

“LAS TENSOESTRUCTURAS SE TOMAN LOS OLÍMPICOS”

Estudiantes de Arquitectura Diego Mauricio Jiménez Bermúdez

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Clase de Estructuras Colgantes

Han pasado más de cien años desde la creación de los Juegos Olímpicos de Verano Modernos, realizados por primera vez en Atenas por allá en el año de 1896. La evolución de los Juegos ha ido creciendo notablemente en todos sus aspectos.

Las primeras olimpiadas contaron con la presencia de 14 delegaciones internacionales con unos 200 atletas que compitieron por el honor en 9 disciplinas distintas de las cuales siempre se destacó el atletismo, la natación y la gimnasia. Se repartió un total de 120 medallas de oro, plata y bronce. En la jornada de inauguración, llevada a cabo en el Estadio Panathinaikos (el cual recibió una gran remodelación para poder albergar las competiciones deportivas), estuvieron presentes cerca de 80 mil espectadores incluyendo al Rey Jorge I de Grecia y otras importantes personalidades de Europa. El costo total de los Juegos fue aproximadamente 448.000 dólares de la época.



Figura 1. Olimpiadas de Atenas 1896

Es obvio que el interés primordial era una fiesta deportiva, pero ahora la sociedad capitalista se ha encargado de convertirla en una excusa para lograr desarrollo económico, social y cultural.

De estas antiguas pero valiosas cifras pasamos a romper records de asistencia, participación, inversión y ganancias para los organizadores. En Sídney 2000 estuvieron presentes 199 delegaciones con más de 10 mil atletas luchando al máximo en 29 disciplinas distintas que otorgaban cerca de mil unidades de medallería.

Las competencias pasan de realizarse en cinco días a un total de tres semanas, tiempo en el cual la ciudad anfitriona tiene la oportunidad de mostrarse a todo el mundo. Cada cuatro años, el anfitrión busca ser mejor que el anterior y esto conlleva a gigantescas inversiones económicas... quieren tener mejores escenarios deportivos, mejores aeropuertos, mejores hoteles, mejor infraestructura vial y de servicios, entre otros. En los Juegos de Pekín del año 2008 se presentó la mayor inversión nunca antes vista, alcanzando los 40 mil millones de dólares según cifras no oficiales, de los cuales cerca del 60 % fueron dedicados a obras de infraestructura y escenarios deportivos nuevos, de los cuales vale la pena destacar El Aeropuerto de Beijing, el Estadio Nacional o Nido de pájaros y el Centro Nacional de Natación mejor conocido como Cubo de Agua.

Pese a las altas cifras nombradas, el prestigio internacional no solo se gana con inversiones económicas, sino más bien con innovaciones técnicas, artísticas y simbólicas. Es aquí donde entra a formar parte del desarrollo de los Juegos Olímpicos las Tenso Estructuras, sistemas de superficie activa que dan innumerables oportunidades de diseño, espacialidad, volumetría y ante todo, el vencimiento de las grandes luces que necesitan los complejos deportivos que deben albergar hasta cien mil espectadores en un solo espectáculo, o como en el caso de Sídney, los siete millones de entradas que se vendieron para apreciar todos los espectáculos deportivos.

Como se sabe, a finales de la década de los años cincuenta y comienzos de los sesentas se empiezan a mostrar los primeros pasos de dichas estructuras, comenzando por la publicación de algunas obras especializadas en estructuras a tracción elaboradas por el mayor conocedor del tema Frei Otto, ofreciendo los conceptos fundamentales de las “hanging roofs”, las neumáticas y los cables.

Innovadora propuesta en Tokio 1964

Coincidentalmente, en el año de 1964 se celebran los JJOO en Tokio y se le encarga el diseño de dos coliseos al maestro de arquitectura Kenzo Tange, quien hace gala de sus conocimientos en estructuras a tracción y enseña un ingenioso método de rigidización de cables denominado Formas Inherentes, que dan como resultado una maravillosa obra arquitectónica con unas cualidades nunca antes vistas.

