

TRIBUNA DEL CAMPO DE LAS CORTS, 1943

LAS CORTS STADIUM, 1943

El objetivo del proyecto era ampliar la tribuna de preferencia del campo prolongando 8,40 m el escalonado de aquella, y con una longitud útil de 108 m. La cubierta debía proteger no sólo la zona de nueva construcción sino también el graderío existente, volando sin soportes intermedios 25,30 m. Además, debajo del nuevo graderío se establecía una entreplanta de hormigón armado de 7,85 m de profundidad.

El proyecto consistía, pues, en una gran ménsula metálica para sustentar la cubierta del graderío anclada rígidamente a unos pórticos de hormigón que se pretensaban mediante un tirante. Al considerar que la tensión adecuada en los tirantes merecía una atención especial, pues las tracciones por flexión podían ser muy importantes, Torroja, que aplicó para el cálculo la teoría de las cuerdas vibrantes que él mismo había desarrollado, comprobó los resultados teóricos mediante ensayos en laboratorio: sometía un tirante de acero a diversos estados de tensión y registraba las vibraciones en un disco giratorio. El dispositivo sencillo que puso a punto sirvió no sólo para comprobar la bondad de las previsiones sino para medir en obra las tensiones que introducía en los tirantes.

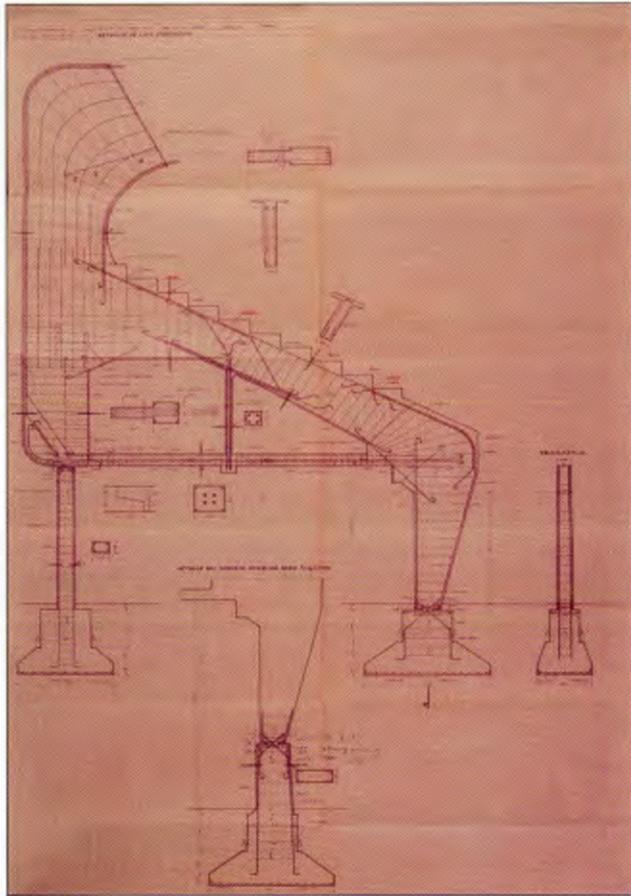
Las piezas verticales de hormigón, de grandes dimensiones para absorber los momentos flectores producidos por la cubierta, no llegaban hasta el suelo —para no reducir el espacio libre a ras de calle— y se apoyaban sobre unos soportes mucho más delgados a 4 m de altura.

Commissioned to enlarge the grandstands on this football field, Torroja extended the seating width-wise by 8.40 m along a length of 108 m. The roof, a 25.30-m cantilevered structure with no intermediate supports, was to cover both the addition and the existing stands. He also provided for a reinforced concrete mezzanine with a depth of 7.85 m underneath the new area of the stands.

The design for the roof over the seating essentially consisted in a huge overhanging steel structure stiffly anchored to concrete portal frames, pretensioned by means of tie rods. Torroja realized that determining the appropriate stress in the tie rods was a subject that merited particular attention in light of the enormous tensile stress that would be generated by the bending moments. Consequently, he laboratory-tested the results of his calculations, performed on the basis of his own theory of vibrant chords, by subjecting a steel tie rod to a number of different stresses while recording the vibrations on a revolving disk. This simple device, developed by the engineer himself, served not only to verify the forecast behaviour but to measure stresses as the tie rods were loaded on the actual work site.

