



(Fotos Kindel.)

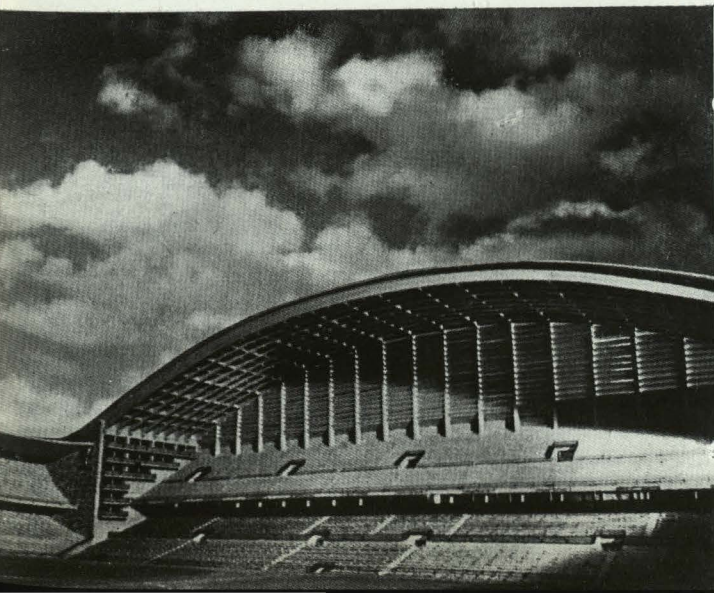
## TRIBUNA DE SAN MAMÉS, en Bilbao

Arquitectos: José A. Domínguez Salazar.  
Ricardo Magdalena.  
Carlos de Miguel.  
Ingeniero: Carlos F. Casado.

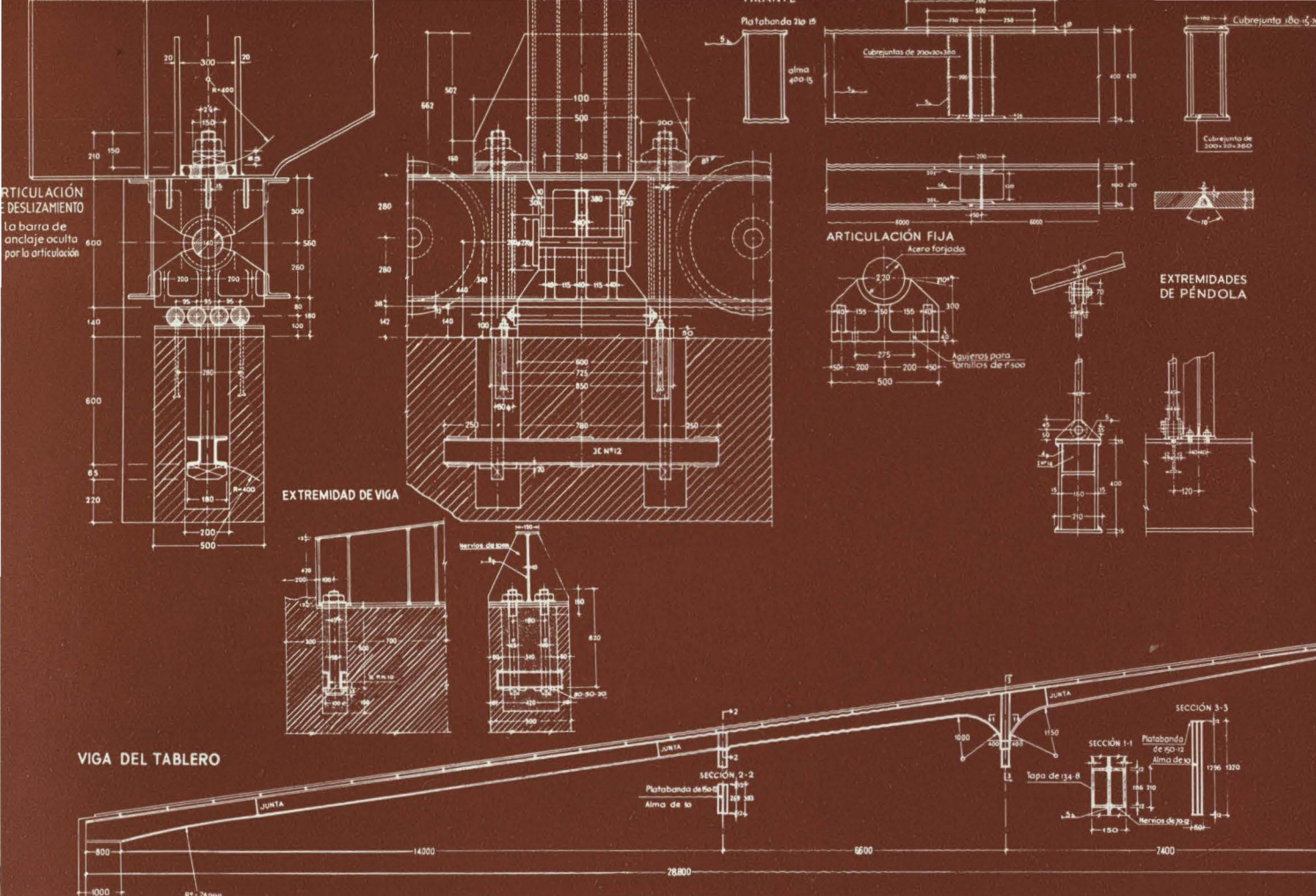
*Arriba, vista de la ciudad. Los arcos de San Mamés son elemento destacado en la fisonomía de Bilbao. Abajo, maqueta del proyecto primitivo.*

En el número de febrero de 1952 de esta Revista se publicaron los proyectos presentados al concurso de ampliación del campo de San Mamés, del Atlético de Bilbao, entre los cuales estaba el nuestro, que obtuvo el primer premio. De este proyecto se ha ejecutado la tribuna de preferencia, que se inauguró oficialmente en mayo de 1953.