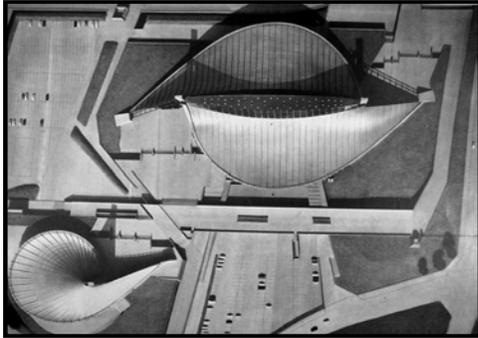


Figura 2. Vista general del complejo olímpico.



Figura 3. Cables de acero tensado



Figura 4. Cobertura con estructura laminar

Tange hace una reinterpretación de la estética constructiva de las cáscaras suspendidas diseñadas por Félix Candela en México, Mathew Nowicki en Raleigh, Carolina del Norte o Le Corbusier en el Pabellón Philips de la Expo 1958 de Bruselas. El arquitecto se aleja de una lógica constructiva, ya que los gimnasios no se distinguen por ser unas cáscaras optimizadas, sino por ser una idea completamente innovadora y sublime.

La estructura del techo del Gimnasio principal se asemeja a los principios estructurales de los puentes colgantes. En este caso, el techo está sostenido por mástiles de acero anclados en dos grandes placas de hormigón, que lo tensan y al mismo tiempo le permiten permanecer colgante mediante gruesos cables de acero pretensado que forman una curva catenaria. El techo se conforma con la unión de la catenaria con la parte superior de las graderías como si se tratase de dos alas, reduciendo la sensación de pesadez del edificio.

Es un estadio en forma de espiral, en el cual dos arcos de círculo con radios diferentes y en el que las extremidades de los dos crecientes opuestos terminan en punta. Tange recurrió a la combinación de parábola e hipérbola, forma cóncava y convexa a la vez, entre la curvatura de los cables tensores y las tribunas, lo que genera una elegante y grácil cobertura, a la vez que desde el ojo del observador resulta siempre distinta desde cualquier ángulo que se la mire.

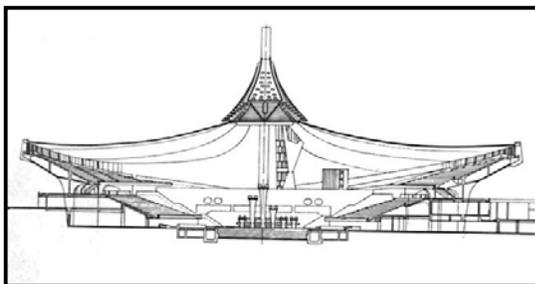


Figura 5. Corte transversal del gimnasio mayor.

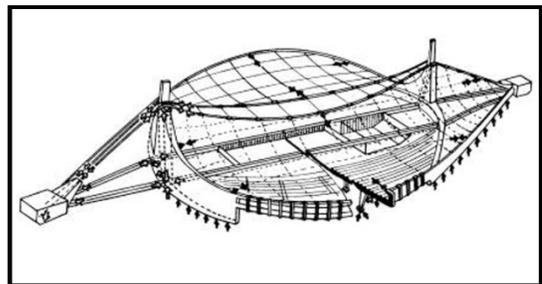


Figura 6. Axonometría general de la estructura del gimnasio mayor

El Gimnasio menor cuenta con una cobertura en estructura laminar y se ha elevado sobre una planta circular. Desde un mástil penden los cables radiales tensores, de forma simétrica. En lugar de dos placas de hormigón, el único mástil está empotrado en una sola placa.

La cobertura está construida como una estructura laminar, siguiendo el principio análogo de la malla de cables con bordes rígidos. En lugar de los cables de acero, forman la estructura un conjunto de vigas colgantes, tendidas entre los estribos del anillo exterior y un tubo de acero que se eleva en espiral y entre las cuales se apoyan en forma diagonal e intervalos regulares las viguetas de anclaje, posteriormente recubiertas por placas de acero de 4-5 mm de espesor y que conforman la cubierta exterior.

