

# GRADERIAS Y PREFABRICACION

Julián Salas  
Ingeniero Industrial  
I.E.T.c.c.

## Consideraciones generales

La primera y básica propiedad que tiene que cumplir toda grada, en sentido genérico (grada: asiento a manera de escalón corrido), y más específicamente la grada de un estadio de fútbol, es la de proporcionar buena visibilidad a los espectadores. En modesto segundo plano quedan otras características, que no pueden olvidarse a la hora del proyecto, pero que en modo alguno pueden ponerse a nivel de importancia: proporcionar visibilidad; nos referimos a la comodidad de los usuarios (sentados o de pie), así como a la bondad de paso o acceso a la localidad. En la comodidad, o si se quiere junto a ella, hay que tener en cuenta la idónea evacuación de la lluvia y nieve, en los casos de graderías no cubiertas.

Tres son las características que han de cuidarse en momentos posteriores del proyecto: la seguridad estructural, la adecuabilidad funcional de la grada (etapa de cálculo) y el procedimiento constructivo idóneo (etapa de ejecución). De ambas fases nos ocuparemos más adelante.

Abordaremos seguidamente algunos detalles de las tres etapas enumeradas: diseño, cálculo y ejecución —propias de toda construcción global— así como de este elemento funcional que es la gradería de un estadio.

La falta de visibilidad en una gradería, calificable como el más grave de los problemas que pueden ocurrirles al colectivo congregado para ver algo (fútbol), es problema de mala y costosa modificación. Por contra, la óptima visibilidad, en el sentido de máximo espacio visual, contribuye poderosamente a la laxitud física del espectador. Sin la condición de visibilidad, de casi nada sirven otras comodidades: asientos generosos, accesos fáciles, buena cubierta, ... o excelente espectáculo.

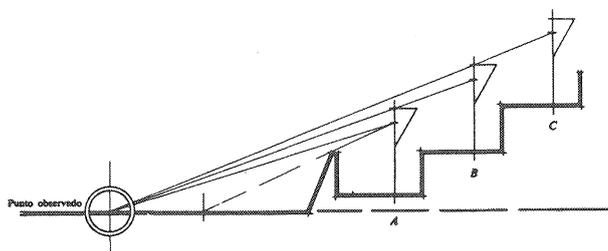


Fig. 1. — Aplicación del triángulo de representación de la cabeza de los espectadores.

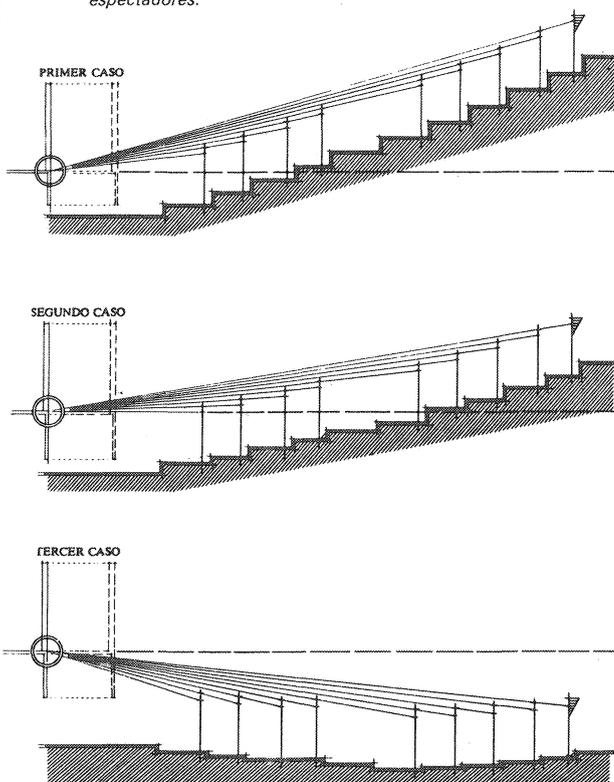


Fig. 2. — Casos básicos del trazado de isópticas.

- 1.º caso: los ojos del primer espectador más altos que el punto base.
- 2.º caso: los ojos del primer espectador al mismo nivel.
- 3.º caso: los ojos del primer espectador más bajos.