En el curso de la construcción, las modificaciones más importantes se han referido a la cubierta. La idea que nos guió en la concepción de esta cubierta fué sustituir la sustentación en voladizo desde la fachada principal por la de apoyo sobre los dos muros de costado de la tribuna. Hay que tener en cuenta que las características especiales del campo de San Mamés obligan a tratar independientemente cada uno de los cuatro frentes hacia el terreno de juego, por lo cual es preciso prescindir de la ordenación en anillo corrido, normal actualmente en los campos de juego y tradicional de los anfiteatros romanos y de nuestras plazas de toros. Es-







Detalles del tirante, péndolas, vigas del tablero y articulaciones de las extremidades de los arcos. (En la articulación móvil aparece el carrilón utilizado para el traslado de los arcos.)

tas condiciones, aparentemente negativas, que nos imponen las dificultades actuales del solar, deformado por su ubicación urbana, las hemos potenciado positivamente desarrollando una arquitectura jerarquizada, en la cual cada una de sus partes acuse su importancia, independientemente de la función que todas ellas han de cumplir. Es lógico que la tribuna de preferencia tenga más categoría que la de general, aunque en ambas las curvas visorias, las superficies por espectador y las estructuras de circulación se ajustan al mismo patrón, regulado por el Reglamento de espectáculos.

En nuestro primitivo proyecto, la cubierta consistía en una superficie cilíndrica organizada en losas curvas de hormigón armado, que se apoyaban sobre arcos del mismo material estribados en los muros de costado de la tribuna. Esta estructura se tradujo a metálica en el mismo momento de adjudicación de las obras, lo cual fué determinado por dos circunstancias en cierto modo complementarias.

La dificultad de construcción de los arcos y la falta de conocimiento directo del coste de medios auxiliares y mano de obra para organizar el montaje obligaron a las Empresas Constructoras que se presentaron al concurso de obra a cubrir con holgura los riesgos económicos.

Así resultaron cifras de valoración más elevadas que las que habíamos supuesto en el proyecto. Pero en el mismo instante de ponerse de relieve esta condición desfavorable surgió la otra circunstancia complementaria. Y es que nos encontrábamos en pleno centro de la industria siderúrgica, y, además, la obra era para el Club Atlético de Bilbao, tan querido por todos los bilbaínos. Esto hizo posible la solución metálica, la cual habíamos descartado *a priori* dadas las circunstancias por que atraviesa la construcción en España.

Esta adaptación a las posibilidades económicas de la construcción no suponía quebranto en las normas de nuestro proyecto. Únicamente se perdía la ocasión de realizar un *record* en cubierta de hormigón armado, pues los hangares americanos de Maine y Dakota del Sur tienen 103 m. de luz, y el hangar de Marignane, construido posteriormente en Francia, 101,50 m. Pero realizando los arcos en estructura de cajón de alma llena soldada, el aspecto de la obra variaba muy poco.

Una segunda modificación se introdujo en el proyecto de la cubierta y durante el curso de su construcción. Modificación fundamental que transformaba la cubierta de arcos estribados en los muros de los costados en dos arcos atirantados apoyados en los mismos, desde



los que cuelga un techo plano inclinado hacia fachada.

Esta variación surgió como consecuencia del deseo de la propiedad de bajar el borde delantero de la cubierta y aminorar la entrada de la lluvia cuando cayera inclinada a causa del viento de cara, aunque éste no fuese el dominante. La decisión de la propiedad en este sentido fué tan terminante que, desechando la cubierta del proyecto premiado, estaba dispuesta a realizar una solución estudiada por la casa constructora, que era una cubierta típica metálica, incluso con pilares dentro del graderío, y que, además, tenía el argumento, siempre de gran fuerza, de ser más económica.

Esta solución la desechamos nosotros rotundamente, porque, en primer lugar, no era el proyecto premiado, y, además, se trataba de una cubierta muy poco interesante, para llegar a la cual no había sido menester ir a un concurso entre arquitectos. Después de muchos estudios y croquis dimos con la solución que, estéticamente, nos satisfacía, y en la que no se perdía la idea del gran arco de San Mamés que habíamos presentado al concurso y había merecido el primer premio. Se llegó a conseguir un porcentaje de hierro del orden de la solución presentada por la casa constructora.