The very large scale vertical concrete members required to absorb the bending moments produced by the roof did not extend all the way to the ground—so as not to reduce the space available at street level— but rested on much more slender supports 4 m high.





Con esta disposición estructural los flectores de la cubierta se transmiten a través de las vigas inclinadas que sustentan el graderío y que forman pórtico con los elementos verticales. El gran canto de estas vigas inclinadas reduciría el espacio de las galerías situadas inmediatamente debajo; para solucionar el problema las vigas de unión, que forman el techo intermedio, se dimensionaron con el menor canto posible; así, dividió su luz —8 m— en dos introduciendo un tirante central anclado en las vigas inclinadas.

Por otro lado los tirantes del techo intermedio contrarrestan la tendencia de la estructura a bascular hacia delante debido a la acción de la cubierta.

Se presentaba otra dificultad: el alargamiento de los tirantes podía producir torsiones en los soportes del pórtico y provocar su fisuración debido a su gran rigidez. Una solución habría consistido en disponer una junta flexible en el centro de la viga inclinada, pero perjudicaría la estabilidad de la estructura ante la acción del viento y como consecuencia habría que hacer aún más rígidos los soportes del pórtico. La solución más sencilla consistió en dotar de tensores a los tirantes para conseguir el alargamiento adecuado al levantarse la cubierta, sin producir deformaciones ni fisuras en el pórtico.

Las ménsulas de la cubierta se disponían cada 5,14 m y ancladas a la estructura de hormigón mediante pernos que solidarizaban la estructura metálica con la armadura del hormigón; estaban arriostradas entre sí mediante unas ligeras cerchas metálicas paralelas al borde de la cubierta, a 6 y 15 m de aquél.

El proceso constructivo tenía en cuenta la posibilidad de realizar la ejecución de las obras sin perturbar el desarrollo de los partidos de la temporada: durante el verano se completaría la cimentación y los soportes del pórtico que quedaban incorporados dentro del edificio existente y el resto de la estructura porticada, graderíos y muros de

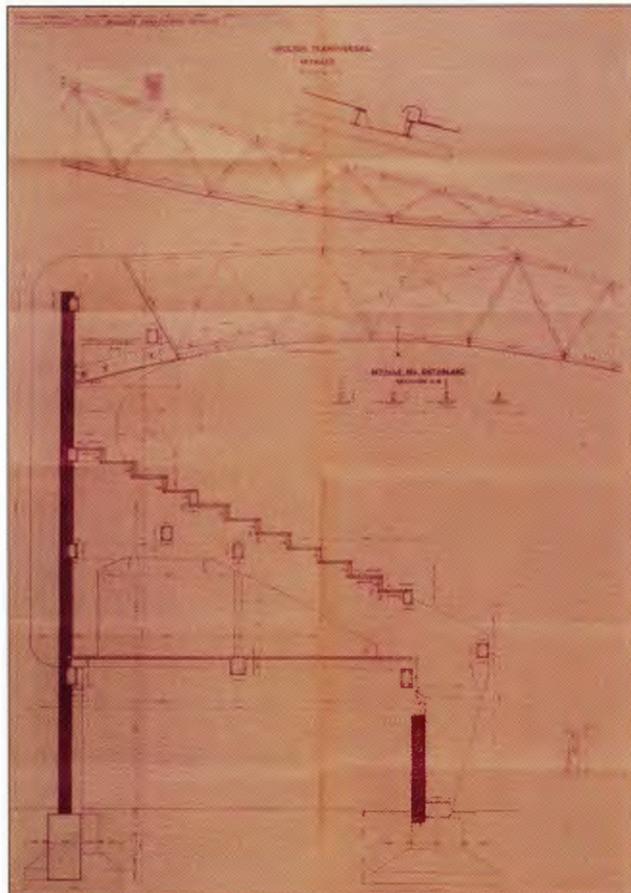
With this arrangement, the roof bending moments could be transmitted across the grandstand stringers that rested on vertical members to form portal frames. But the huge depth of these stringers reduced the height of the galleries located underneath. To compensate, the 8-m long beams forming the mezzanine flooring were sized to be as slender as possible, a solution that involved dividing their length in two with a mid-span hanger suspended from the stringers.

These mezzanine floor beams, moreover, would counter the tendency of the structure to tilt forward due to the action of the roof.