Aun cuando este tema se trata con cierto detalle matemático en otro artículo de este mismo número, daremos aquí algunas ideas generales que estimamos de importancia básica.

Un medio para conseguir una visibilidad óptima, según Luis Alvarado Escalante (\*), es el estudio de las isópticas o curvas que resultan del trazado o cálculo, basado en la posición de los ojos de los espectadores de la primera fila, determinante de las ubicaciones de los ojos de los espectadores de las restantes filas de la misma gradería.

(\*) L. Alvarado Escalante «Isópticas: técnicas en el proyecto de óptima visibilidad para espectadores». *Arquitectura México* n.º 119, año 1978.

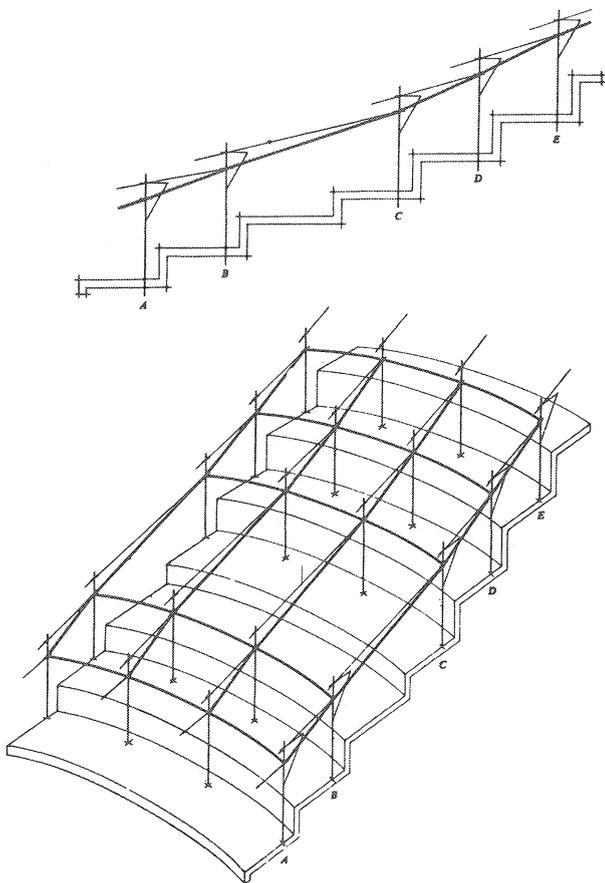


Fig. 3. —Lugar geométrico de la isóptica. La envolvente de las isópticas es una superficie curva.

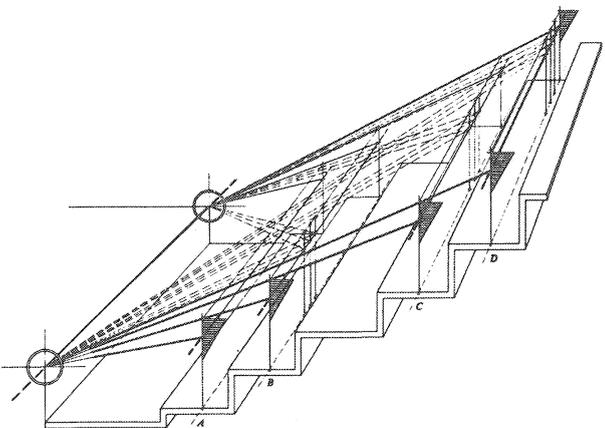


Fig. 4. —Planos visuales. En las graderías rectas, las visuales de los espectadores de cada grada forman planos.

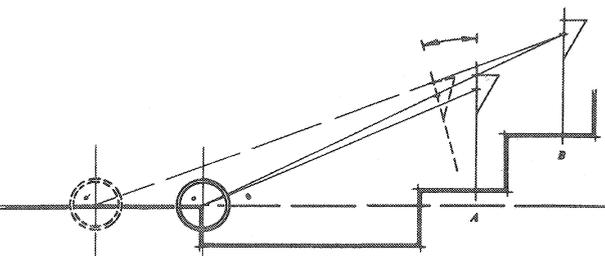


Fig. 5. —Los movimientos de los espectadores si no están previstos, pueden quitar visibilidad a los demás.