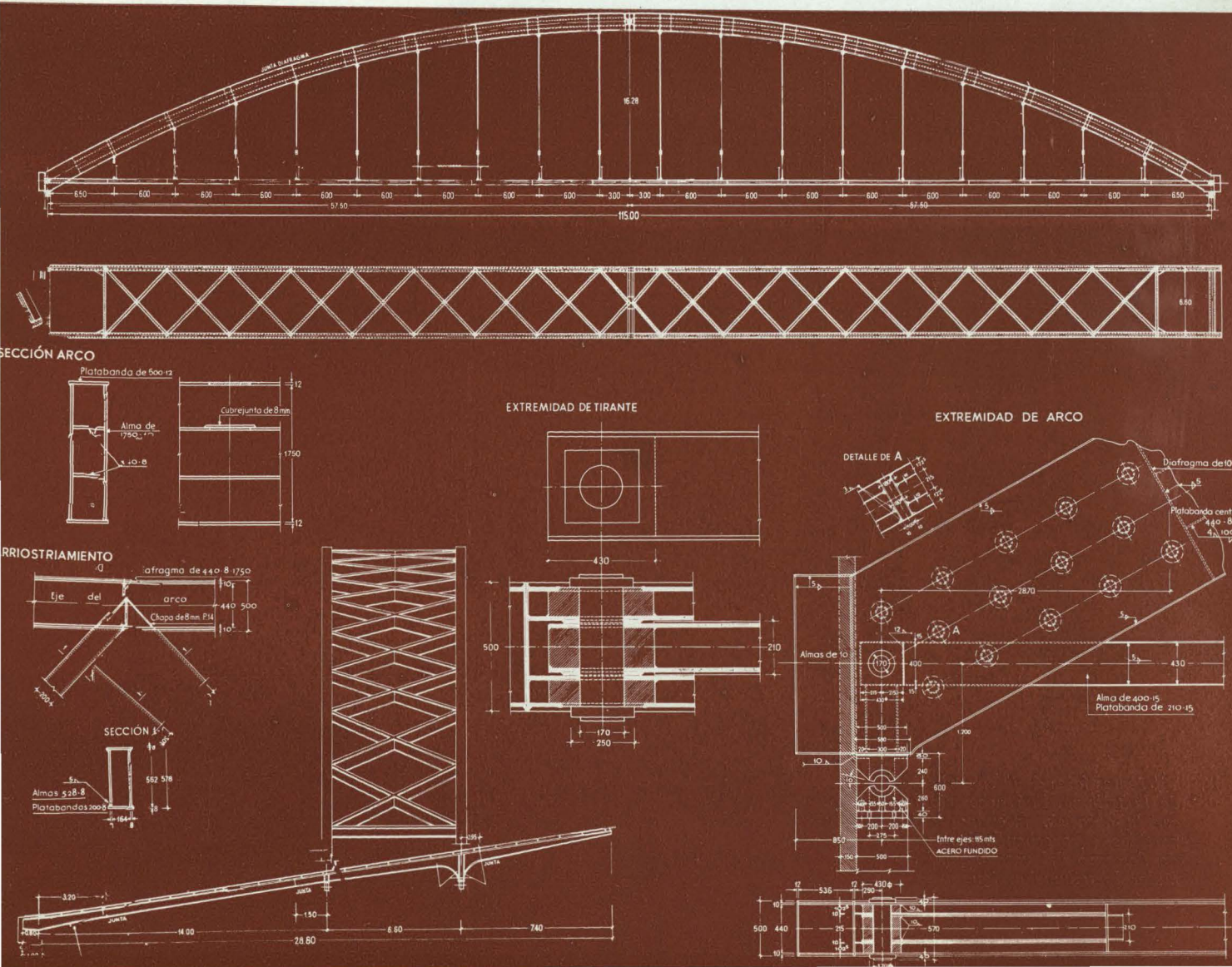
A la vista de este resultado, se redactó el nuevo pro-

yecto, que la propiedad aceptó, y que es el que se ha realizado.

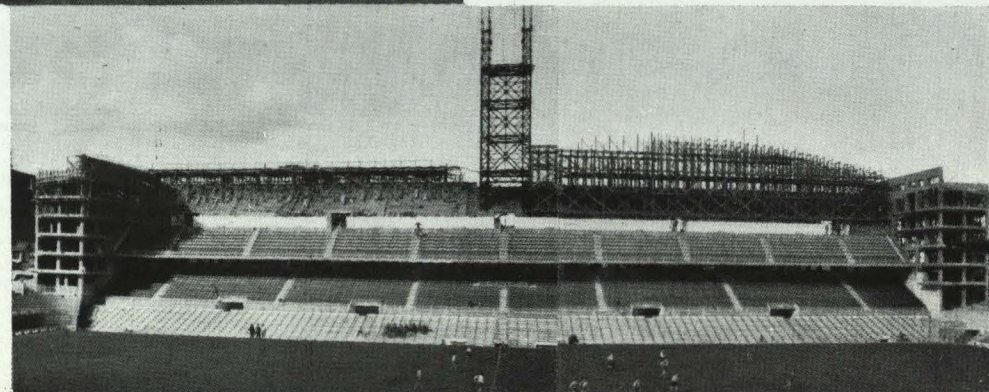
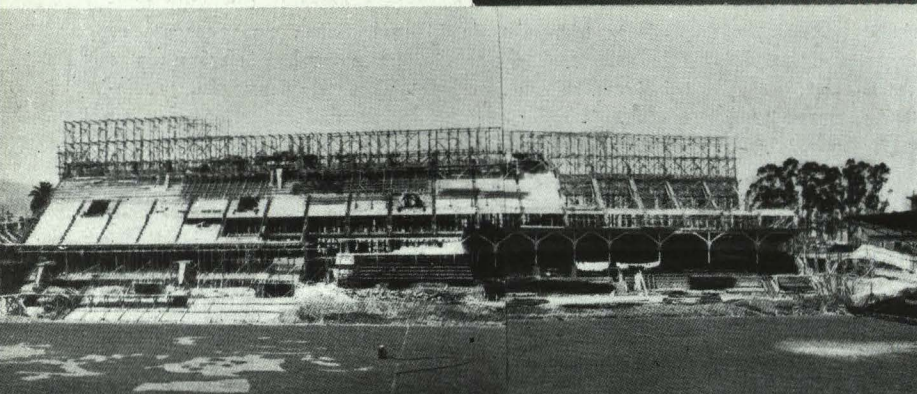
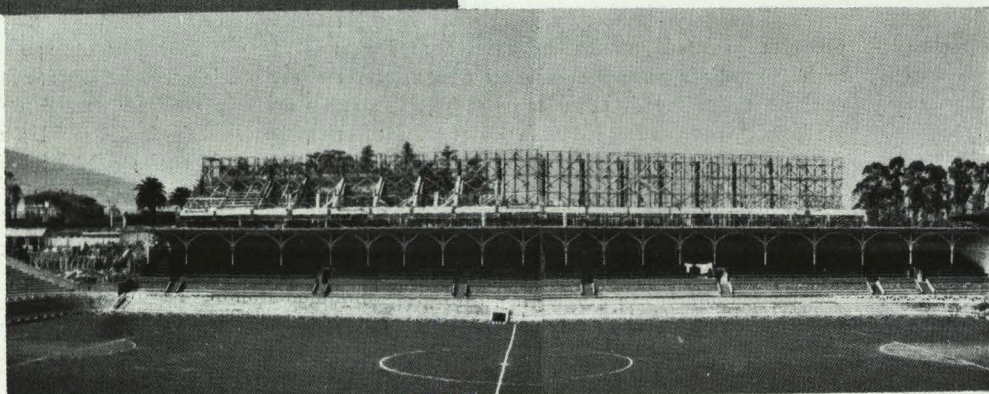
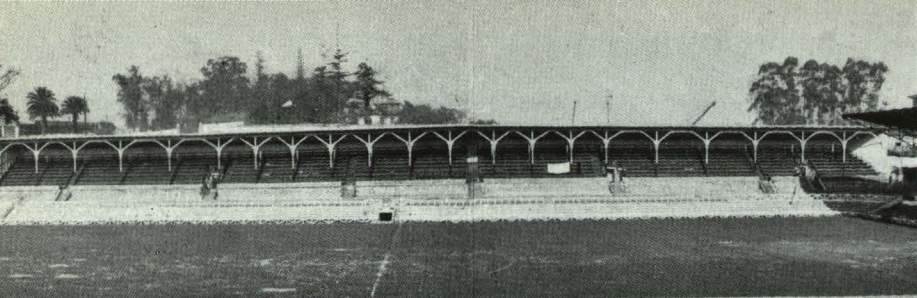
El tablero de la cubierta está organizado en vigas transversales cada seis metros, sustentadas en tres puntos: dos intermedios sobre los tirantes y una extremidad empotrada en los pilares de fachada. Quedan así divididos en los siguientes vanos: voladizo de 7,40, 6,60 y 14 a borde libre de muro. Son de sección doble T de canto variable, adaptado a las condiciones de flexión y realizadas mediante alma de palastro de 10 con altura desde 350 a 1.320 mm., cabezas soldadas de 150 mm. de ancho y 12 de espesor. El apoyo sobre el tirante se efectúa en la inmediación de una péndola para no dar lugar a flexión parásita en aquel elemento, reforzándose el alma en la zona de apoyo. El anclaje para el empotramiento de extremidad se realiza mediante dos U de 10 enterradas a 50 cm. en el pilar y enlazadas al patín de la viga con dos barras de 45 mm. de diámetro.