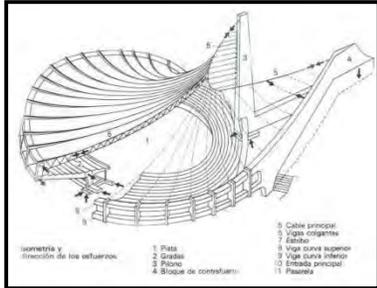


Fig. 7. Corte axonometrico del coliseo menor

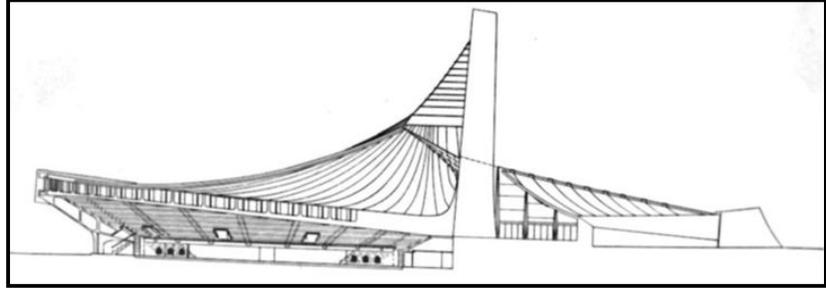


Fig. 8. Corte Longitudinal del Coliseo menor

A partir de este momento, las ciudades empiezan a tener una pieza arquitectónica que se convierte en el símbolo de la ciudad y de la campaña olímpica misma. En la siguiente olimpiada llevada a cabo en México DF también se hace un impresionante edificio por parte de Félix Candela, que si bien no utilizaba las tensoestructuras como principio de diseño, confirmo una vez más la idea de los edificios simbólicos.

La vanguardia de Múnich 1972

Para el año de 1972, la ciudad anfitriona fue Múnich, y su villa olímpica diseñada por Günther Behnisch y Frei Otto estuvo basada en una serie de membranas que cubrían también el estadio y otros escenarios con la intención de representar al lago que tenían en frente. Curvas pronunciadas y materiales relativamente nuevos fueron los interventores en estas gigantescas cubiertas.

Alemania quería reivindicarse con el mundo, y es por esto que invierte altas cifras para la adecuación de la ciudad de Múnich para las Olimpiadas. Se contratan a los arquitectos vanguardistas del momento. El estadio tiene capacidad para un total de 69.250 espectadores. La característica cubierta textil fue diseñada por Frei Otto. La tipología estructural seleccionada es una malla de cables pretensados.

La estructura consta de enormes mástiles externos que poseen apoyos tipo “rotula”, los cuales ayudan a conformar un tensegrity intermedio que termina en un grueso y extenso cable que forma una “U” y rodea gran parte de las tribunas del estadio. Dicho cable parte desde fuera del estadio y están anclados a grandes pesos muertos de concreto para contrarrestar los empujes producidos por la estructura. Finalmente los mástiles poseen también cables que se anclan al suelo, para estabilizar en ambos sentidos.



Fig. 9 Vista general de Villa Olímpica



Fig. 10 Graderías del estadio



Fig. 11 Vista complejo acuático y cafeterías

Además del estadio, en la Villa olímpica también se encuentra otra edificación que posee este tipo de materiales (piezas de acrílico sobre armaduras ligeras de acero, ya que no se manejaban los materiales

textiles), formando un conjunto arquitectónico que ha estado en la lista de las 50 obras más importantes del mundo moderno.

El fracaso constructivo de Montreal 1976

Los siguientes juegos se realizaron en Montreal, y una vez más las membranas y los cables se tomaron al edificio principal, el Estadio olímpico concebido por Roger Taillibert. Una cubierta de materiales sintéticos replegable que era sostenida por unos cables que provenían de una enorme torre de más de cien metros de altura. Sin lugar a duda una nueva e ingeniosa propuesta que desafortunadamente no pudo ser terminada sino una década después de que se realizaran las justas deportivas.

El estadio fue diseñado como una instalación muy elaborada con techo replegable, el cual sería abierto y cerrado por una enorme torre de 175 metros. Cables suspendidos desde la torre serían los encargados de ejecutar dicha labor, pero el diseño se quedó plasmado solo en el papel, ya que nunca pudo funcionar como estaba planeado.



Fig. 12 Vista aérea de estadio olímpico



Fig. 13 Cables anclados a torre de 175 m.



Fig. 14 Vista interior de cubierta

Mientras la construcción del estadio estaba en proceso, una huelga laboral originó un retraso mayor en la construcción de la torre. El techo permaneció guardado en un almacén en Francia hasta 1982. No fue sino hasta 1987, más de una década después de los Juegos Olímpicos, que tanto la torre como el techo fueron completados, terminando oficialmente la construcción del estadio como fue diseñado originalmente. Los problemas asolaron al estadio desde el momento en que se inauguró para los Juegos Olímpicos, cuando sólo estaba construido a medias.