Debe buscarse el punto desde el cual ha de hacerse el trazado que irá dando como resultado una isóptica; dicho punto puede ser llamado **punto base del trazado** o **punto observado**. En el caso de un estadio podrían ser cuatro los puntos base, correspondiéndose con los cuatro vértices del terreno de juego. Dos son los datos fundamentales: las distancias de los espectadores de todas las filas y la altura del primero. De ellos dependerán: las alturas de localización de los demás espectadores y, como consecuencia, que la isóptica resulte alta o baja; con poca o mucha pendiente; etc.

A modo de ilustración gráfica del trazado de las isópticas, como técnica para el proyecto de visibilidad del trabajo de Escalante, recogemos en las figuras 1 a 5 algunos esquemas ilustrativos.

Se recogen a nivel práctico criterios semejantes a los esbozados en la resolución de graderías planteadas por la Delegación Nacional de Educación Física y Deportes en su publicación «Módulos Deportivos», de la que reproducimos la figura 6 y, en la que la «línea calculada por las visuales», no es otra cosa que la «isóptica» y el punto marcado como «A» el «punto observado».

Al plantearse el tema ergonómico del espectador en la grada recurrimos de entrada ¿cómo no?, al Modulor de Le Corbusier (fig. 7). En este gráfico pueden encontrarse las relaciones, un poco forzadas, en base a la talla del hombre medio europeo de 1,75 m de altura, que poco se correspondía con el español-medio de la época en que se enunciaba, año 1947.

Del tema se ocupó en profundidad Gui Bonsiepe (\*) que, en 1977, diseñó en equipo una «butaca para estadios deportivos». Partió Bonsiepe de la formulación de tres tipos de requisitos: ergonómicos, funcionales y tecnológicos llegando a concretar el siguiente listado de dimensiones:

- profundidad: 35 ÷ 38 cm;
- ancho total: 50 cm;
- apoyo en la zona lumbar inferior: 8 ÷ 13 cm desde el punto más hondo del asiento;
- inclinación de la superficie del asiento: 10° ÷ 20° hacia atrás;
- altura (entre el borde frontal del asiento y el piso): 40 ÷ 43 cm.

Como puede apreciarse en la fig. 8, el equipo de Bonsiepe se decantó, por razones ergonómicas y de seguridad (un respaldo alto es la parte más

(\*) Gui Bonsiepe, «Teoría y Práctica del Diseño Industrial». Colección Comunicación Visual. Edit. Gustavo Gill.

