámetros ambientales, físicos, estructurales, geométricos y de emplazamiento sobre el perfil y magnitud de las distribuciones de temperaturas y de las distribuciones tensionales asociadas a nivel sección.
- Definición del valor característico de las acciones térmicas a considerar en el diseño de puentes de hormigón con diferente tipología transversal emplazados en algún lugar de la geografía española.
- Obtención de estados tensionales de tracciones máximas a lo largo del contorno de las tipologías transversales comúnmente adoptadas en el diseño de los puentes de hormigón y recomendaciones de proyecto relativas a la geometría de la sección y a la disposición de armadura para hacer frente a dichos estados tensionales.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Enunciados los objetivos perseguidos se pasa a continuación a describir brevemente el contenido de cada uno de los seis capítulos en que se fragmenta esta tesis.

El primer capítulo intenta aportar una panorámica general e ilustrativa sobre la problemática de los efectos térmicos ambientales en puentes de hormigón llevándose a cabo, inicialmente, una revisión de los conceptos básicos de la física del calor, de las propiedades térmicas del material hormigón y de los métodos utilizados en ingeniería para resolver la ecuación diferencial de la transferencia de calor y obtener las distribuciones térmicas y tensionales asociadas.

Seguidamente se revisan de forma crítica aquellos estudios analíticos y experimentales in situ, que se cree son los más sugerentes, relativos a la obtención de distribuciones de temperaturas y de tensiones en puentes de hormigón y a la cuantificación de las acciones térmicas a considerar en el proceso de análisis y diseño de éstos. Por último, se revisan y analizan los diferentes tratamientos propugnados por la normativa nacional y diferentes normativas internacionales, las de un mayor ámbito de aplicación, en lo que se refiere a la problemática mencionada.

En el segundo capítulo se expone el modelo numérico desarrollado de cara a la obtención de la respuesta térmica y tensional de los puentes de hormigón. El método numérico utilizado para la resolución de la ecuación diferencial que gobierna el fenómeno de la transmisión de calor en esta tipología estructural se basa en un esquema en diferencias finitas correspondiente al método explícito de resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.

Lado oeste
 Latitud = 41° N
 Altitud = 500 m

Figura 1. Distribuciones analíticas y experimentales —verticales y horizontales— en la dovela 9A del puente Pennsylvania University Bridge.

a) Alzado y sección longitudinal

b) Secciones transversales

Figura 2. Influencia del canto e inercia vari

Eje vertical de simetría del alma

Sus principales características son, por una parte, su sencillez y escaso tiempo de cálculo de ordenador y, por otra, su versatilidad de cara a la posibilidad de poder contemplar cualquier tipología transversal de puente de hormigón y su precisa entrada de datos con diferentes opciones que permite analizar la influencia de todas las variables y parámetros sobre la respuesta térmica-tensional a nivel sección de los puentes de hormigón.

El hecho de adoptar la hipótesis de deformación plana hace que la diferencia de deformaciones originadas por la distribución no lineal de temperaturas genere una distribución de tensiones longitudinales autoequilibradas cuyo perfil y magnitud dependerán de las deformaciones generalizadas a nivel sección —la deformación térmica longitudinal de la fibra baricéntrica y las curvaturas térmicas impuestas en ambos planos principales de inercia—, del coeficiente de dilatación térmica y del módulo de elasticidad del hormigón y de la propia distribución no lineal de temperaturas.

La implementación en el programa numérico confeccionado de variables climatológicas como la temperatura ambiente, velocidad del viento e intensidad de radiación solar incidente —ésta última conocida u obtenida analíticamente en función del lugar de emplazamiento y del azimut del puente— y la consideración de las condiciones de contorno derivadas de la posible existencia de capa asfáltica de rodadura y de la presencia de volumen de aire ocluido en las células de los puentes cajón o puentes losa aligerada permite un análisis particularizado del puente frente a la acción térmica ambiental, tanto en diseño como en comprobación.

