



Jaime Cervera es arquitecto y Catedrático de la Escuela de Arquitectura de Madrid

CRUCIBLE OF ROCK

The most striking thing about the Municipal Stadium in Braga, projected by Eduardo Souto de Moura and one of the sites for the Euro 2004 after three years of works (with almost half the time taken up by excavations), lies in the harsh counterpoint between the image of the fractured granite of the ancient abandoned quarry -which excited the imagination of the port city architect, confronted by the rhythmic geometry of the powerful sheets of concrete which support the spectator terraces and the stands, and over which appear to crystallize the folded slabs which turn into the stairs and communication platforms of the east terrace. Its main impact stems from the capacity of suggestion that arises from the contrast between the irregularity and randomness of the fractures of the rock and the smooth surfaces which the metal shuttering imprint in the concrete.

The attitude of Souto de Moura when faced with this project is that of the artist who centres his attention on the landscape while implanting a new object in it. This artificial element unveils a type of duet which, like a successful musical filler, finally seems to be of one and the same essence as the original site. The constructed image does not emerge from nothing as the architect himself declared "No, zero... zero, no!, I think building a house in the desert must be a very difficult task. When the Mayor of Braga told me "this green area is a sports park can you build a stadium here?" I needed to find a sign and I found the quarry which gave me the instructions".

If the image of the old quarry is the source of the inspiration, one more material to be manipulated in the process, the technique of quarrying constituted an essential part of the work: 1,700,000 cubic metres were excavated, of which more than 1,100,000 was hard rock. This material meant a volume several times greater than all of the material extracted from the original quarry, piled up on the pitch it would be a prism of 170m in height covering the whole playing surface.

Therefore incorporating into the site everything needed for 30,000 spectators, the spaces necessary for spectacles (the UEFA programme for the Euro 2004 demanded an auditorium, reception and comfort areas for journalists and VIPs, work spaces, restaurants and medical facilities, and so on) and necessary related services (parking included), has led to excavating a large part of the necessary volume -as in other contemporary works. Limiting the local impact led to an exacerbated development of the quarry, the recovery programme for which, after its closure, was limited to the Municipal stadium projected by Souto de Moura.

The architect, who went into the project without preconceived ideas, is trying to extract from the memory and its capacity to evoke, as well as from the means available, the material resources which support the project. That is how, when faced with the initially suggested positioning in the urban plan for the proposed sports area he proposed moving the stadium from the site in which it was placed. It also why he goes back to the memory of the slab by Siza in the Lisbon Expo, or the more distant covering constructed for Dulles Airport in Washington by Eero Saarinen, as his starting points for a covering with limited visual impact. But once started the project evolved by itself, and it was the technical necessities of the project that guided its development. The aesthetic results from the rigorous, demanding, and stimulating dialogue between

(archi)tectonic and the technical requirements. The solution only crystallized when both these reached their simultaneous satisfaction forged into one single powerful object. This fact can be easily verified on many instances in the documentation about the project of the stadium. The evolution in the drawing of the stairs which climb up the supporting leaves of the east stand, in which one of these drafts shows them completely on the north side of the stadium, is one of these instances. The final product is the most elegant of all these known versions. But the most convincing evidence of this lies in the evolution of the form of the structural leaves of the east terraces, the supports of one metre in width which hold up the terraces and stands. It derives its evolution from the fulfillment of the necessary requirements for the adequate support of the stand.

Here we have gone from the naive image of the initial diagrams; in which the exclusive consideration of the basic state of equilibrium of the permanent loads appears to allow a simple drawing for this structure -like a frame; to the much more powerful, suggestive, and realist image of the geometry finally adopted for these concrete supports, which have to withstand a variety of different actions at different times -whether we are considering just the terraces or the covering separately or when both sources of variability are combined.

El primer atractivo del Estadio Municipal de Braga, proyectado por Eduardo Souto de Moura y convertido en uno de los escenarios de la eurocopa tras tres años de obras (con casi la mitad del plazo invertido en excavaciones) reside en el áspero contrapunto entre la imagen del granito fracturado de la antigua cantera abandonada, que excitó la imaginación del arquitecto de Oporto, confrontada al ritmo geométrico de las poderosas hojas de hormigón que dan soporte a graderío y cubierta, y sobre las que parecen cristalizar las losas plegadas que materializan tanto escaleras como plataformas de comunicaciones del graderío de levante. Su primer impacto procede de la capacidad de sugestión que emerge del contraste entre la irregularidad y aleatoriedad de la fractura de la roca y las lisas superficies que los encofrados metálicos imprimen en el hormigón.