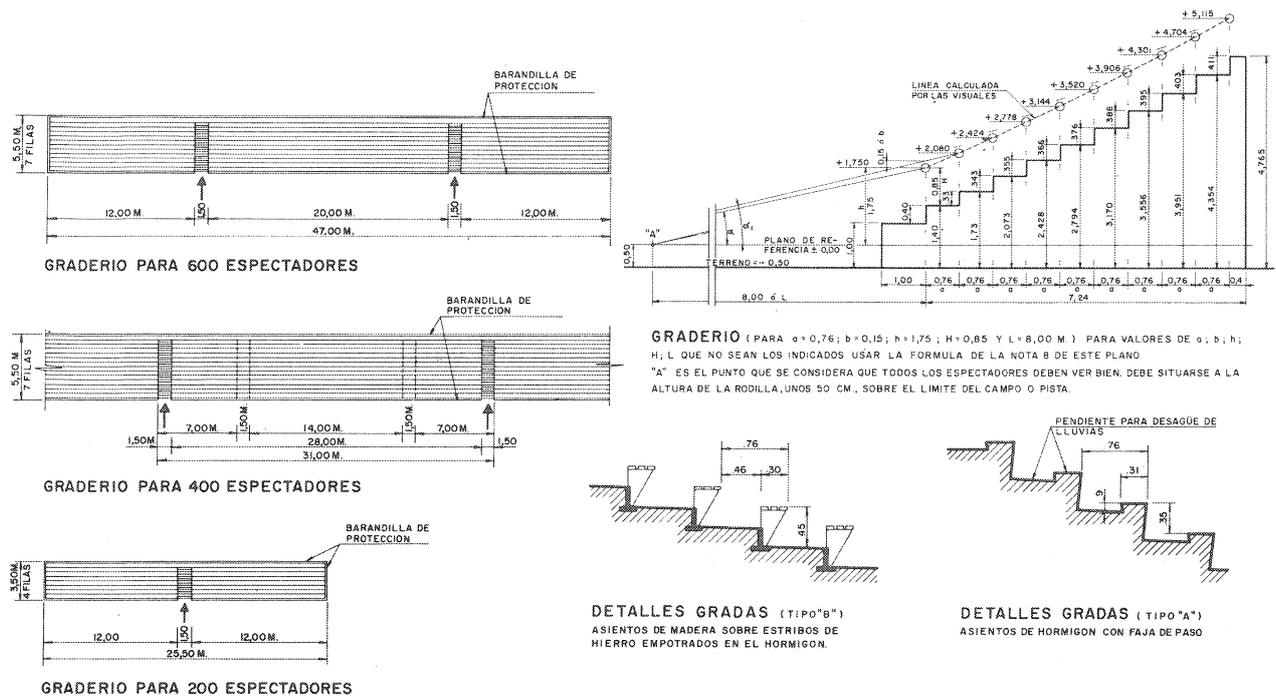


Fig. 6.—Esquemas de graderíos normalizados y gráfico de aplicación de isópticas.

expuesta y constituye un obstáculo en situaciones excepcionales de pánico) por la solución de butaca sin respaldo, optando por «los asientistas» en contraposición a «los respaldistas», clásico enfrentamiento entre grupos de ergonomistas.

El resultado esquemático del trabajo, que se recoge en las figs. 9 y 10, tiene en cuenta aspectos funcionales tales como: autolimpieza (con la lluvia o manguera); fijación a la parte baja de las gradas; seguridad (no combustible, no presenta cantos vivos); mínimo mantenimiento; superficies lisas de tacto agradable; resistencia al desgarro (vandalismo); señalización de fila; etc.

La solución planteada favorece las posiciones delantera y media, que son las más adoptadas por los espectadores de los estadios y que corresponden al caso de que más del 25 % del peso descansa sobre los pies (posición delantera) y cuando el centro de gravedad del tronco está ubicado sobre las protuberancias isquiáticas, con lo que aproximadamente el 25 % del peso descansa sobre los pies (posición media).

Estructural y constructivamente, el tema de los graderíos presenta pocas alternativas tipológicas, figuras 11, 12 y 13. Se trata de salvar vanos de tipo medio, en torno a los siete metros, o grandes vanos, que oscilan entre los doce y quince metros; ello, a base de elementos del ancho de la huella de una fila de gradas, huella que oscila sobre los

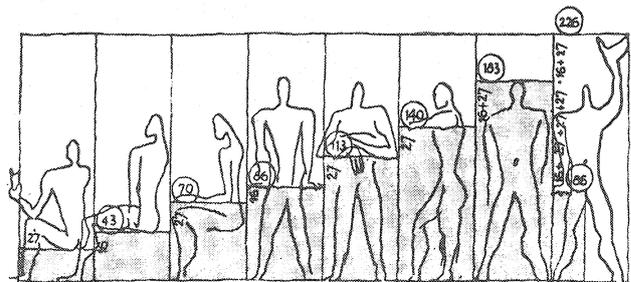


Fig. 7.

90 cm para el caso de las localidades sentadas y de los 60 cm para las de pie. Estas piezas, que según la MV 101 «iglesias, edificios de reunión y de espectáculos: locales sin asientos, tribunas y escaleras», caso más restrictivo, han de calcularse para una sobrecarga de uso de 500 kg/m<sup>2</sup>, presentan los esquemas de apoyos simples o de cierto grado de continuidad estructural entre elementos continuos.

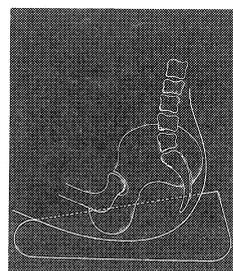


Fig. 8

Esquema ergonómico de la zona sacrolumbar y su apoyo en la butaca, mostrando la posición de las protuberancias isquiáticas, claro ejemplo de intento de adecuación función-forma.