Sobre las vigas se apoyan las correas, que son perfiles doble T 10. Se arriostran entre sí mediante templadores redondos de 14 mm. Sobre estas correas se coloca la uralita por sistema normal, y en las aletas inferiores se encajan los tableros de Novopán, previamente reforzados con marcos de madera.

*Vista de conjunto de la cubierta y detalles de las extremidades de arco y tirante.*







*Diferentes fases de la construcción de la tribuna. Fué necesario hacer la obra sin interrumpir los partidos, aprovechando los meses de descanso del verano para demoler la tribuna antigua.*







*Vista de conjunto de la nueva tribuna de San Mamés.*

Las péndolas para suspensión del tirante se espacian también a 6 m., coincidiendo teóricamente con las vigas del tablero, aunque materialmente sea preciso desplazarlas para dejar espacio a las alas de aquéllas. Se fijan al tirante con pieza intermedia, que permite el libre giro, así como en el enlace con el arco, disponiéndose un tensor intermedio para su regulación.

Los arcos de 115 m. de luz, continuos y totalmente soldados con los elementos fundamentales de la cubierta, forman pareja arriostrados por cruces de San Andrés, distanciándose 6,60 m. entre planos axiales. Son

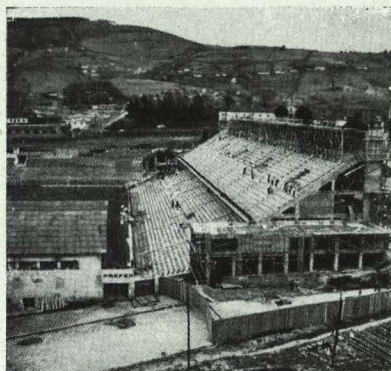
arcos atirantados, apoyados en los extremos mediante articulación fija en uno y de libre deslizamiento en el otro. Arco, tirante y elementos de las cruces de San Andrés, tienen sección rectangular en cajón formada por palastros soldados.

La sección del arco es tricelular, de altura constante (1,774 m.), con dos almas de 10 mm., dos platabandas externas de 12 mm. y dos internas a los tercios de la altura de 8 mm. Estos evitan el pandeo del alma y, además, colaboran en la sección resistente, puesto que son continuos, suprimiendo los enderezadores, que no cola-

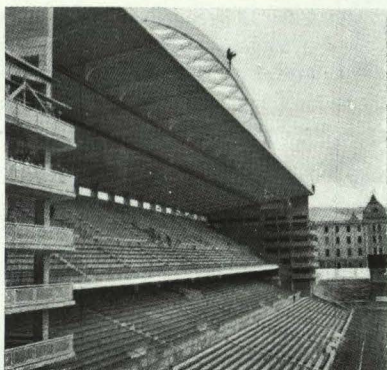
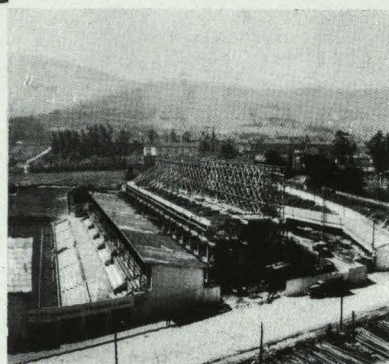
*La foto está tomada el 13 de marzo de 1953, al acabar de correr los arcos desde el fondo a su posición definitiva.*



