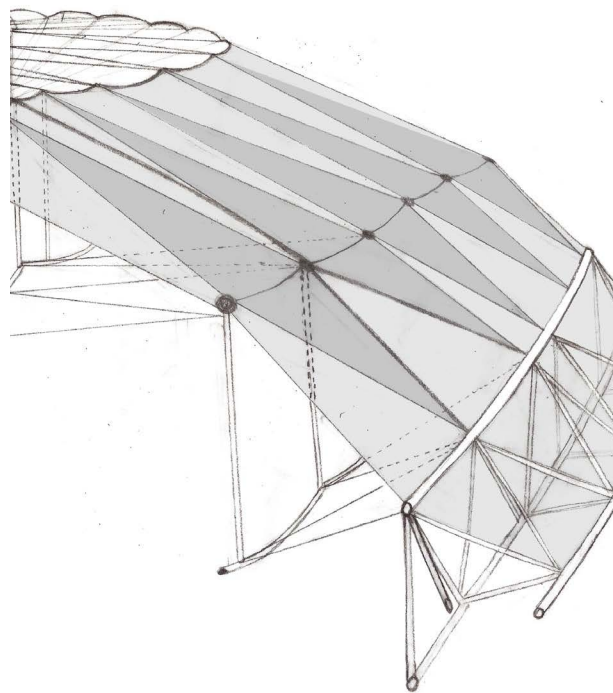
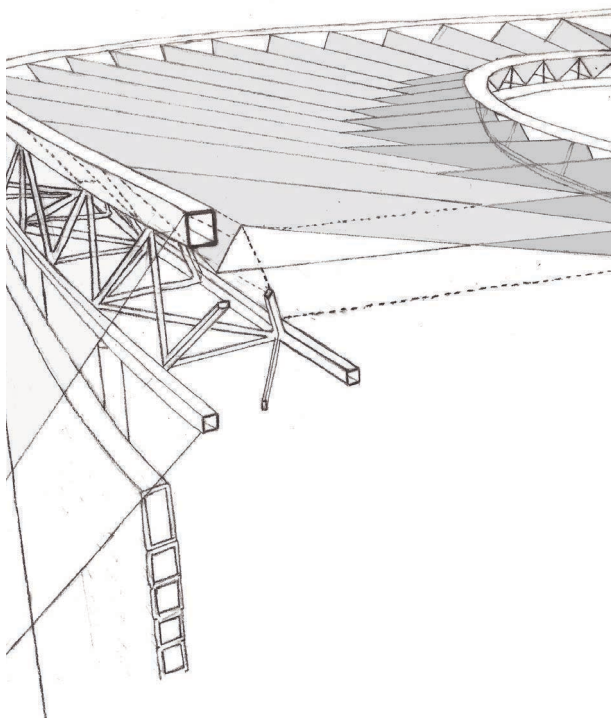


CUBIERTAS TENSADAS

TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LAS MEMBRANAS
TEXTILES EN EL ÁMBITO DEPORTIVO



ELENA VIÑALS MARTÍNEZ
TRABAJO DE FIN DE GRADO
ENERO 2023

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

Elena Viñals Martínez

CUBIERTAS TENSADAS:

Tipología estructural de las membranas textiles en el ámbito deportivo

CUBIERTAS TENSADAS

TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LAS MEMBRANAS TEXTILES EN EL ÁMBITO
DEPORTIVO

Estudiante

Elena Viñals Martínez

Tutor

Javier Pinilla Melo

Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas

Aula TFG 8

Luis Javier Sánchez Aparicio, *coordinador*

Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas

Héctor Navarro Martínez, *adjunto*

Departamento de Composición Arquitectónicas

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

13 de enero de 2022

Índice

RESUMEN

MOTIVACIÓN PERSONAL

OBJETIVOS

ARQUITECTURA TENSADA

- Literatura existente
- Arquitectura Textil
- Estabilidad estructural
- Materiales textiles
- Confección de las membranas

METODOLOGÍA

CASOS DE ESTUDIO

- Evolución de las cubiertas tensadas en el ámbito deportivo
- Atlas de los estadios estudiados
- Análisis estructural de 20 estadios
- Tipología de las cubiertas tensadas
- Fichas técnicas

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

FUENTES

- Bibliografía y recursos digitales
- Procedencia de las ilustraciones

ANEXO

- Tabla resumen de los estadios de fútbol

Resumen

Actualmente, los estadios de fútbol son concebidos como piezas fundamentales en las ciudades actuales. En los estadios, las cubiertas son una parte imprescindible, no sólo por proteger de las condiciones atmosféricas, sino porque son generadores de diversos ambientes y capaces de crear espacios totalmente distintos.