La actitud de Souto de Moura frente a este proyecto es la del artista que centra la atención sobre un paisaje al implantar un nuevo objeto en él. Este elemento artificial inaugura una suerte de dúo que, como un logrado empaste musical, parece finalmente ser consustancial a la esencia del paraje originario. La imagen construida no surge de la nada, como el arquitecto mismo declara en una entrevista con Giovanni Leoni: "¡No, cero; cero no! Pienso que construir una casa en el desierto tiene que ser una empresa difícilísima. Cuando el alcalde de Braga me dijo "esta zona verde es un parque deportivo, ¿puedes hacer aquí el estadio?", yo tenía la necesidad de encontrar una señal y encontré la cantera que me ha dado las indicaciones."

Si la imagen de la antigua cantera es fuente de inspiración, un material más que manipular en el proceso de proyecto, la técnica de cantera constituye parte esencial de la obra: 1.700.000 m³ excavados, de los que más de 1.100.000 corresponden a roca dura. Este material supone un volumen varias veces superior a todo el material extraído en la cantera original, y de apilarse sobre el campo ocuparía un prisma de 170 m. de altura sobre todo el césped del estadio. Así pues, incorporar al paraje con un impacto controlado todo el programa necesario para los 30.000 espectadores previstos, los espacios necesarios para las actividades del espectáculo (el programa de la UEFA para la eurocopa reclamaba auditorio, áreas de recepción y acomodo para periodistas y vips, espacios de trabajo, restaurantes y servicios médicos...) y los necesarios servicios anejos (aparcamiento incluido), ha llevado como en otras obras contemporáneas a excavar una parte importante del volumen necesario. Limitar el impacto local conduce a un desarrollo exacerbado de la cantera, cuyo programa de recuperación tras el sellado definitivo no es otro que el estadio municipal proyectado por Souto de Moura.

Este arquitecto, que se presenta ante el proyecto sin ideas preconcebidas, trata de extraer de la memoria y su capacidad de evocación, así como de los medios disponibles, los recursos materiales que lo sustentan. Y es así como, frente al emplazamiento sugerido inicialmente por el programa urbanístico del área deportiva propone apartar el estadio de la vaguada en que estaba situado. Y es así como, igualmente, recurre a la memoria de la losa de Siza en la Expo de Lisboa, -o a la más lejana cubierta construida para el aeropuerto Dulles en Washington por Eero Saarinen- como puntos de arranque para una cubierta de impacto visual limitado. Pero una vez arrancado, el proyecto evoluciona de forma autónoma, y son las necesidades técnicas de la construcción las que guían su desarrollo. La estética resulta del riguroso, exigente y estimulante diálogo entre los requisitos (arqui)tectónicos y los técnicos. Sólo cuando se alcanza su satisfacción simultánea fundida en un poderoso objeto único cristaliza la solución. Revisando documentación sobre el proyecto del estadio se comprueba esta afirmación con facilidad en múltiples ocasiones. La evolución en el trazado de las escaleras que remontan las hojas de soporte del graderío este, en las que uno de los tiros se exhibe completamente en la cara norte del estadio es una de tales ocasiones. La solución definitiva es la más elegante de las varias versiones conocidas. Pero la prueba de mayor calado está en la evolución en la forma de las hojas estructurales del graderío de levante, las lamas de un metro de espesor que soportan graderío y cubierta. La evolución deriva del cumplimiento de los requisitos necesarios para la adecuada sustentación de la cubierta. Aquí se ha pasado desde la -diríamos- ingenua imagen de los esquemas iniciales, en los que la exclusiva consideración del estado básico de equilibrio entre las cargas permanentes parece permitir un trazado sencillo para esta estructura, a modo de costillar, hasta la mucho más poderosa, sugerente y realista imagen de la geometría definitiva adoptada para dichas lamas de hormigón, que deben hacer frente a un conjunto de acciones variado y cambiante en el tiempo, tanto si se considera aisladamente el graderío, como si se analiza la cubierta, o se com-

binan ambos orígenes de variabilidad.

De hecho, si la reapertura y el sellado de cantera que constituye la obra supone una poderosa operación, la solución abordada para la cubierta no supone un esfuerzo menor y, frente a éste, nuevamente el rigor constituye la base de su solución definitiva. Pues sus 202 m de vano, y sus 14.400 m² de losa situados a 50 m altura, sobre dos superficies simétricas constituyen un importante reto en muchos aspectos.