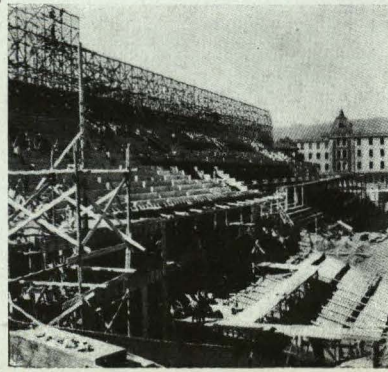
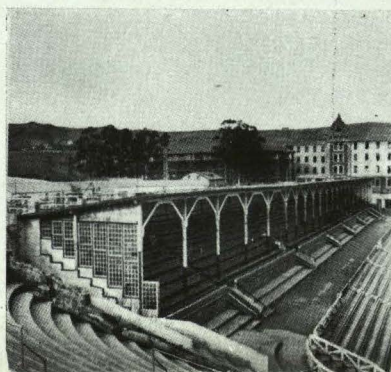
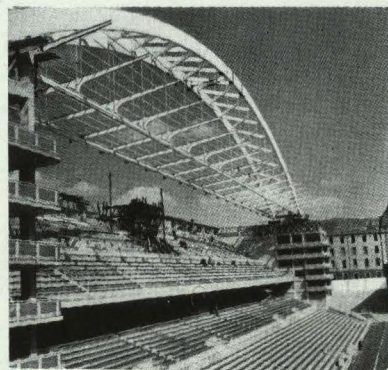




*Vistas de la obra, en sus distintas fases, desde fuera del campo.*



*Vistas de la tribuna en diferentes fases de la obra desde la tribuna llamada de "gol".*





boran a la compresión longitudinal. Cada seis metros, coincidiendo con las péndolas, existen diafragmas transversales de 8 mm. para dar rigidez a torsión y absorber el esfuerzo local de la péndola. En las extremidades de apoyo, la sección se refuerza con dos almas internas para recoger directamente el esfuerzo correspondiente al tirante y reforzar la zona donde éste perfora la platabanda inferior. Estas almas se unen entre sí por virillos, que los atraviesan y se sueldan a las exteriores.

Las acciones transmitidas por los arcos se llevan directamente a cimientos por cuatro pilares de hormigón armado, que forman parte del entramado de los muros laterales.

Las articulaciones de extremidades del arco son del tipo normal en estructuras metálicas con cilindro de 140 mm. entre zapatas de acero fundido para permitir el giro, complementada la de libre deslizamiento por juego de cuatro rodillos. Para asegurar la estabilidad al vuelco se anclan las extremidades del arco mediante dos varillas verticales de 60 mm. a los pilares de apoyo, dejando una longitud libre de 1,30 m. para permitir el juego de los aparatos de articulación.

En clave se dispuso articulación provisional para el montaje, terminando las dos mitades de cada arco en diafragmas transversales, en los que se solidarizaban las zapatas de los cojinetes de uno y dos cuchillos que llevaban los agujeros para enhebrar el cilindro de articulación. Al final de la obra se anuló la articulación, disponiendo suplementos en almas y cabezas que enlazan directamente los palastros correspondientes.

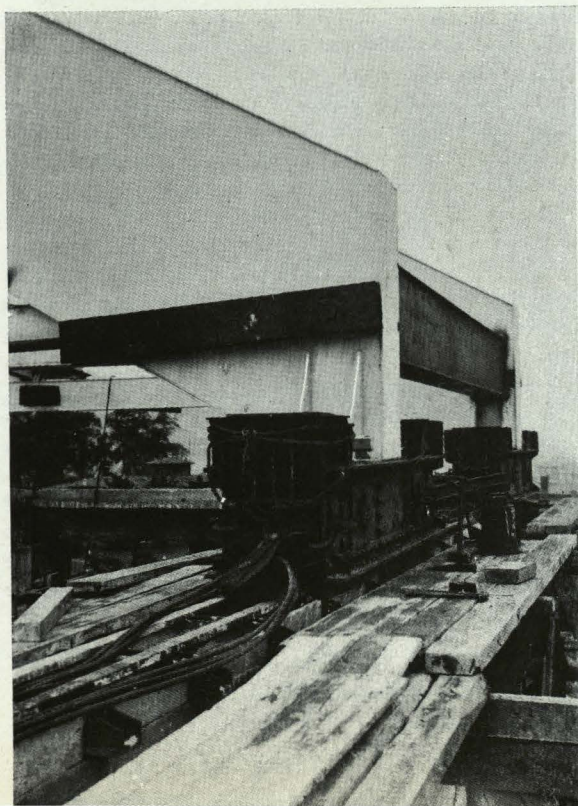
Los arcos se fabricaron en trozos de seis metros, desplazando las juntas con respecto al plano del diafragma transversal. Se dejaron ventanas, como se indica en la figura, para realizar las soldaduras de las platabandas internas desde arriba, y únicamente fué necesaria soldadura de techo en la platabanda inferior.

El tirante tiene también sección rectangular con dos almas de  $400 \times 15$  y dos platabandas de  $210 \times 15$ . En sus extremidades termina en cabezas macizas con ojo para paso del perno de 170 mm. de articulación entre arco y tirante. Se llevaron a obra en secciones de seis metros, disponiendo los distintos elementos para realizar todas las soldaduras desde arriba. En las primeras