Las cubiertas deportivas suponen un dilema constructivo importante al tener luces tan grandes, pero que son fácilmente resueltas gracias a la arquitectura textil, que se caracteriza por su poco peso y material y soluciones totalmente innovadoras. Aunque la mayor parte del público apenas son conscientes del diseño y la exactitud en su montaje, su evolución ha sido exponencial y su utilización va en aumento.

En primer lugar, en este Trabajo de Fin de Grado se han estudiado los sistemas estructurales de diferentes estadios y se han establecido unos tipos estructurales en función de su comportamiento estructural, para posteriormente poder clasificar todos los estadios encontrados con cubiertas textiles. Todas las cubiertas destacan por ser tensoestructuras que se componen de una serie de cables de acero que tensan las membranas textiles y adquieren la doble curvatura para aportar la estabilidad.

Cada estadio aporta una solución diferente, pero con ciertas similitudes, para cubrir al máximo aforo posible. Finalmente, se ha realizado un estudio comparativo de todos los estadios en función de su tipología estructural para extraer conclusiones sobre las posibilidades, ventajas y desventajas de los diferentes tipos estructurales.

PALABRAS CLAVE

Estadios deportivos · Arquitectura textil · Estructuras tensadas · Comportamiento estructural · Tipologías de cubiertas de membrana

Motivación personal

Este Trabajo de Fin de Grado nace tras haber asistido a una charla sobre qué es la arquitectura textil presentada por Javier Tejera, creador de la empresa Bat Spain. Esto despertó mi interés sobre esta temática y me llevó en 2021 a cursar la asignatura del taller experimental de Arquitectura Textil, en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, impartida por el mismo Javier Tejera y Juan Monjo, dos profesores de la escuela y expertos en este ámbito.

El taller de Arquitectura Textil se centraba en el estudio, diseño y cálculo de las estructuras de cubiertas y cerramientos tensados. Se analizaron los orígenes, pautas de diseño, tipología de materiales y encuentros, así como las posibles soluciones constructivas de este tipo de arquitectura.

La Arquitectura Textil no sólo supone un innovador tipo de revestimiento o cerramiento estético, sino relaciona todos los conceptos integrados en la propia arquitectura, tanto constructivamente como estructuralmente.

Objetivos

El presente trabajo se centra en hallar patrones o similitudes entre las distintas cubiertas tensadas de los estadios de fútbol. Esto dará lugar a una clasificación de las cubiertas de membrana textil, atendiendo fundamentalmente a los aspectos de diseño, al comportamiento estructural y a las diferentes soluciones constructivas.

El objetivo de este estudio es catalogar en tipos y subtipos las diversas cubiertas ya existentes, para obtener así una tipología completa de elaboración propia de estas estructuras tensadas.

Tras el análisis formal y estructural de estos cerramientos, se llegará a una discusión o análisis comparativo entre los diferentes tipos de algunos parámetros como: materiales empleados, geometría del estadio, localización, año de construcción, dimensiones y estructuras óptimas.

Arquitectura Tensada

LITERATURA EXISTENTE



Figura 2.1: Portada del libro Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas.



Figura 2.2: Portada de la revista Tectónica. Nº 36. Artículo: Construir con membranas escrito por Javier Tejera.

La originalidad de este trabajo reside en la inexistencia de una clasificación de las cubiertas tensadas de los estadios de fútbol. A pesar de ser el deporte o actividad social que hoy en día más dinero genera debido a la popularidad que posee, no se han establecido ninguna tipología en relación con las cubiertas basadas en grandes estructuras tensadas.