Tanto la torre como el techo, fueron fabricados con más de 5575 m² de kevlar. El techo, de 65 toneladas, resultó ser difícil de replegar, y no podía ser operado en presencia de vientos con velocidades superiores de más de 40 km/h.

Poco después de que el techo fuera puesto en funcionamiento se rasgó en varias ocasiones debido a imperfecciones de diseño. En los meses siguientes sufrió más rasgaduras e incluso goteras durante las lluvias, permitiendo que entrara el agua al estadio.

Debido a que se reclamó que era una mala instalación deportiva para la práctica del béisbol, el Estadio Olímpico fue remodelado en 1991.

El 8 de septiembre de ese año, unas vigas de soporte se partieron y causaron que un bloque de concreto de 55 toneladas cayera sobre la parte exterior del estadio. No hubo heridos, pero los Expos tuvieron que trasladar sus 13 últimos juegos de locales de esa temporada a otras ciudades. Para la temporada de 1992, se decidió mantener siempre cerrado el techo. El techo de kevlar fue removido en mayo de 1998, convirtiéndolo en un estadio al aire libre para la temporada de ese año. Más adelante, un techo azul opaco que no era replegable fue instalado.

Ese fracaso constructivo fue provocado principalmente por la carencia de maquinaria y recursos necesarios para la construcción de estas mega estructuras. Es por esto que pasaron cuatro competencias olímpicas sin que se utilizaran tenso estructuras significativamente (Moscú 80, Los Ángeles 84, Seúl 88 y Barcelona 92).

La inmensidad de Atlanta 1996

Prácticamente veinte años después, vuelve a aparecer la tensoestructura como solución a los problemas de diseño requeridos. En Atlanta 96, el Georgia Dome es cubierto en su totalidad (más de 30 mil metros cuadrados) por unas membranas que hasta el día de hoy se mantienen intactas. Si bien el edificio fue construido unos años antes de los JJ.OO, fue el principal símbolo para esas justas deportivas.



Fig. 15 Vista exterior de las membranas



Fig. 16 y 17 Vistas interiores del domo

El Georgia Dome fue completado en 1992 a un costo de \$ 214 millones (EE.UU.), que venía de la Asamblea General de Georgia, lo que lo convierte en uno de los mayores proyectos de construcción financiados por el Estado en la historia del estado. Tiene capacidad para 71.228 para el fútbol, y puede soportar un máximo de 75.892 asistentes.

Tiene un área total de 37,200 m², el domo tiene una altura de 82,5 m, una longitud de estructura 227 m y un ancho de la 185 m. El domo fue la tensoestructura más grande en el mundo hasta que en 1999 se finalizó el Millenium Dome en Londres. Su techo está hecho de tela de fibra de vidrio con revestimiento de teflón (que es fuerte y ligero) y tiene una superficie de 34.800 m².

Para poder cubrir este gran espacio con materiales sintéticos, se llevó a cabo un despiece base de módulos, el cual arrojó un alto número de piezas de menor tamaño, las cuales ya eran más fáciles de elaborar, transportar, manipular, instalar y reparar.

Se utilizaron un total de 8.300 toneladas de acero reforzado para construir el domo. Más hierro y acero usado que en la Torre Eiffel. Se podría construir una acera de 700 km, a partir de los 110.000 metros cúbicos de hormigón utilizados en el Domo.

Las únicas adecuaciones que se le ha hecho a la estructura han sido en cuanto a su aspecto estético, debido a que cambió de dueños en el año 2006, y se tuvo que pintar con los colores seleccionados por el nuevo propietario. También se le ha hecho unas re-distribuciones internas, en cuanto a la capacidad de espectadores, ubicación de periodistas, pantallas de televisión y vallas publicitarias.

Los avances en Sídney 2000

Gracias a los avances tecnológicos y constructivos, los últimos JJOO han contado con un edificio característico funcionando a tracción. En el año 2000, Sídney mostró al mundo el Superdome Sídney, cuya cubierta es sostenida por varios cables provenientes de enormes mástiles articulados.

En la actualidad el Superdome es llamado como el Acer Arena, es un gran complejo de deportes y entretenimiento. Se ubica en el Parque Olímpico de Sídney, y su construcción fue completada en 1999.