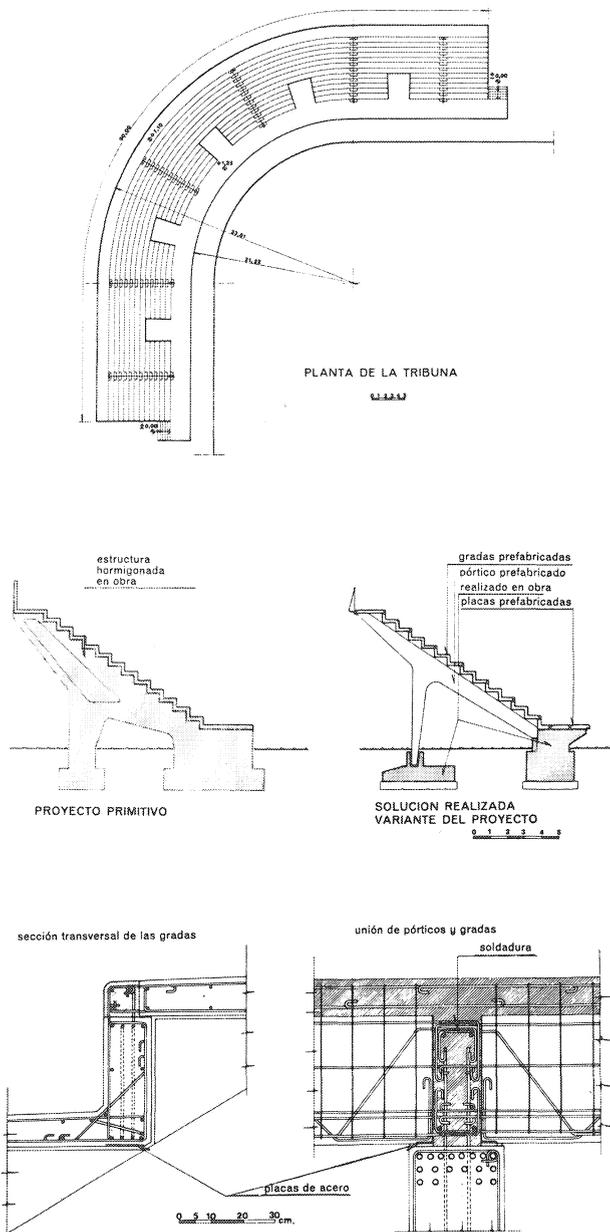


Fig. 13. — Esquemas de la grada prefabricada del campo Kennedy en Milán (Italia).

- d) **Práctica constancia en el peso** de los elementos, lo que economiza el montaje.
- e) **Facilidad y rapidez en el montaje** de los elementos, especialmente en el caso de apoyos simples, sin necesidad de puntales ni apeos.
- f) **Perfecta adecuabilidad del material-hormigón** a la durabilidad ante la intemperie con mantenimiento mínimo.
- g) **Posibilidad de recuperación** y facilidad de desmontaje de los elementos.

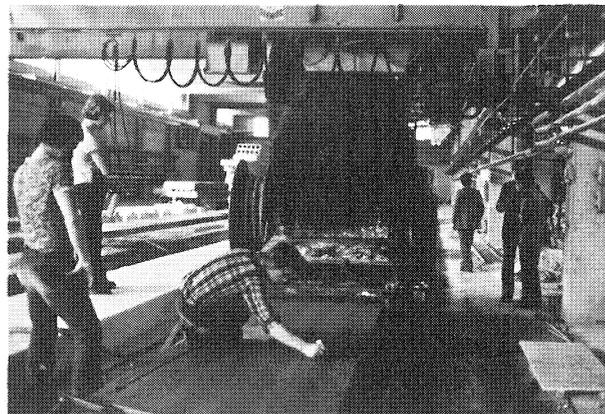


Fig. 14. — Máquina de fabricación continua de losas aligeradas pretensadas.