Existe alguna bibliografía acerca de la arquitectura tensada, pero ninguno relacionados exclusivamente con el ámbito deportivo. Algunos trabajos publicados al respecto serán la *Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas* de Brian Foster, Marijke Mollaert y Juan Monjo Carrió.¹

Además, también será útil el empleo de los apuntes de elaboración propia escritos a partir de la asignatura cursada del taller experimental de Arquitectura Textil impartido por Javier Tejera y Juan Monjo Carrió. Así como artículos elaborados por Javier Tejera en la revista de Tectónica, como el titulado *Construir con membranas*.²

En este apartado también es necesario citar algunos Trabajos de Fin de Grado realizados en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ET-SAM-UPM) sobre estadios de fútbol, los cuales me han servido de apoyo para la realización de mi investigación.

Los dos TFGs elaborados por José Pareja Abia titulado “La arquitectura de los estadios. Análisis Estructural de los Estadios Deportivos.” y por Jorge Brunete García titulado “Por la escuadra. Un análisis arquitectónico de los estadios de fútbol y su ambiente.” proponen un análisis y comparación de las estructuras generales de diferentes estadios.

Así como el trabajo de Alba María Fernández Rodríguez titulado “Arquitectura deportiva. Cubiertas simbólicas, experiencias memorables.”, que hace un estudio acerca de las características ideales de las cubiertas de las estructuras deportivas.

Y por último el titulado “Arquitectura deportiva. Las catedrales del fútbol”, cuya autora es María de los Ángeles Troyano Quesada, que establece unas tipologías de los estadios basándose en el graderío.

1. FOSTER, B. *Arquitectura textil : guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas*. Madrid, 2009.

2. PARRA, J. T. *Construir con membranas*. Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción, n. 36, p. 4-19, 2011. ISSN 1136-0062.

Como se ha comentado anteriormente, el diseño de las cubiertas textiles de los estadios de fútbol es una disciplina en auge. Su utilización va en aumento debido al poco peso y material requerido para salvar esas grandes luces. Por ello, se plantea el estudio y posterior clasificación de las cubiertas textiles de los estadios de fútbol, caracterizadas por el empleo de una estructura tensada mediante una membrana.

ARQUITECTURA TEXTIL

La arquitectura textil es toda solución arquitectónica que utilice como material principal la tela, y en la que como consecuencia la “tecnología textil” cobra una cierta importancia aplicada a la edificación.

Es una innegable innovación gracias al uso de una gran estructura tensada que conforma cubiertas con grandes luces y permite mejoras en las condiciones ambientales interiores, como en relación con la iluminación y la ventilación del espacio. Además, rompe con los paradigmas clásicos (arco, dintel, plano...) ofreciendo la posibilidad de crear diseños más orgánicos.

La base de su diseño formal y funcional está en su estabilidad estructural, que exige el mantenimiento de una tensión de tracción permanente en el material de la tela. ⁴ En la arquitectura textil la estructura y la forma están íntimamente ligadas por la combinación de elementos rígidos (vigas, postes, arcos) y elementos flexibles (lonas, membranas, cables).

Esta estabilidad estructural se puede conseguir mediante dos procesos:

Estructuras tensadas-traccionadas

Aplicando tensión de tracción desde el perímetro o desde puntos o líneas intermedias, que se tratarían de las estructuras tensadas-traccionadas. Son estructuras conformadas por una red de cables que sostienen la membrana, permitiendo el reparto de las tensiones de tracción a través del conjunto. ¹

Estructuras neumáticas

Aplicando presión de aire perpendicular y continua en toda la superficie, que serían las estructuras hinchadas o neumáticas. Se tratan de estructuras donde la membrana se sostiene gracias únicamente a la presión de aire. ¹

Por lo que se resume en dos únicos tipos de estructuras en el ámbito de la arquitectura textil; las estructuras tensadas-traccionadas y las estructuras neumáticas o hinchadas.

El presente trabajo se refiere a las estructuras tensadas que mezclan membranas y cables de acero para construir grandes cubiertas, cuyas principa-



Figura 2.3: Arquitectura Textil en estadios de fútbol. Estadio Bao'an. En 2011, Shenzhen, China.



Figura 2.4: Ejemplo de diseño orgánico de arquitectura tensada. Estadio Velódrome. En 2014, Marsella, Francia.