Fig. 18 y 19 Vistas exteriores del domo

Fig. 20 Mástiles y cables de la cubierta

La obra tuvo un costo de \$190 millones de dólares y fue construida por Abigroup Ltd. y Obayashi Corporation con factores ambientales en mente; pero la unidad de aire acondicionado diseñada producía halo alcanos y fue acusada de romper con la Guía Verde para los Juegos Olímpicos. El desarrollo del estadio fue parte de tres sub-sitios que incluían un estacionamiento para 3,400 automóviles y una plaza con trabajos externos.

Los mástiles del techo del estadio alcanzan los 42 metros de altura sobre el suelo, están levemente inclinados hacia atrás para combatir el empuje que le generan los cables. De cada mástil parten 3 cables en direcciones distintas, lo que le da la estabilidad a sí mismo. El estadio ocupa un área total de 20,000m².

Tiene la capacidad de albergar a 21,000 personas. El Acer Arena es el recinto techado más grande en Sídney y el segundo más grande en Australia. El Acer Arena es casa de muchos equipos deportivos, incluyendo de netball y basketbol. Del mismo modo recibe un gran número de presentaciones artísticas y conciertos.

La bella simpleza de Atenas 2004

Atenas no se quedó atrás, y en el 2004 se llevaron a cabo los actos de inauguración, clausura y varias competencias deportivas en el Estadio Olímpico, en el cual las enormes cubiertas eran sostenidas por cables suspendidos desde dos arcos de concreto.



Fig. 20 Vista general del estadio

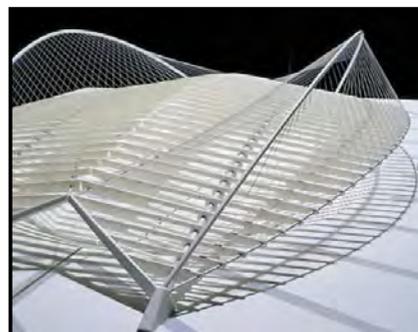


Fig. 21 Maqueta estructural a escala

El arquitecto español Santiago Calatrava fue elegido por el Comité Organizador de los Juegos Olímpicos de Atenas 2004 y el Ministerio de Cultura de Grecia, en medio de una gran polémica, para rediseñar el Complejo Olímpico de Deportes (OAKA) junto a otras importantes obras.

La obra lleva el sello inconfundible de su autor, tal como se la puede apreciar en sus puentes, en especial por el uso de las célebres "peinetas" realizadas con arcos y tensores. El objetivo era reflejar en el diseño del complejo tanto la identidad e historia de los Juegos Olímpicos como la moderna capital griega, ayudado por los avances tecnológicos y principios estéticos.

Está localizado en el barrio suburbano de Maroussi. El complejo cuenta con una superficie de 96 hectáreas aproximadamente. Se trata de un proyecto de unificación estética y un planteo urbano, de un único carácter arquitectónico, de diálogo entre el atletismo y la cultura. Los espacios deportivos y sus alrededores están interconectados, son de fácil acceso y cuentan con lugares de recreo.



Fig. 22 Arco y cables en plena construcción

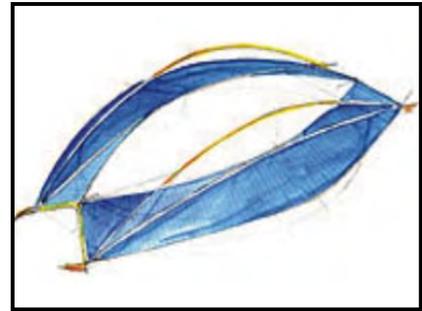
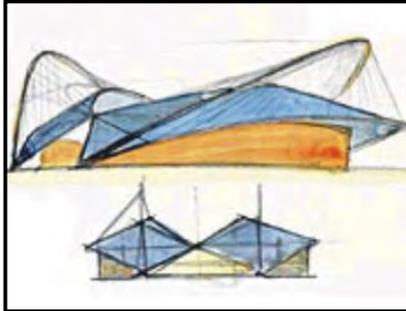


Fig. 23 y 24 Diseños bocetados al inicio del proyecto

Calatrava ideó un complejo inspirado en la disposición espacial de la antigua Acrópolis y en la arquitectura griega del periodo bizantino, donde se encuentran muchas construcciones en forma de arco, y en los colores azul y blanco de las islas del Mar Egeo.