Yet another difficulty had to be solved, however: the elongation in the tie rods could cause distortion and cracking in the stiff portal frame uprights. One solution might have consisted in building the stringers with a flexible joint in the centre, but that would have called for even stiffer portal frame uprights to offset the reduced wind stability of the structure. The much simpler solution adopted consisted in fitting the tie rods with turnbuckles so they could be elongated as necessary to prevent twisting or cracking in the portal frame as the roof was erected.

The overhanging steel roof girders, spaced at 5.14-m intervals, were anchored to the concrete structure with bolts attached to the concrete reinforcement and then braced to one another with lightweight steel trusses set parallel to and at 6 and 15 m from the edge of the roof.

Construction was planned so the works would not interfere with the football matches. The foundations would be built during the summer off-season, and the nature of the rest of the works—the portal frame uprights erected adjacent to the existing stands, the rest of the portal frame structure, grandstands and facade walls—was such that it



TRIBUNA DEL CAMPO DE LAS CORTS



«La obra que se proyecta se refiere a las obras de hormigón armado y metálicas de una gran tribuna cubierta para el campo de Las Corts que ha de establecerse a continuación de la actual tribuna de preferencia.

El escalonado de la tribuna, por consiguiente, se prolonga hacia atrás en una profundidad de 8,40 m, con una longitud útil de 108 m.

Era difícil encontrar materiales o soluciones estructurales alternativas susceptibles de ser empleados en esta gran cubierta en voladizo. Al tener una luz de 25 m sobre las gradas, resultaba necesario que fuera metálica para reducir peso y costes. También había que anclarla rígidamente a una estructura vertical que resistiese los momentos flectores. Dicha estructura vertical podía hacerse en hormigón armado, pues su mayor peso no incrementaría los flectores y el coste sería menor.»

«Estos elementos verticales de hormigón debían tener, considerados como vigas, un canto considerable, si bien no era posible proyectarlos con un canto uniforme en toda su longitud, dado que restaría espacio a la calle o al paso interior de vehículos.

Tampoco era adecuado transmitir todo el momento flector de la cubierta a través de las vigas inclinadas que sostienen los graderíos, en parte porque se necesitaría una mayor longitud de viga, y en parte porque se necesitaría un canto mayor que reduciría la altura útil de las galerías situadas debajo de aquéllas.

Con el fin de aumentar la altura de estas galerías, las vigas horizontales de unión, que soportan también un nivel intermedio, se dimensionaron con el menor canto posible. Así, se partió en dos la luz de 8 m de estas vigas por medio de un tirante central suspendido de las grandes vigas inclinadas.»

1943



«De este modo se redujeron su canto y su coste, y el incremento de momento flector transmitido a las vigas inclinadas que sujetan las gradas no suponía un gran inconveniente, dada la gran rigidez del pórtico del que forman parte.

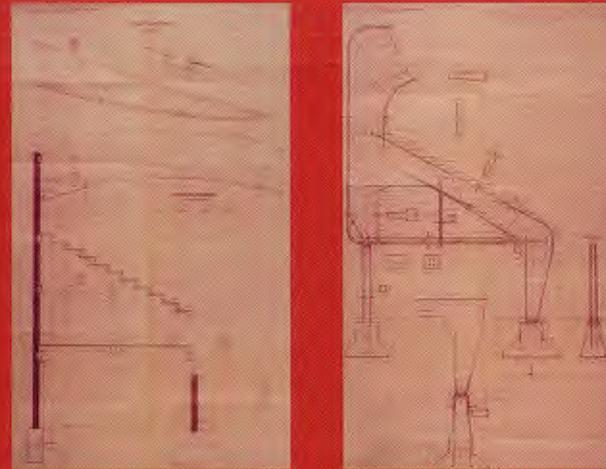
La estabilidad de toda la estructura depende principalmente del apoyo intermedio del pórtico. Este apoyo, situado en el punto medi del graderío (en la parte posterior del graderío antiguo), no interfiere con las galerías o con el paso interior de coches.»

«El forjado del nivel intermedio contiene los elementos en tracción que equilibran la tendencia del soporte vertical a desplazarse hacia delante bajo la acción de la cubierta. La única dificultad residía en que la elongación elástica de estos elementos podía producir distorsiones en los apoyos del pórtico, donde también podrían aparecer fisuras debido a su gran rigidez. Una posible solución habría consistido en colocar una articulación en la viga inclinada en su inserción con el tirante vertical. Esta solución no resultaba satisfactoria pues tal articulación disminuiría la estabilidad del conjunto bajo la acción del viento, o hubiera exigido construir los soportes mucho más rígidos.»