Aunque la forma presenta sencillez aparente, son varios los desafíos técnicos a los que ha sido necesario enfrentarse para su culminación. No es sólo el trazado de la forma de la losa que, aunque relativamente sencillo (Pese a lo cual aparecen errores de trazado evidentes en los dibujos preparados por, ¿por?, la ingeniería en la fase de proyecto), presenta dificultades desde el momento en que se considere su evolución a lo largo del proceso de montaje. La forma inicialmente considerada respondía a una solución continua –perforada para obtener la iluminación natural necesaria–, pero la solución final deja un espacio libre central que no existe en los precedentes arquitectónicos aludidos antes. Esta circunstancia supone un conjunto de problemas nuevos que han tratado de reducirse colocando sendas vigas trianguladas en los bordes interiores de la losa, aprovechando las necesidades de recogida de aguas y de implantación de fuentes de luz y sonido. Dicho sea de paso, las gárgolas y los canales de recogida de aguas, de acero inoxidable, donde éstas vierten en el fondo sur del campo, son un ejemplo ilustrativo de la contundencia metodológica y formal con que Souto de Moura acomete los problemas en sus proyectos. Pero hablábamos de la solución de cubierta, para la que tienen especial relevancia los efectos dinámicos derivados del viento sobre una geometría que es de muy baja rigidez en virtud de su elevada esbeltez, y de la existencia de la región de cables libres. No se trata sólo de los movimientos globales de la cubierta en su conjunto –que presenta unos períodos de oscilación en torno a los tres segundos para los modos principales– sino también de las oscilaciones locales de los cables en las zonas libres. Asegurar un conocimiento preciso de las acciones de viento a considerar y un análisis concienzudo de su efecto en la cubierta ha implicado un trabajo de ingeniería en el que se han analizado hasta cuatro modelos en túnel de viento –rígidos, a escalas respectivamente 1/1500 para la estimación de las velocidades máximas según la orientación y 1/400 para la estimación de presiones y succiones sobre la cubierta, y aeroelásticos a escalas 1/200 y 1/70, para el análisis de los efectos de resonancia en la interacción aeroelástica entre el viento y la estructura.

No es menor el desafío que supone la puesta en obra sin recurrir al encofrado total –que fue el sistema empleado en la losa de Siza en Lisboa– El método elegido, que trata de asegurar una importante estabilidad a la forma antes de rigidizarla, consiste en deslizar sobre los cables y desde los extremos, paneles prefabricados de 240 mm. de hormigón (espesor elegido para asegurar estabilidad frente a acciones de succión de viento) sobre chapa de acero colaborante y conectados entre sí por pasadores articulados, de modo que la mayor parte del peso queda asegurado tras la colocación de todos los paneles que se apoyan en un conjunto dado de cables. Una vez en su lugar y afianzada la unión a los cables, se hormigonan las juntas longitudinales y transversales entre paneles, lo que estabiliza definitivamente la forma. La chapa plegada que forma la cara inferior del panel sirve de encofrado para estas juntas. Por dar una leve referencia cuantitativa de la solución, la forma de cubierta adopta una esbeltez global cercana a 27 (la luz de 202 m se salva con flechas en el trazado de los cables de entre 6.80 m y 8.20 m, que aseguran la pendiente del 1% para la evacuación del agua). Los cables, del tipo "full locked coil strand", de 8 capas, y en parejas separadas 3,75 m, están sometidos a un esfuerzo de 2843 kN en servicio, con tensión de trabajo de 618 Mpa.

Desafíos técnicos añadidos están en el anclaje de las componentes horizontales de la tensión de la cubierta en los macizos de roca de la tribuna oeste, o la cimentación en áreas de rigidez muy diferente, que aconseja el recurso a uniones articuladas entre elementos estructurales en esa región.

Me interesa referirme finalmente a un importante aspecto de la solución global adoptada por Souto de Moura. Pues, aunque parece ser que se barajaron versiones más habituales con cuatro planos de gradas, la opción final adoptada, con sólo tribunas laterales, en claro acuerdo con la bilateralidad de la opción de cubierta, supone una revisión importante del tipo habitual en estadios y de la imagen del espectáculo que en éstos se desarrolla. Y en esta revisión el cambio principal está en la sustitución del habitual fondo de hinchas tras la portería por un fondo inanimado, que es de roca en el fondo sur, de modo que la culminación del juego, y la del propio espectáculo, se desarrolla más cerca de la objetividad de la representación de actores desempeñando sus papeles bajo la exclusiva luz de los focos que al acto de autoafirmación del líder jaleado por un fondo de pantalla compuesto por sus propios incondicionales, imagen desde la que, en el ámbito de la política, nos han arengado reiteradamente en los últimos tiempos, resultando de este modo una versión de apariencia más democrática y civilizada para el espectáculo futbolístico, abandonando la recuperada para sus propios fines por la demagogia política.