El Complejo Deportivo incluye: el Estadio Olímpico de Atenas, el Salón Olímpico Techado, el Centro Acuático Olímpico, las dieciséis canchas del Centro Olímpico de Tenis y el Velódromo Olímpico.

El techo del Estadio Olímpico consiste en una estructura colgante dinámica cuyos ejes principales son dos soportes metálicos arqueados de trescientos metros de longitud que se elevan en el centro a 78 metros de altura. Estos ejes recorren el estadio a lo largo y sustentan sendas cúpulas que cuelgan de un soporte de arcos dobles. En total, el techo pesa 17.000 toneladas y cubre una superficie de casi 25.000 metros cuadrados. Bajo su superficie pueden cobijarse 75.000 espectadores para protegerse del los rayos de sol y de la lluvia.

Los dos soportes arqueados están provistos de engarces metálicos que se enganchan en placas de policarbonato de 12 milímetros de grosor y casi cinco metros por uno de superficie. Estas planchas de tinte azulado proporcionan un ambiente cálido, abierto y luminoso en el estadio, al tiempo que dejan a los espectadores posar la vista sobre el cielo griego.

Los nuevos materiales, Pekín 2008

El caso más representativo e ingenioso es el de Cubo del Agua en Pekín 2008, donde se utilizan los materiales sintéticos como el ETFE y principios estructurales basados en la misma naturaleza, al basarse en los principios de la interceptación de las burbujas de jabón. Sin lugar a duda avances de alto impacto que dejan la mejor de las imágenes en las retinas de los millones de espectadores de unos juegos Olímpicos.

La instalación fue ganada tras un concurso en julio de 2003 por el consorcio formado por el China State Construction and Engineering Corporation y los grupos australianos PTW Architects y Ove Arup.

Dispone de 6.000 localidades fijas a las que se unirán 11.000 localidades temporales durante la disputa de los Juegos. En su interior dispone de 70.000 metros cuadrados de instalaciones con 15.000 metros cuadrados en el subterráneo.



Fig. 25 Cubo de agua y Nido de Pájaros



Fig. 26 Cubo del agua en construcción



Fig. 27 Burbujas de ETFE

“Agua por dentro y agua por fuera”. Ese es el concepto en el que se basaron los creadores del Cubo del agua. Querían que el edificio reflejase lo que iba a ocurrir en su interior que era ni más ni menos que agua. Para ello nada mejor que un edificio con una estructura basada en las burbujas que crea el jabón mezclado con el agua forrado con una capa blanda y amorfa como el agua que crean la sensación de que el edificio entero este realizado en este material .

La mayor peculiaridad de la instalación es la estructura exterior formada por 634 membranas traslúcidas, infladas con aire a baja presión, del polímero ETFE (etileno-tetra-fluoro-etileno) que recubren una superficie total de 100.000 metros cuadrados componiendo 3.000 burbujas y le dan un aspecto característico permitiendo una excelente luminosidad en el conjunto de la instalación pero también filtrando los rayos ultravioletas.

De noche dispone de una novedosa iluminación formada por diodos luminiscentes (Leeds) que ahorran hasta un 60% de la energía consumida por los clásicos fluorescentes y que permiten iluminar el edificio en 16,7 millones de tonos.

El proyecto ha sido desarrollado bajo la premisa de ser lo más sostenible respecto a los recursos utilizados y respetuosos con el medio ambiente. De esta manera, la energía que utiliza es solar y se ha conseguido que los procesos de depuración del agua aseguren una reutilización del orden del 80%, además el edificio aprovecha y se aprovisiona del agua de lluvia.

El edificio se sustenta con un sistema estructural de acero y hormigón único que sigue la lógica de las burbujas, creando una estructura tridimensional de 6.700 toneladas de acero que asemeja la formación de burbujas de jabón en una tina de baño.

Mundiales de Fútbol

La tendencia de usar este tipo de estructuras se está ampliando a otro evento deportivo de alta importancia: El Mundial de Fútbol de la FIFA, realizado cada cuatro años, y que al igual que los olímpicos, da la oportunidad a una nación de presentarse ante el mundo. En este caso, las edificaciones son estadios en su mayoría (aunque también se hacen avances en estaciones de metro, aeropuertos, obras civiles, etc.).