En este segundo capítulo se presentan también diversos ejemplos cuya finalidad es la de verificar la bondad del modelo propuesto. Los resultados experimentales y analíticos presentados en diversos trabajos de investigación se comparan con los derivados del presente estudio. A modo de ejemplo, la figura 1 muestra las distribuciones de temperatura medidas experimentalmente y obtenidas analíticamente a partir del modelo desarrollado, existentes a través de la sección transversal de un puente cajón emplazado en el estado de Pennsylvania U.S.A. (Hoffman et al. (8)).

En dicha figura puede observarse que, cualitativa y cuantitativamente, los perfiles y la evolución de las distribuciones de temperaturas obtenidas analítica y experimentalmente son muy similares. Para los demás ejemplos analizados se llega a idéntica conclusión.

El tercer capítulo presenta los resultados relativos a múltiples estudios paramétricos de las variables que influyen en la respuesta térmica y tensional de los puentes de hormigón, siendo las tipologías transversales contempladas las comúnmente adoptadas en dise-

ño: puentes losa maciza y aligerada, puentes cajón uncelulares y multicelulares y puentes de vigas.

Los resultados presentados para cada uno de los parámetros analizados hacen referencia, en general, a las distribuciones de temperaturas y de tensiones correspondientes al instante de máxima curvatura térmica vertical impuesta, a las evoluciones diarias y estacionales de los gradientes térmicos y de la temperatura media de la sección, a la propia influencia del parámetro sobre los gradientes máximos y los rangos diarios y anuales de la temperatura media del puente y a las distribuciones tensionales correspondientes al instante en el que se genera la máxima tensión de tracción en el hormigón.

El objetivo que persiguen tales estudios paramétricos, basados en el modelo numérico desarrollado, es el de visualizar y cuantificar la influencia de cada uno de los parámetros físicos, estructurales, geométricos, ambientales y de emplazamiento sobre la respuesta térmica y sobre la respuesta tensional asociada. A modo de ejemplo, se presentan en la figura 2 los resultados obtenidos relativos a la influencia de la inercia y canto variable en puentes cajón uncelulares.

El cuarto capítulo tiene como principal objetivo el presentar una metodología adecuada de cara a la determinación del valor característico de las acciones térmicas a considerar en el diseño de los puentes de hormigón y aplicar dicha metodología a aquellos puentes emplazados en la geografía de nuestro país para las tipologías transversales comúnmente adoptadas en proyecto. El punto de partida para desarrollar tal metodología son las bases de datos aportadas por las diversas publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología (9) correspondientes a las 58 principales estaciones meteorológicas del país.

Dichas acciones térmicas, cuya definición se presenta en la tesis en base a mapas de isolíneas, tablas y expresiones de diseño sumamente sencillas que contemplan los diferentes factores de corrección a aplicar para considerar la influencia de los parámetros más significativos, son las siguientes:

- Variaciones anuales de la temperatura media del puente e incrementos o decrementos uniformes de temperatura.
- Gradientes térmicos verticales positivos y negativos.
- Gradientes térmicos horizontales.
- Solicitaciones térmicas transversales en puentes cajón y puentes de tablero claramente nervado.

La figura 3 muestra, a modo de ejemplo, un mapa peninsular de isolíneas del gradiente térmico a considerar en el diseño de puentes cajón uncelulares emplazados en nuestro país, con canto próximo a 2,20 metros.

Figura 3. Mapa peninsular de isotermales de gradiente térmico en puentes cajón.

El conocimiento de tales acciones redundará en una disposición más adecuada de los aparatos de apoyo y de las juntas de dilatación y, en general, en unos resultados derivados del análisis estructural más acordes con la realidad física del problema y, por consiguiente, en un diseño de la sección transversal y dimensionamiento de la armadura idóneos de cara a hacer frente a los estados tensionales inducidos por los efectos térmicos ambientales.

El quinto capítulo centra su objetivo precisamente en el conocimiento de dichos estados tensionales, longitudinales y transversales. Asimismo se visualizan, para cada una de las tipologías transversales comúnmente adoptadas en el proyecto de puentes de hormigón, las posibles zonas críticas de las mismas sometidas a máximas tracciones y a posibles estados biaxiales de tracción y se proponen recomendaciones de actuación relativas a la geometría de la sección transversal y a la disposición de armaduras.