«Sin embargo, planteamos una solución mucho más sencilla, consistente en colocar tensores en las vigas horizontales de unión. Con ellos las vigas podían tensarse previamente para que al montar la cubierta la elongación final de la viga horizontal fuese la adecuada, sin deformar los elementos del pórtico ni provocar fisuras.

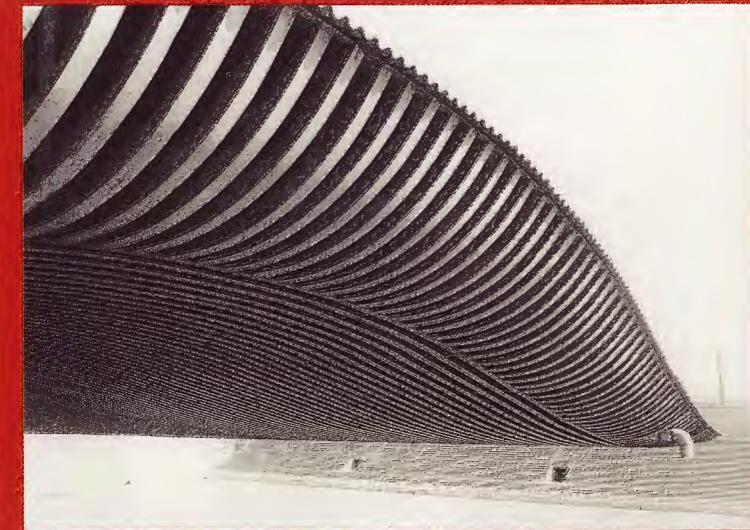
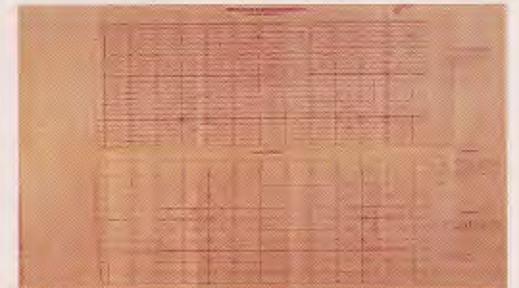
Las ménsulas de la cubierta están separadas entre sí 5 m, y cada una está anclada a la estructura de hormigón armado mediante pernos que unen la cabeza superior de la ménsula a la armadura del hormigón.

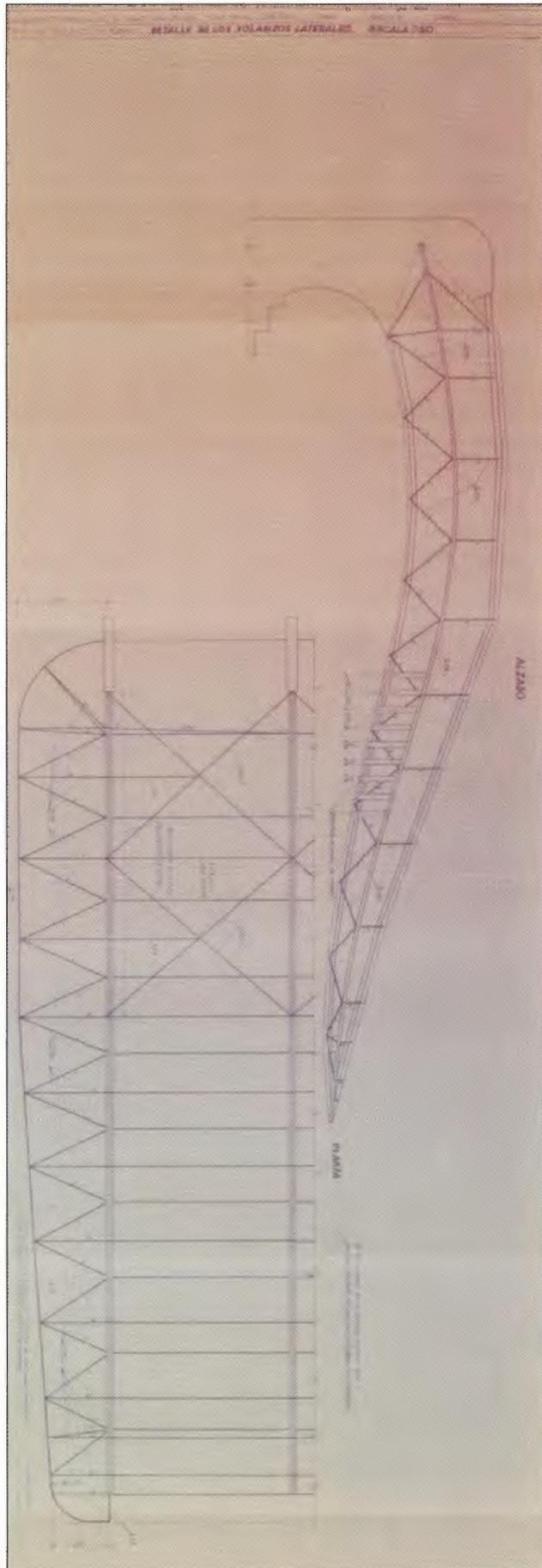
Para asegurar una deformación uniforme del extremo libre de la cubierta, las ménsulas están arriostradas entre sí mediante una ligera cercha paralela al borde la cubierta, y a 5 m de aquél.»