Existen dos tipos de obras, las primeras son adaptaciones a estructuras ya existentes, donde se les da una cara distinta a la estructura, pero se mantienen cosas relevantes. El otro tipo es el de obras nuevas, las cuales parten desde cero, y aprovechan para hacer remodelaciones urbanas de alto impacto.

El inicio, Alemania 2006

Para el 2006, en el mundial de Alemania se remodelaron varios escenarios deportivos, pero también se invirtió en una obra nueva, el estadio Allianz Arena de la ciudad de Múnich. Que empezó su construcción en el 2002 a manos de Herzog & de Meuron.



Fig. 28 Fachada del estadio

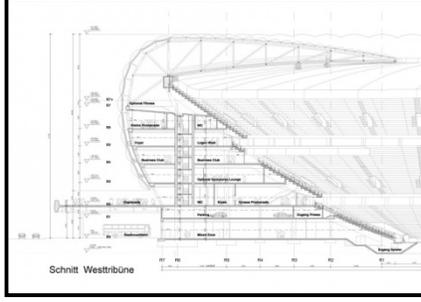


Fig. 29 Corte de tribuna oriental



Fig. 30 Romboïdes de ETFE

Las proporciones del escenario deportivo son de 258 m de largo, 227 m de ancho, y 50 m de alto. La arquitectura externa del Allianz Arena está compuesta de 2.874 paneles romboidales metálicos de ETFE (copolímero de etileno-tetrafluoretileno) a una presión de 0,035 hPa. Cada panel puede iluminarse de manera independiente de color blanco, rojo o azul. La intención es iluminar los paneles en cada partido con los colores del respectivo equipo local, o de color blanco cuando juega de local la selección alemana.

Se emplearon aproximadamente 120.000 m³ de hormigón para el estadio y 85.000 m³ para los estacionamientos. Se utilizaron 22.000 toneladas de acero para la construcción del estadio y 14.000 t para la construcción de los estacionamientos, cuya extensión es de aproximadamente 270,000 m².

El presente, Sudáfrica 2010

A falta de uno, en Sudáfrica se construyeron tres hermosos estadios con tensoestructuras como principios estéticos y constructivos. El Moses Mabhida en Durban, el Green Point en Ciudad del Cabo y el Nelson Mandela Bay en Puerto Elizabeth.

El Moses Mabhida es un estadio multiusos en Durban. El estadio tiene una capacidad prevista de unas 70.000 personas. Está ubicado en el nuevo Recinto Deportivo Kings Park. Se sitúa junto al antiguo Estadio Kings Park, que dará paso al nuevo complejo que incluye un museo del deporte, nuevas zonas de parqueo y una estación de transporte.



Fig. 31 Imagen Virtual del proyecto



Fig. 32 Vista interior de arco, cables y membranas



Fig. 33 Construcción del estadio

El diseño del estadio fue llevado a cabo por el estudio alemán GMP Architekten, que ya ha llevado a cabo obras similares en distintas partes del mundo. La característica principal del estadio es el arco que se proyecta 105 m sobre el suelo, pudiendo acceder a lo alto del mismo los espectadores por teleférico

desde un lateral, o a través de cientos de escalones desde el otro. Situado junto al Océano Índico, el estadio dispone de un techo cubierto que le convierte en el más vistoso de los nuevos estadios de Sudáfrica.' y en un hito arquitectónico de la actualidad.

Desde el gigantesco arco, se anclan decenas de cables en ambos sentidos, que son los encargados de sostener en los puntos altos a las membranas que se extienden hasta un anillo perimetral que rodea todo el edificio a una altura menor del arco para generar los puntos bajos y la inclinación necesaria para el manejo de aguas lluvias y vientos de la zona.

El Greenpoint es el nombre del estadio ubicado en Ciudad del Cabo, tiene capacidad para 65 mil asistentes. Varios arquitectos han participado en el diseño del estadio. Stadium Architects JV, GMP Architekten, Luis Karol Architecture y Point Architects.