Las conclusiones derivadas de este estudio así como las perspectivas futuras de trabajo relacionadas con la problemática de los efectos térmicos ambientales en puentes de hormigón se recogen en el sexto y último capítulo de la tesis.

CONCLUSIONES

Las conclusiones extraídas han sido numerosas. No obstante, dado el carácter del presente artículo —resumen de la tesis doctoral—, se exponen a continuación únicamente aquellas conclusiones que pueden considerarse como más relevantes.

En primer lugar puede afirmarse que el perfil genérico de la distribución de temperaturas existente a través de las secciones transversales de los puentes de hormigón atiende a lo siguiente. Las temperaturas de las fibras comprendidas entre 0 y 0,4 h —h es el canto del tablero— vienen controladas fundamentalmente por las condiciones de radiación solar incidente mientras que las temperaturas de las fibras comprendidas entre 0,4 h y 0,8 h, aproximadamente, vienen controladas por las condiciones ambientales existentes en el lugar del emplazamiento en días previos. Las temperaturas de las fibras inferiores, situadas a una profundidad de 0,8 h a h, vienen controladas por las condiciones ambientales y de irradiación existentes el día del análisis en el lugar de emplazamiento del puente.

En lo que se refiere a la influencia de las propiedades térmicas del hormigón sobre la respuesta térmica-

tensional de los puentes puede concluirse que dicha influencia es despreciable (hay que dejar constancia de que en el estudio el material hormigón ha sido considerado como un hormigón ordinario no extendiendo el análisis a ningún tipo de hormigones especiales). En lo referente a los parámetros ambientales y de emplazamiento sí puede afirmarse que la influencia de algunos de ellos es claramente significativa. Así, la respuesta térmica y tensional de los puentes de hormigón para un día determinado depende del rango diario de la temperatura ambiente, de la velocidad del viento, del factor turbidez, del propio día del año y de la latitud del lugar de emplazamiento. Estos tres últimos parámetros son sinónimos del número diario de horas de sol y de la radiación solar global incidente sobre el tablero del puente. Es importante destacar la influencia de la capa asfáltica de rodadura dispuesta sobre el hormigón estructural. El análisis de dicha influencia ha permitido obtener un espesor de asfalto equivalente, dependiendo fundamentalmente del canto del tablero, por encima del cual los gradientes térmicos verticales obtenidos son menores que el gradiente vertical al que se vería sometido el puente sin disponer aquélla.

Centrándonos ahora en la influencia de la propia geometría de la sección puede afirmarse que, para toda tipología transversal, el parámetro geométrico que muestra una mayor influencia sobre la respuesta térmica y tensional de los puentes de hormigón es el canto del tablero. Cuanto mayor es el canto del tablero, menor es el gradiente térmico vertical, menores son las expansiones eficaces diaria y anual del puente y mayor es la magnitud de las tensiones longitudinales primarias inducidas por la no linealidad de la distribución de temperaturas. Por otra parte, la propia tipología transversal de los puentes cajón hace que, en algunos casos, cobre especial importancia el gradiente horizontal siendo éste más elevado cuanto mayor sea la relación canto del alma-longitud del voladizo.

Asimismo, también es de destacar la importancia que adquiere la sollicitación térmica transversal —tensiones térmicas transversales— en los puentes cajón y, en general, en todos aquellos puentes de tablero claramente nervado. Dicha sollicitación, razón desencadenante de patologías preocupantes en algunos puentes de hormigón, viene originada, en el primer caso, por la diferencia de temperaturas existente entre el ambiente exterior y el interior de las células y, en el segundo, por la imposición de una curvatura térmica y una elongación térmica en la losa superior del tablero que induce en ésta tensiones transversales de cierta consideración y en los nervios esfuerzos torsores que generan tensiones tangenciales.

En lo que se refiere a la influencia de la inercia variable sobre la respuesta térmica de los puentes de hormigón puede concluirse, por una parte, que el flujo lon-

gitudinal de calor es prácticamente despreciable y, por otra, que las variaciones de las acciones térmicas a lo largo de la directriz son únicamente significativas a la hora de evaluar el gradiente térmico vertical, recogiendo en la tesis expresiones de diseño que contemplan dicha influencia.