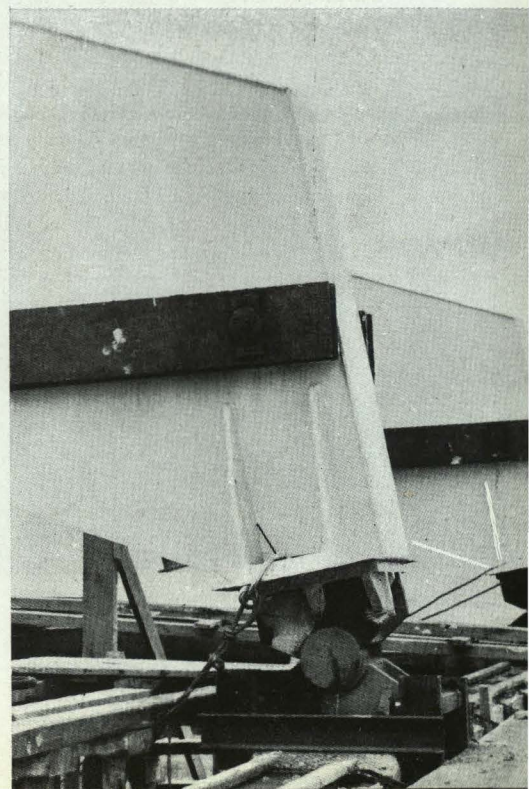


*Pormenor de la tribuna con los palcos laterales.*

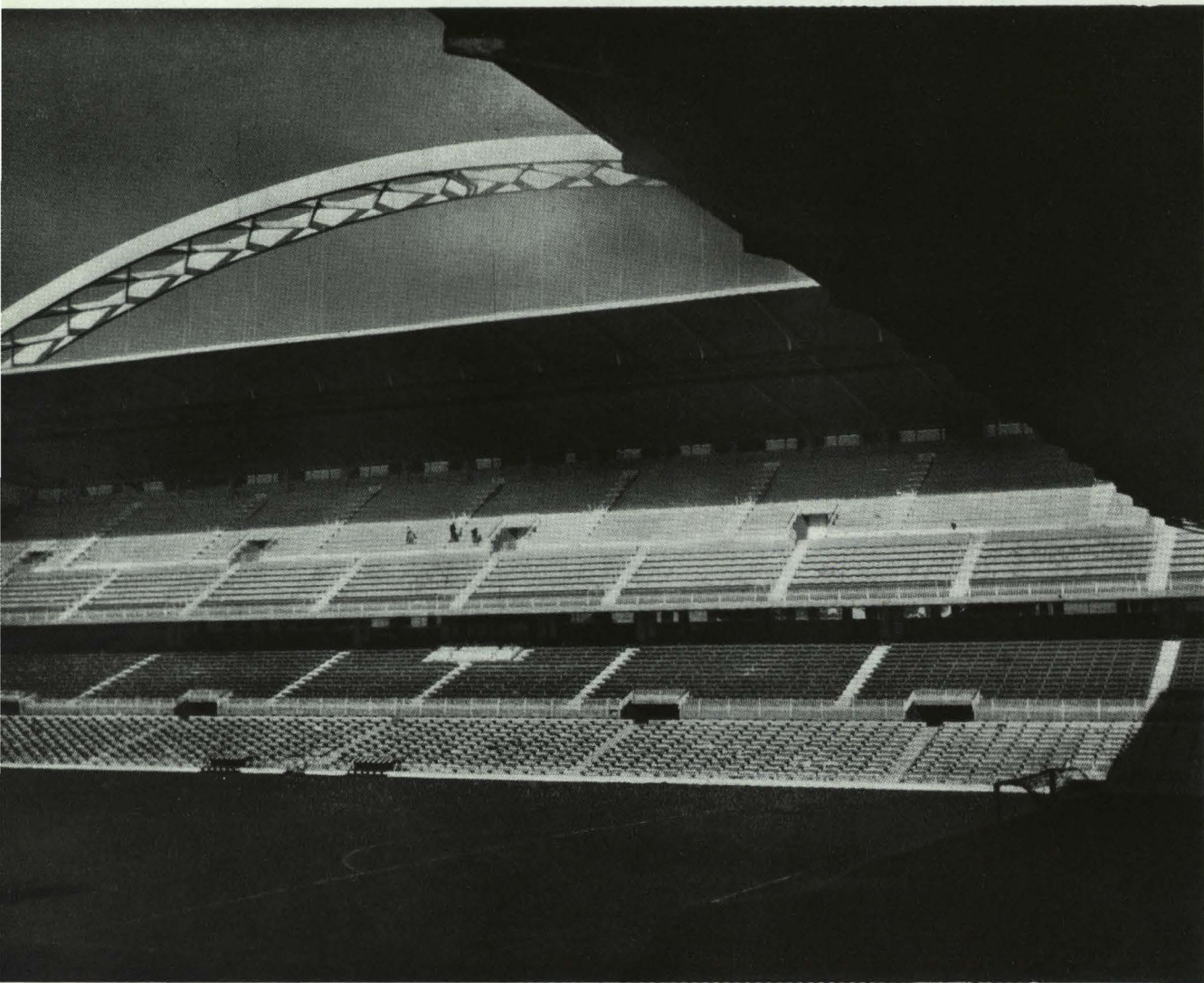
*Detalle de la extremidad de articulación fija antes del izado de los arcos.*



*Las extremidades de los arcos con los carrones para su traslado.*







fases del montaje, para tener mayor flexibilidad en las operaciones de izado, se colocaron extremidades provisionales articuladas a tirante y a cabeza de arco con tensor intermedio. Esta se eliminó antes de enlazar los dos semiarcos, haciendo antes la soldadura de la extremidad definitiva del arco. En la soldadura de elementos de tirante se tomaron extraordinarias precauciones, no realizándose en tiempo frío, y con una vigilancia especial de los soldadores seleccionados.

Los elementos de arriostramiento tienen una sección de  $578 \times 180$  y van centrados con la directriz. Por el lado de clave, las cruces de San Andrés terminan en montantes independientes, que luego se enlazan al inutilizar la articulación de clave. Por el lado inferior terminan también en montante, no llegando hasta el final de los arcos para no atravesar el tablero de cubierta. Se llevaron a obra en trozos rectos, que se enlazaban provisionalmente mediante pernos hasta ejecutar la soldadura.

En esta obra, como en todas las estructuras de gran luz, lo verdaderamente importante fué la ejecución. El proceso constructivo se estudió con todo detenimiento de acuerdo con Basconia y con la Sociedad Ibérica de

Montajes, teniendo a la vista no sólo obtener la máxima economía, sino también obtener la máxima seguridad. Se trataba de mover elementos de peso extraordinario y de conseguir una estructura completamente soldada, salvando una luz *record* en España y de importancia internacional. Además, la época del año y lo crudo del invierno, con heladas frecuentes, las lluvias habituales y temporales de viento, agudizaron las dificultades y retrasaron la obra.