«Se podía escoger libremente el perfil de la cara interior de la cubierta. El que finalmente elegimos, además de resultar grácil y airoso, tiene la ventaja de proporcionar una visión ininterrumpida del campo de juego y de albergar las tuberías de desagüe con la pendiente adecuada para evacuar el agua de la cubierta.

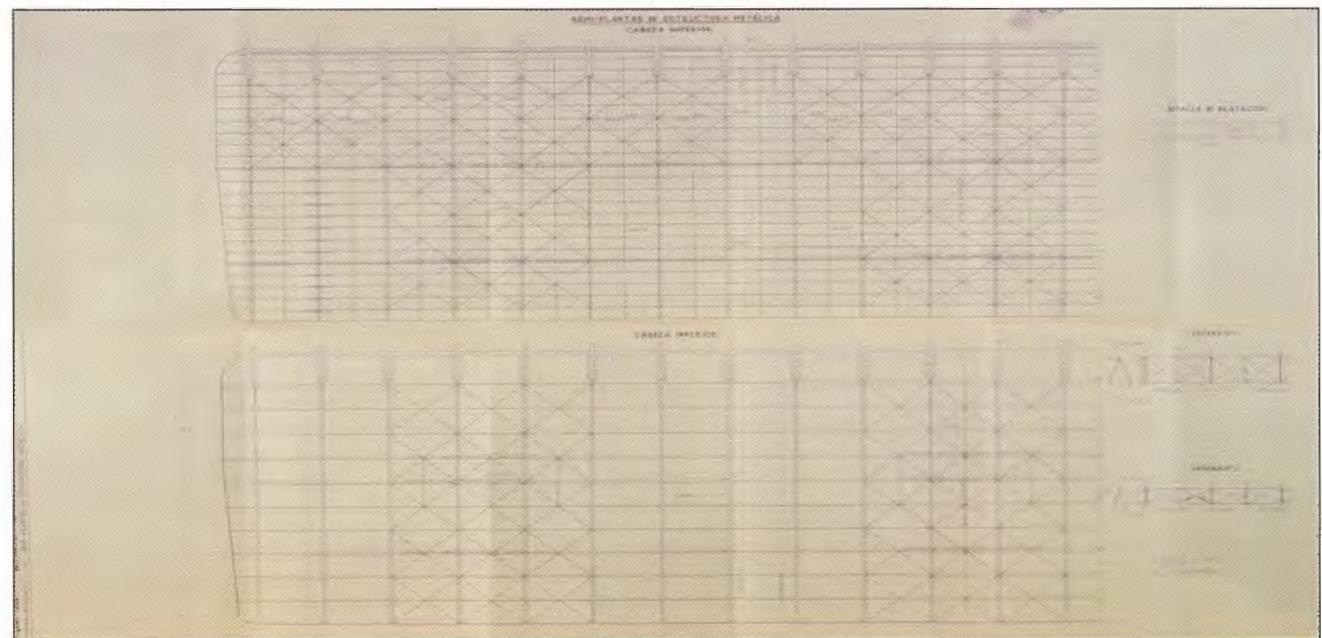
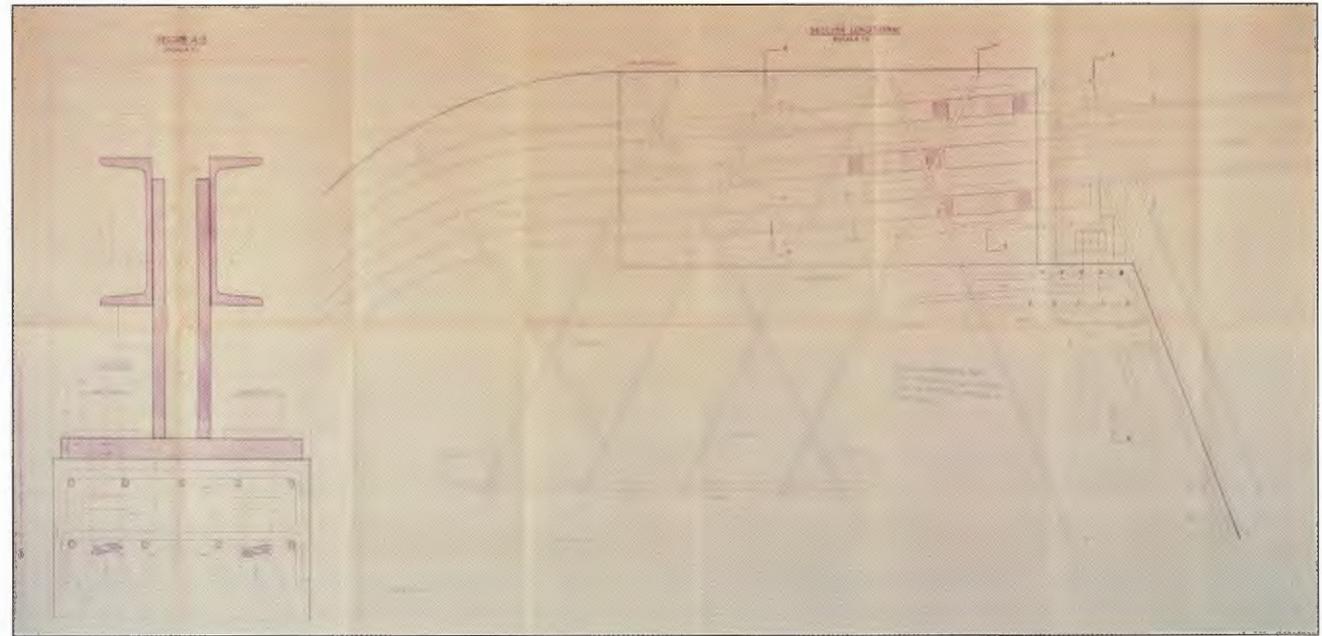
La visión de la cubierta desde abajo se dispersa por una superficie discontinua de planchas de madera de color anaranjado, separadas entre sí 15 cm. De esta forma se enfatiza la inflexión del perfil del intradós, confiriendo a la cubierta un aspecto de potencia y ligereza.»





fachada no perturbarían el normal desarrollo de la actividad deportiva. En cuanto a la cubierta, Torroja propuso dos soluciones: desmontar la existente y el muro de fachada por encima de las gradas y dejar el graderío sin cubierta hasta el verano siguiente, o montar la nueva cubierta sin desmontar la anterior y utilizar solamente los graderíos existentes hasta que estuviera concluida toda la obra, para posteriormente desmontar los elementos innecesarios.

would not impact the sports events held in the stadium. Torroja proposed two solutions for the roof: to remove the existing structure and upper facade wall, leaving the stands uncovered until the following summer, or to build the new roof without demolishing the old one. This would entail using only the existing stands until all the new construction was completed and removing any unnecessary structures a posteriori.



La constante preocupación estética de Torroja le indujo a proyectar el intradós de la cubierta a base de planchas de madera de color anaranjado, pues «de esta forma se enfatiza la inflexión en el perfil del intradós, confiriendo a la cubierta aspecto de fuerza y ligereza».

The choice of the lining on the underside of the roof attests to Torroja's constant concern for aesthetics in his designs: in his own words, the orange-tainted wood panelling, by "emphasizing the inflected design of the soffit, gives the roof an air of light-weight strength".