Llevando a cabo un análisis comparativo entre los resultados derivados del presente estudio y lo preconizado por la normativa nacional vigente en lo que se refiere a la definición de las acciones térmicas de diseño pueden extraerse diversas conclusiones que, en mi opinión, son de relevancia.

Por una parte, puede observarse que la corrección relativa al espesor ficticio de la pieza en la expresión que recomienda la normativa de cara a la obtención del incremento y decremento uniforme de temperatura media del puente refleja de forma más o menos fiel la influencia de la tipología y canto del tablero. Ahora bien, dicha expresión no contempla la diversidad de climas existentes en nuestro país. Tal diversidad de climatología se traduce en unas variaciones anuales de la temperatura media del puente mucho más acusadas que las que podrían provenir de la influencia de la tipología y del canto del tablero. Ello automáticamente nos lleva a concluir que, si se introdujeran factores correctores en dicha expresión, la corrección de mayor interés sería la correspondiente a la propia climatología existente en el lugar de emplazamiento de puente y no la correspondiente a la tipología y canto de éste.

Por otra parte, en lo relativo a la definición del gradiente térmico a considerar en diseño, se ha hecho evidente a lo largo de todo el estudio que un valor de gradiente que se ajuste a la realidad física del problema debe pasar necesariamente por la contemplación de las condiciones ambientales en el lugar de emplazamiento del puente y, en concreto, de la radiación solar global media mensual máxima a lo largo del año. Para puentes losa emplazados en amplias zonas de la geografía española se observa que el gradiente térmico de diseño, definido mediante su valor característico, supera claramente el valor de 10°C preconizado por la normativa nacional vigente. Para puentes cajón, no obstante, puede apreciarse que, salvo en determinadas localidades de la península, difícilmente se alcanza el gradiente térmico de diseño de 10°C. Este hecho evidencia de forma meridiana la influencia de la propia tipología transversal del tablero y, en particular, la del canto del tablero en el valor del gradiente térmico inducido.

A modo de resumen final, se presentan en la tabla 1 las diferencias cualitativas más apreciables entre lo recomendado por la normativa vigente y lo derivado del presente estudio en lo referente a la definición de las acciones térmicas a considerar en el diseño de los puentes de hormigón.

Tabla 1. Acciones térmicas a considerar en el diseño de puentes de hormigón según la normativa nacional vigente y según lo derivado de la presente tesis doctoral.

TEMPERATURA MEDIA EFICAZ	Rango anual de la temperatura media	Variables consideradas	Información climatológica
Normativa española	$\pm (20 - 0,75\sqrt{e})^{\circ}\text{C}$	Espesor ficticio del tablero	—
Presente estudio	Los valores del rango se definen en base a mapas de isolíneas y sencillas expresiones de diseño.	Canto del tablero. Tipología del tablero.	Climatología existente en el lugar de emplazamiento del puente: rango anual de la temperatura ambiente fundamentalmente.
GRADIENTES VERTICALES	Calentamiento del tablero	Enfriamiento del tablero	Variables consideradas
Normativa española	Gradiente lineal de 10°C	—	—
Presente estudio	Los valores del gradiente se definen en base a mapas de isolíneas y sencillas expresiones de diseño.	Si no existe asfalto puede considerarse un valor único de -2°C . Si existe asfalto, no es necesaria su consideración en diseño.	Climatología en emplazamiento: radiación solar, velocidad del viento y rango de la temperatura ambiente. Espesor de asfalto. Canto y tipología del tablero.
OTRAS ACCIONES TERMICAS	Gradientes horizontales	Solicitaciones térmicas transversales	
Normativa española	—	—	
Presente estudio	El valor depende de la intensidad de radiación solar incidente lateral: función de la latitud del emplazamiento, del azimut del puente y de la relación longitud de voladizo-canto del alma.	En puentes cajón se considera en diseño la diferencia de temperatura entre el interior de las células y el ambiente exterior. En puentes de tablero nervado se considera en diseño las curvaturas y elongaciones térmicas impuestas en la losa superior del tablero.	