Para reducir el andamio al mínimo, los arcos se montaron en dos mitades (utilizando la facilidad que proporciona la articulación en clave), rebatidos al nivel de las articulaciones extremas y adelantados hasta el plano de fachada con las articulaciones en las líneas transversales correspondientes. Para llevar los arcos a su sitio fué preciso, primero, izarlos pasando de dos mitades, trabajando como vigas apoyadas a arco de tres articulaciones, y, después, trasladarlos paulatinamente hasta la posición definitiva. En la operación de izado, los semianillos de cada lado estaban ya solidarizados por el arriostramiento completo. Al transformarse en arcos se hizo entrar en juego el tirante, y para el traslado se colocaron las péndolas y se montó una gran parte de



la estructura del tablero. Este aditamento aumentó el peso desplazado; pero servía de arriostamiento, dando rigidez en el plano de tirantes, y, además, se montó con mayor facilidad y economía, pues la distancia a fachada y la altura libre eran mínimas.

Una de las operaciones más interesantes fué la transformación de estructuras al pasar de dos mitades, sustentadas como vigas curvas en los extremos, a arco de tres articulaciones. Se hizo con lentitud, pues había que deshacer la deformación correspondiente a la flexión de los semiarcos (la cual era importante, pues se trataba de vigas de 60 m. de luz) y producir la de compresión longitudinal.

La regulación de péndolas también era operación importante, pues había que sustentar el tirante de modo que cada péndola soportase exclusivamente el peso del trozo de tirante, más el de la vigueta que en éste se sustentaba. Se emplearon dos comprobaciones: una la de nivelación del tirante y otra la de tensión en péndolas. Para esta última se dispuso una instalación de *strain-gages* sobre las péndolas, aunque esto sirvió como control parcial, pues no pudo extenderse a todos ellos.

La operación más emocionante fué la del traslado de los arcos, ya que, dados los pesos que se ponían en movimiento y la longitud total del conjunto, no se tenía

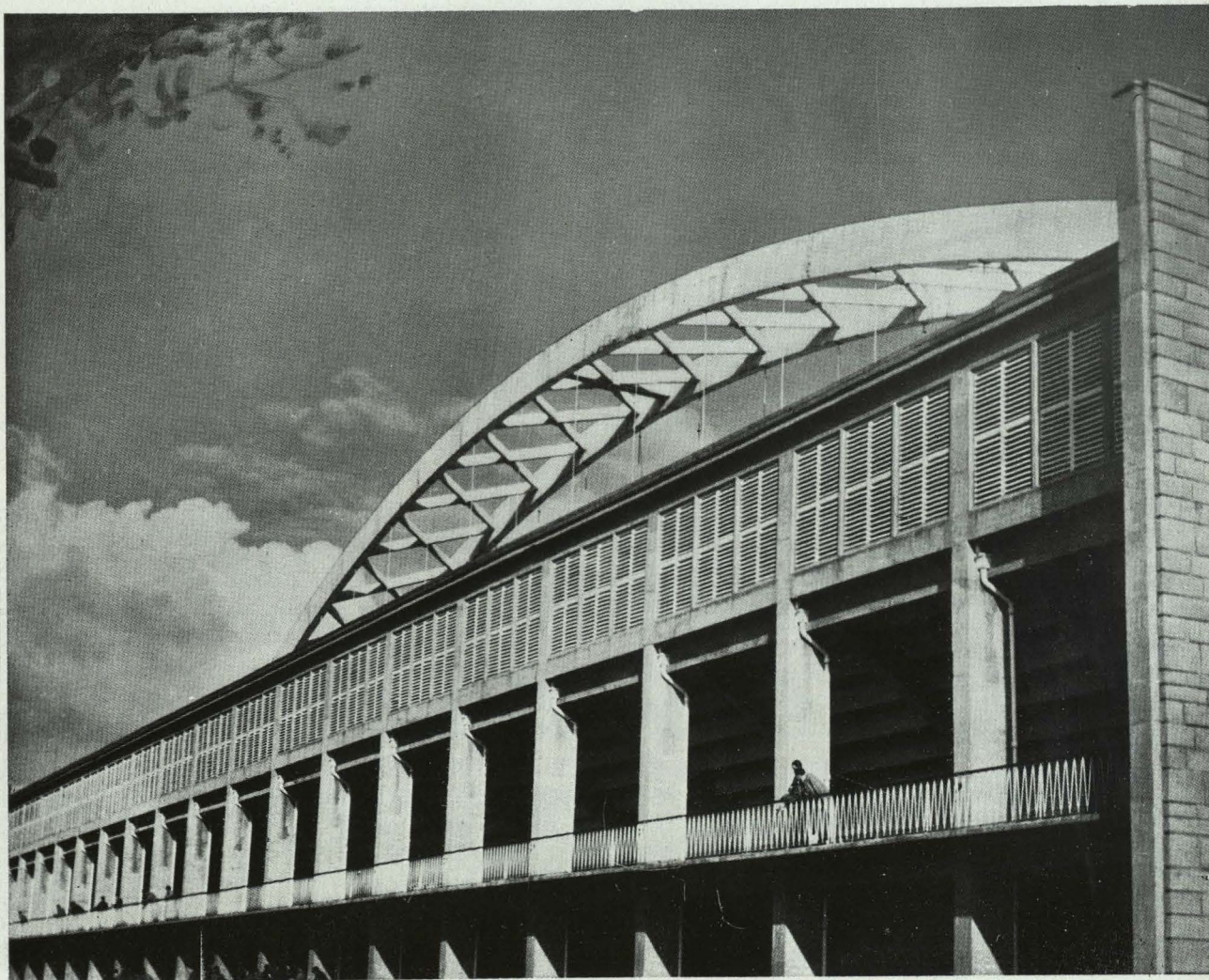
idea de su comportamiento, especialmente en lo referente a vibraciones, fuerzas de inercia y posibilidad de acodamiento por avance desigual de las extremidades.