Resulta afortunado que, pese a la conciencia que el propio arquitecto manifiesta en entrevista reciente publicada en El País sobre el despilfarro económico y técnico que ha supuesto la Eurocopa 2004 para un país como Portugal, dicho derroche en manos de un cliente de excepción –personificado en el alcalde de Braga– haya dado origen a una obra de magnífica factura y llamada a constituir una poderosa imagen de referencia en el futuro, en claro contraste frente a las soluciones alternativas de carácter estándar o trivial que proliferan cuando las decisiones están en manos de clientes incultos, como bien hemos debido aprender en nuestras propias carnes los sufridos ciudadanos de Madrid.

In fact, if the reopening and then closing of the quarry necessary for the work implied an enormous operation, the solution implemented for the covering implied no less effort, and faced with this, once again thoroughness was the basis of the definitive solution. Its 202 metres of opening and its 14,400m² of slab situated at 50m in height, on two symmetrical surfaces constituted a very important challenge in many ways.

Although the form shows apparent simplicity, there were various technical challenges that had to be faced before it could be completed. It is not just the drawing of the form of the slab which, though relatively simple, presents difficulties once its development throughout the process of assembly is taken into account. The form initially considered responded to a continuous solution, perforated to obtain the necessary natural light, but the final solution leaves an open space in the centre which does not exist in the architectonic precedents previously mentioned. This circumstance created a new group of problems, which have been dealt with by placing simple triangular beams at the internal edges of the slab, taking advantage of the need for water guttering and for the public address and light fittings. We could also comment that the scuppers and channels for collecting rainwater, in stainless steel, which flow out at the south end of the pitch are an illustrative example of the formal and methodological forcefulness with which Souto de Moura attacks the problems faced in his projects. But we were referring to the covering, for which the dynamic effects derived from wind on a geometry that due to its slenderness is not excessively rigid, and the existence of an area of free cables would have a special relevance. We are not only dealing with the overall movements of the whole covering – which has periods of oscillation of about three seconds for the main modes – but also the local oscillations of the cables in the free zones. To ensure a precise knowledge of wind effects and a thorough analysis of their effects on the covering, an engineering work was necessary in which as many as four different types of wind tunnel –rigid, to a scale of 1/1500 for the estimation of maximum speeds according to the orientation and 1/400 for the estimation of pressure and suction on the covering, and aeroelastics to the scale of 1/200 and 1/70, for the analysis of the effects of resonance in the aeroelastic interaction between the wind and the structure.

It was no less of a challenge to ensure the correct placement without resorting to the total formwork –which was the system used in Siza's slabs in Lisbon. The method chosen, which aimed to ensure a good degree of stability of the form before rigidizing it, consisted in sliding prefabricated panels of 240 mm of concrete over strengthening steel sheeting along the cables from the sides. These were connected to each other by articulated pins, in such a way that most of the weight is secured after the positioning of all the panels which are supported by a given collection of cables. Once in place and held by the combined effect of the cables, the longitudinal joints and the transversal joints between panels were set in concrete, which definitively stabilized the form. The folding sheeting which forms the underside of the panel served as formwork for these joints.

Referring briefly to the measurements of the solution, the form of the covering has a slenderness of approximately 27 (the light of the 202m is preserved by rises of between 6.80m and 8.20m in the drawing, these ensure a slope of 1% to allow the water to drain). The cables are of the full locked coil strand type, of 8 layers, in pairs separated by 3.75m, they are subjected to a force of 2843kN when in use, and have a workload of 618Mpa.

Added technical difficulties lie in the anchoring of the horizontal components for the tension of the covering in the bare rock of the west stand, or in the placing of the foundations in areas of differing rigidity, which makes it advisable to employ articulated joints between the structural elements in this area.

I particularly wish to refer to an important aspect of the overall solution adopted by Souto de Moura. Although it appears that more normal plans with stands and terraces on four sides were considered, the option eventually chosen, which only has stands on the sides, in clear concordance with the bilateral effect chosen for the covering, presupposed an important revision of the normal form for stadiums and the spectacles that take place in them. In this revision the main change is in the substitution of the normal terraces of supporters behind the goals, for an inanimate end behind the goal, which is pure rock at the south end, so the climax of play –and of the spectacle itself, unfolds in a manner closer to the objectivity of actors fulfilling their role under the exclusive light of the stage-lights rather than the act of self-affirmation of a leader cheered on by a wall of unconditional supporters. An image from which, from a political perspective, we have been harangued repeatedly in recent times. Thus it results in a more democratic and civilised appearance for the spectacle of football, leaving the milking of this for its own ends to political demogogy.

It is fortunate that despite the conscience that the architect himself manifested in an article recently published in El País over the economic and technical waste that such an event as Euro 2004 means for a country like Portugal, such expenditure in the hands of a special client, the Mayor of Braga, has led to a magnificent work which constitutes a powerful image for future reference, in clear contrast with the alternative solutions of standard or trivial character which proliferate when decisions are in the hands of lesser clients, as we citizens of Madrid know only too well.