Los aspectos referentes a la metodología a seguir de cara a la obtención de dichas acciones, a los mapas de isolíneas y a la aplicación de factores correctores —relativos al espesor de capa asfáltica, al canto del tablero, etc.— pueden verse con más detalle en la citada tesis doctoral.

Por último, incidiendo una vez más en el hecho de que distribuciones no planas de temperatura generan distribuciones de tensiones longitudinales autoequilibradas, se presentan en dicha tesis diferentes estados tensionales de tracciones máximas a considerar en el dimensionamiento de la armadura pasiva de las tipologías transversales comúnmente adoptadas en proyecto. El efecto combinado de dichos estados tensionales con los provenientes de las sollicitaciones térmicas transversales permite visualizar las zonas críticas so-

metidas a estados biaxiales de tracción para cada una de las tipologías transversales de los puentes de hormigón.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CEB «Thermal Effects in Concrete Structures». Task Group Thermal Effects. Commission II. Structural Analysis. CEB. París, 1983.
- (2) LEONHARDT, F., KOLBE, G., PETER, J. «Temperaturunterschiede gefährden Spannbetonbrücke». (Temperature Differences endanger Prestressed Concrete Bridges). Beton-und Stahlbetonbau, Vol. 60, No. 7. July 1965.

- (3) PRIESTLEY, M.J.N., BUCKLE, I.G. «Ambient Thermal Response of Concrete Bridges». Road Research Unit Bulletin No. 42. National Roads Board, New Zealand. Wellington, 1979.
- (4) ZICHNER, T. «Thermal Effects on Concrete Bridges». Bulletin d'Information No. 154. CEB. París, 1982.
- (5) IMBSEN, R.A., VANDERSHAF, E., SCHAMBER, R. NUTT, R.V. «Thermal Effects in Concrete Bridge Superstructures». Report 276. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board. Washintong D.C., September 1985.
- (6) EP-80 «Instrucción EP-80 para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado». Comisión Permanente del Hormigón. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1980.
- (7) MOPU «Instrucción relativa a las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera». Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.
- (8) HOFFMAN, PC., McCCLURE, R.M., WEST, H.H. «The Temperature Problem in a Prestressed Box Girder Bridge». The Pennsylvania Transportation Institute. The Pennsylvania State University, University Park. Pennsylvania, January 1984.
- (9) INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA «Atlas climático de España». Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Madrid, 1983.
- (10) MIRAMBELL, E. «Criterios de diseño en puentes de hormigón frente a la acción térmica ambiental». Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, marzo 1987.

* * *

Equipo de Ahorro de Energía en el edificio

Dirección y coordinación:
Arturo García Arroyo

M.^a José Escorihuela
José Luis Esteban
José Miguel Frutos
Manuel Olaya
Bernardo Torroja

selectividad en la aplicación de los sistemas y procedimientos pasivos dando origen a un ecumenismo arquitectónico solar, al margen de las condiciones climáticas y funcionales específicas de cada caso y lugar.

En este libro, utilizando criterios y metodología pedagógicos, se dan los fundamentos e instrumentos teórico-prácticos necesarios para el planteamiento de todo proyecto arquitectónico solar pasivo, de acuerdo con los principios éticos y económicos de conservación y ahorro de energía. Es decir: respeto de los presupuestos bioclimáticos, búsqueda de la máxima captación y acumulación de la radiación solar, y esmero en el aislamiento térmico de los cerramientos.

Un volumen encuadernado en cartulina ibiza plastificada, a cinco colores, de 16 x 23 cm, compuesto de 216 páginas, 217 figuras, 87 gráficos, 19 tablas y 10 cuadros.

Madrid, 1983. Precios: España 2.100 ptas.; 30 \$ USA.

Las dificultades de suministro y el alto coste de los productos energéticos convencionales han despertado la atención de los usuarios, técnicos e industriales de la edificación hacia los procedimientos y sistemas en que se basa el aprovechamiento de otras fuentes alternativas de energía, principalmente la solar. Esto ha generado un rápido desarrollo industrial y comercial que, en opinión de los autores de este libro, arrastran los siguientes defectos: un mimético tecnologismo respecto de los sistemas convencionales que violenta las peculiaridades de la energía solar (baja densidad y variabilidad en el tiempo), y una escasa