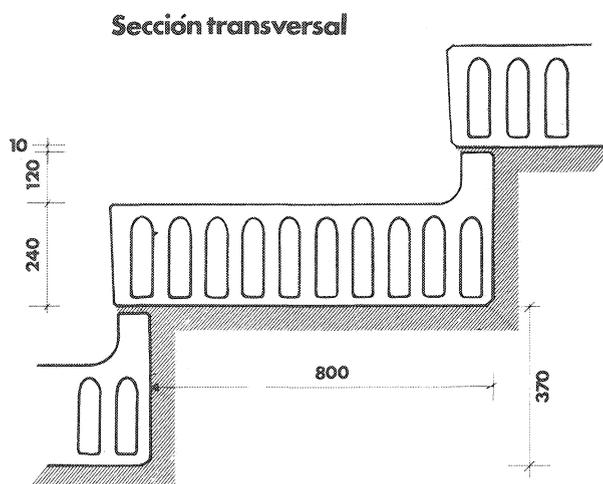


Fig. 15. — Esquema de solución de gradas prefabricadas de la casa Horviten en el estadio del Levante (Valencia).

Quando los elementos de grada presentan una sección transversal compleja, es decir, de sección «no plana» — caso de la fig. 11 b— la producción de los elementos armados o pretensados ha de ejecutarse en moldes específicos, o bien, mediante la producción y unión en obra de dos piezas básicamente planas que pueden evitar la complejidad de fabricación. Cuando la sección transversal es sensiblemente plana, figs. 12 d y 11 c, los métodos de producción continua, fig. 14 (vibrocompresión, vibrolaminación, extrusión y otros), se muestran como los más idóneos y competitivos tanto para secciones llenas como aligeradas, especialmente cuando se utilizan alambres pretensados.

Soluciones como la recogida en la fig. 15 responden a las características de fabricación apuntadas y pueden atender vanos del orden de los diez metros de luz para pesos propios de unos 400 kg/m<sup>2</sup>.

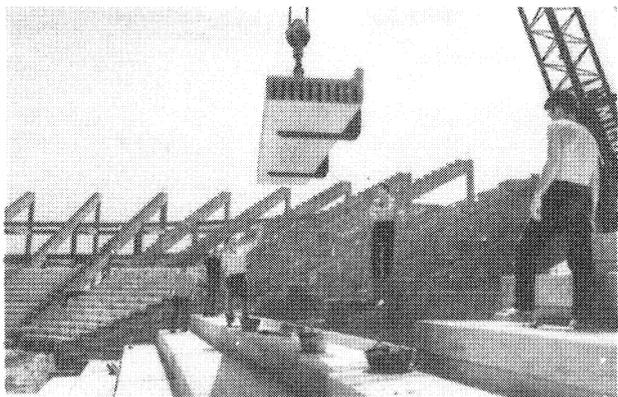


Fig. 16.—Momento del montaje del elemento de grada en el caso mencionado en la figura 15.

En la fig. 16 puede apreciarse con claridad la sencillez y limpieza de la ejecución, a base de este tipo de elementos, que presentan un grado de acabado al salir de fábrica tal que permiten suprimir prácticamente los retoques en obra.

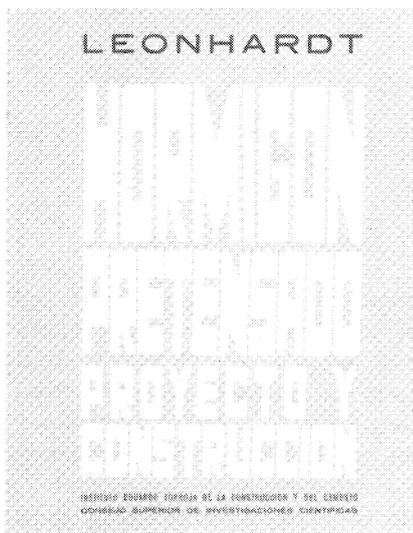
Pero estos usos, luces superiores a los 10 m, llevarían a cantos mayores de 30 cm y fuertes cuantías de armadura, lo que invalidaría las técnicas de producción continua provocando la búsqueda de soluciones con sección de fuerte inercia y una organización de apoyos capaz de asumir un cierto grado de continuidad estructural, fig. 13.

## publicaciones del i.e.t.c.c.

### hormigón pretensado proyecto y construcción

Fritz Leonhardt

Dr. Ingeniero



El libro del profesor Leonhardt, sobre hormigón pretensado, puede considerarse ya como un tratado clásico de esta técnica.

En esta obra se presentan con detalle los materiales acero y hormigón, sobre todo en lo que se refiere a las propiedades más importantes a efectos de su utilización en hormigón pretensado.