Fig. 34 Vista general



Fig. 35 Colocación de paneles de vidrio laminado



Fig. 36 Construcción de anillo perimetral

El Estadio Greenpoint es una edificación hito en el parque de Greenpoint a los pies de Signal Hill. La estructura exterior del estadio ha sido diseñada como una estructura abstracta, una membrana linealmente articulada. Su ondulante silueta inconfundible, es el resultado de la geometría del estadio, da la imagen de un objeto escultórico, mejorando su integración con el paisaje existente.

La estructura de la ligera membrana se compone de extensas características y formas cóncavas, formando una fachada uniforme, que fluye siguiendo las ondulaciones. La fibra de vidrio de color claro como malla aumenta este efecto, su coloración y textura genera profundidad y vitalidad. La superficie translúcida absorbe y refleja el ambiente cambiante de la luz del día.

La estructura del techo es una combinación de un techo suspendido con un sistema de celosía radial. El techo ondulado está cubierto con vidrio laminado de seguridad, y en el interior con una piel como membrana. El espacio entre el cristal y la membrana que cubre integra elementos técnicos como el sistema de megafonía e iluminación, de la misma manera ofrece protección contra la intemperie y una muy buena acústica debido a los materiales absorbentes. Posee un anillo perimetral de concreto desde el cual se anclan unos cables que al tensarlos, sostienen un anillo interior, lo que no solamente generó una llamativa espacialidad sino también problemas constructivos. El estadio se ha convertido en un rasgo distintivo de la ciudad.

El Futuro, Londres 2012, Brasil 2014, Rusia, Qatar.....

Tendremos que esperar que nos depararan las siguientes olimpiadas en cuanto a avances, aunque se sabe que el Millennium Dome diseñado por Richard Rogers para recibir el nuevo milenio será utilizado en los juegos de Londres. Esta es tal vez la mayor estructura de membranas del mundo, con un área aproximada a los cien mil metros cuadrados, que es cubierta por una innovadora cúpula de membranas, mástiles, cables y ante todo: ingenio.



Millenium Dome / Londres



Estadio Olímpico / Londres



Estadio Fonte Nova / Brasil



Estadio Beira Rio



Estadio Verdão / Brasil



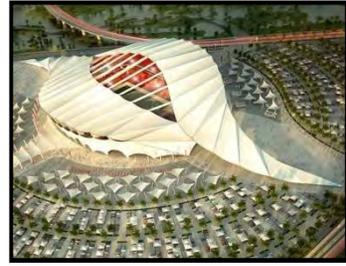
Estadio Nizhny Novgorod / Rusia



Estadio Kaliningrado / Rusia



Estadio Lusail / Qatar



Estadio Al Khor / Qatar

Los Juegos Olímpicos, Mundiales de la FIFA siempre favorecerán al desarrollo deportivo, económico, social, cultural y **Arquitectónico**.

Referencias

- BRICEÑO JÁUREGUI, Manuel: Los Juegos Olímpicos en la antigüedad. Bogotá Instituto Caro y Cuervo 1990.
- MUEHL, H.R. von der: Kenzo Tange edición... realizada por H.R. von der Mühl, con la colaboración de Kenzo Tange y Udo Kultermann. Barcelona: Gustavo Gili 1981.
- BOYD, Robin: Kenzo Tange. New York: G. Braziller, 1962.
- OTTO, Frei: Frei Otto complete works: lightweight construction, natural design edited by Winfried Nerdinger. Boston: Birkhauser, 2009.
- Tokyo: http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Gimnasio_Nacional_de_Tokio
- Montreal: <http://www.rio.gouv.qc.ca/>
 - <http://mivisiondelfutbol.blogspot.com/2006/09/estadio-olmpico-de-montreal.html>
- Atlanta: <http://www.gadome.com/>
 - <http://structuresandspans.wordpress.com/>
- Atenas: http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Complejo_Ol%C3%ADmpico_de_Atenas
- Sydney: <http://www.la84foundation.org/6oic/OfficialReports/2000/2000v1.pdf>
- Pekín: <http://news.bbc.co.uk/sport2/hi/olympics/7069401.stm>
 - <http://www.guardian.co.uk/science/2004/may/06/research.science1>
- Alemania: <http://www.allianz-arena.de/de/index.php>
 - <http://www.muenchen.de/fifawm2006>
- Sudafrica: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/06/05/mundial-de-futbol-sudafrica-2010-estadio-greenpoint-gmp-architekten/>
 - <http://es.fifa.com/worldcup/destination/index.html>