Las extremidades de los arcos se montaron sobre carretes de dos ruedas, que se trasladaban a lo largo de dos carriles perfectamente nivelados. El arrastre se hacía mediante cabrestantes movidos a mano con poleas de reenvío, frenando con otros cabrestantes pequeños de retención. Se marcaron los dos carriles con señales cada cinco centímetros, leyéndose el paso de marcas por dos observadores que voceaban la lectura, apuntándose además en sendas pizarras de medio en medio metro. Las órdenes a los cabrestantes para acelerar, retardar o parar, las transmitía por altavoz el director de la maniobra, situado en el centro del borde del campo. Como precaución se conservaron durante todo el traslado los dos vientos de fijación de clave. La operación se desarrolló con una regularidad perfecta, durando desde las tres de la tarde a las siete y media. El recorrido total fué de 14 m.

Es curioso recordar ahora (en el momento nadie se dió cuenta o no dijo nada) que el día en que tuvo lugar esta difícil operación del traslado de los arcos fué un martes y 13.

Los detalles del proyecto se estudiaron en colabora-

*Pormenor de la fachada a la calle.*





ción con la oficina técnica de Basconia, empresa que ejecutó la estructura metálica, realizándose el montaje por la Sociedad Ibérica de Montajes Metálicos. El resto de la obra de la tribuna lo llevó a cabo la Empresa Constructora Isidro Castellanos, S. A.

#### DATOS DE LA OBRA

Las obras dieron comienzo el 23 de enero de 1952.

Se fijaron como premisas para la ejecución de las mismas que, mientras duraran los partidos, se interfiriesen el mínimo posible las localidades corrientes de la vieja tribuna y preferencia, y que, asimismo, en septiembre, al comienzo de los partidos de Liga, se hubiesen habilitado las localidades de preferencia y tribuna baja, como mínimo. Esto llevó a limitar la obra a dos crujías en todo lo largo de los 114,50 m. de tribuna entre contrafuertes.

El terreno de cimentación es arcilla compacta y muy igual en toda la obra, habiéndose efectuado antes de la cimentación sondeos y catas, que indicaron la no existencia de inconvenientes en cimentar sobre la arcilla, calculando el terreno a 2,50 kgs/cm<sup>2</sup>.

Una vez en marcha la excavación general, se procedió simultáneamente a realizar la de pozos para cimientos, y a continuación el hormigonado de éstos, para comenzar con el levante de estructura. Para el hormigonado se montaron dos estaciones, situadas en los tercios, aproximadamente, de la fachada, dotando a cada una de dos hormigoneras basculantes de 250 litros.

El reparto del hormigón se preparó con vías y vagonetas giratorias especiales para el transporte del hormigón, vagonetas que, por la cota a que se hallaban las vías, permitieron el vertido sin elevación de un volumen importante.

El levante de estructura se hormigonó transportando en las vagonetas a cuatro puntos, donde se vertía en carros, y por medio de cuatro grúas se elevaba a los distintos puntos.

Todo el hormigón se vibró con cuatro vibradores de aguja por vibración interna, habiéndose conseguido hormigones de gran resistencia de magnífico aspecto externo, como lo demuestra el hecho de haber podido tratar toda la fachada exterior en abujardado directo del hormigón.

En el mes de mayo, terminados los partidos de Copa, pudo comenzarse la obra en toda su amplitud, procediendo al derribo de la tribuna y cambiando los trabajos para proceder a ejecutar la parte de graderío de preferencia y poder sobre él apuntalar el vuelo de la tribuna alta, llevándose a partir de este momento varios tajos de obra: uno correspondiente a la parte de tribuna alta, que no comprendía el voladizo; otro, del graderío de preferencia, y otro, del voladizo sobre el graderío anterior, imprimiendo el ritmo máximo al segundo tajo para no entorpecer el tercero.

Se continuaban también, mientras tanto, las obras de los contrafuertes, con objeto de tenerlos debidamente dispuestos para el rodaje de los arcos.

Para el 21 de septiembre se consiguió disponer para el primer partido de las localidades de preferencia y tribuna principal, y también que las localidades de gran parte de la tribuna alta se hallasen dispuestas, es decir, un total de 9.000 localidades.

A partir de esta fecha se continuaron las obras de los contrafuertes, y, sobre todo, se comenzaron las necesarias para el montaje de los arcos metálicos, consistentes en la construcción de una torre metálica central y de las cimbras de apoyo de los arcos, que por tener que partir del graderío inclinado presentaban cierta dificultad de ejecución.

Estas cimbras, con altura máxima del orden de los 18 m., fueron realizadas con cuatro líneas de puntales con un ancho total de 2,40 m. y a distancias de un metro entre puntales en el sentido longitudinal.

Los puntales eran cuatro en altura, y las cabezas se unían en los dos sentidos por tablonos y luego se arriostraban en cada piso con cruces de San Andrés de tablón. Todo ello asegurado con tornillos pasantes y arriostrado posteriormente con tensores de diámetro 7.

El día 13 de marzo de 1953, montados los arcos con la parte correspondiente del voladizo, se procedió al rodaje de los mismos hasta su posición definitiva.

A partir de esta fecha se montaron el cielo raso de Novopán y la cubierta de uralita, con sus desagües, etcétera, quedando la tribuna con la totalidad de localidades para poderse ocupar por el público en el primer partido del mes de abril.

Los materiales empleados en el total de la construcción han sido:

3.300 tns. de cemento.

6.000 m<sup>3</sup> de arena.

10.000 m<sup>3</sup> de gravilla de caliza.

360.000 kgs. de hierro.

*Los arcos, descimbrados, con el castillete, sobre el que se elevaron hasta su posición definitiva.*