Las cuestiones prácticas y de aplicación directa han sido abordadas con mayor detalle que los proble-

mas teóricos, los cuales se exponen con la mayor sencillez posible, haciéndolos accesibles también al ingeniero medio, ya que el libro está destinado a la utilización práctica.

No se han expuesto las posibilidades de realizar el pretensado basándose en los sistemas actualmente en uso, sino que se han intentado describir las soluciones fundamentales y aclararlas presentando dichos sistemas.

Se ha estudiado con detalle el problema de la introducción de las fuerzas de pretensado. La disposición constructiva de la estructura pretensada se ha antepuesto, intencionadamente, al cálculo estático.

En principio no se efectúa descripción de aplicaciones prácticas, haciéndose una excepción con los depósitos, tubos, firmes y traviesas pretensadas.

En la página IX de este libro figuran 10 recomendaciones básicas para el ingeniero que se ocupe en esta disciplina, con las particularidades más importantes que deberá tener en cuenta el ingeniero especialista en hormigón armado, independientemente de las recomendaciones aplicadas hasta el momento.

Un volumen encuadernado en tela, brillantemente presentado, de 19 x 26,5 cm, compuesto de 780 páginas, numerosas figuras, abundantes tablas, ábacos y una extraordinaria bibliografía.

Precios: España, 2.000 ptas.; extranjero, \$40.

### cuadros de precios 79

C. P.

En esta publicación se pone al día la que, con el mismo título, editó el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento en 1969 adaptándose a la reglamentación vigente. Las Ordenes, Decretos y Convenios Colectivos, así como la Ordenanza Labo-

ral de la Construcción, Vidrio y Cerámica, que intervienen en el CUADRO DE JORNALES, figuran con sus respectivas fechas de entrada en vigor.

Se han tomado como precios básicos los de la provincia de Madrid, ya que, al ser válidas las descomposiciones de las diversas unidades de obra, bastaría incrementar o disminuir los totales proporcionalmente a las diferencias de jornales o materiales.

En el concepto de «Mano de Obra Indirecta» se incluye la parte proporcional de los jornales: de encargado, capataces, almacenero, listero, etc., fijándose en un 10 por 100 de la «Mano de Obra Directa». Cada unidad de obra se incrementa en el 1 por 100 en concepto de «Medios auxiliares».

El Cuadro «Precios de Materiales» se ha dividido en capítulos para facilitar su localización, respetando el orden alfabético dentro de cada uno de ellos.

En el Cuadro «Precios Auxiliares» están incluidas las descomposiciones de las unidades de obra, que intervienen a su vez en el Cuadro «Precios Descompuestos», evitando su innecesaria repetición.

Estos cuatro Cuadros de: PRECIOS DE JORNALES, PRECIOS DE MATERIALES con Transporte, Carga, Descarga y Pérdidas; PRECIOS AUXILIARES, y PRECIOS DESCOMPUESTOS, que, con los de MEDICIONES, PRESUPUESTO y RESUMEN GENERAL, componen el DOCUMENTO NUMERO 4 —«PRESUPUESTO»— son los exigidos para la elaboración de Proyectos de Obras para el Estado, conforme al DECRETO 3.410/1975 («B. O. del E.» n.º 311 de 1975), del Ministerio de Hacienda.

Todos los precios que figuran en esta publicación se refieren exclusivamente a ejecución material.

Esta edición, como la anterior, ha sido realizada mediante el fotograbado de los datos, obtenidos directamente del ordenador electrónico, asegurando así la garantía de su exactitud para facilitar la labor de todos los profesionales de la construcción.

Encuadernado en rústica, de 29,7 x 21 cm, compuesto de unas 192 páginas.

Madrid, 1979.

Precios: España, 1.000 pesetas. Extranjero, \$ 20.

#### NOTA:

Debido al actual cambio de la peseta, con respecto al \$ USA, todos los pedidos de publicaciones del IETCC (sin incluir revistas) que se efectúen a librerías en el extranjero, e incluso directos, obtendrán una bonificación del 30 % sobre los precios marcados en dólares. Este descuento será aplicado por los vendedores —hasta nueva orden— a cualquier pedido que se formule fuera de España.