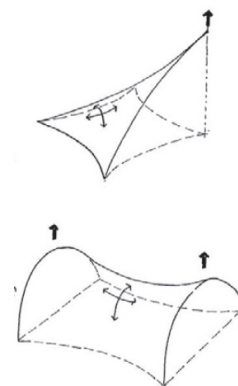


Figura 2.5: Diagramas de las tensiones aplicadas en un ejemplo de estructura tenso-traccionada.

Fuente: Introducción a la arquitectura textil. Juan Monjo Carrió.

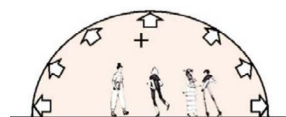


Figura 2.6: Diagrama de las presiones sobre la superficie de una estructura hinchada o neumática.

Fuente: TFG, Estructuras neumáticas. Habitar en situaciones de emergencia. UPM

1. FOSTER, B. Arquitectura textil : guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas. Madrid, 2009.

4. MONJO CARRIÓ, Juan. Introducción a la arquitectura textil: [cubiertas colgadas]. Madrid, 1991.

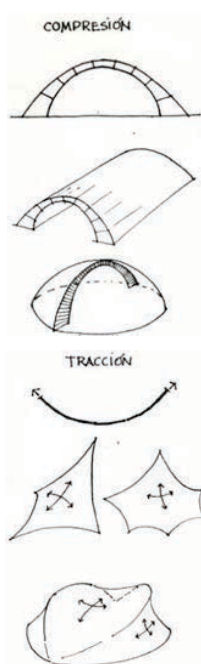


Figura 2.7: Diagramas de las tensiones aplicadas en la arquitectura textil.

Fuente: Introducción a la arquitectura textil. Juan Monjo Carrió.

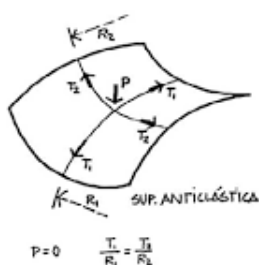


Figura 2.8: Diagramas de las tensiones aplicadas en un ejemplo de superficie anticlástica.

Fuente: Guía Europea de Diseño de Estructuras Superficiales Tensadas.

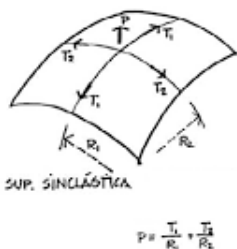


Figura 2.9: Diagramas de las tensiones aplicadas en un ejemplo de superficie sinclástica.

Fuente: Guía Europea de Diseño de Estructuras Superficiales Tensadas.

les características son la resistencia a tracción, la prefabricación y la maleabilidad de la forma.

Este tipo de estructuras gracias al uso de materiales textiles requieren de muy poco material. Las membranas textiles, al estirarse o tensarse, generan superficies que pueden aguantar las fuerzas o acciones aplicadas sobre ellas.

Se trata de una tipología cuya utilización va en aumento, y se caracteriza por aspectos como la producción de piezas industriales. Se destaca su uso en la construcción de grandes instalaciones deportivas, así como su empleo para cubrir grandes superficies como los estadios de fútbol.

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Para entender el funcionamiento de las soluciones arquitectónicas de arquitectura textil, es necesario comprender cómo se llega a esa estabilidad estructural del conjunto.

Para ello, se debe saber que la tela como una membrana sólo admite tracciones 4. La compresión no existe, pues se entiende como la ausencia de tracción. Esto llevaría a la aparición de las arrugas, las cuales son la evidencia de que la estructura no se encuentra bien tensada.

Es decir, la base del diseño formal de la arquitectura tensada está en su estabilidad estructural, que exige el mantenimiento de una tensión de tracción permanente en la membrana. Las membranas a tracción ayudan a tener mucha más superficie de cubierta con menos cantidad de material.

Otro aspecto fundamental es comprender la curvatura de las superficies. Como la tensión de estabilización es proporcional a la línea de curvatura, las superficies deberán caracterizarse por tener doble curvatura.

Las superficies pueden tener una curvatura sinclástica (estructuras hinchadas y soportadas por la presión del aire) o anticlástica (membranas pretensadas mecánicamente).

Curvatura anticlástica: Son aquellas en las que los centros de curvatura están situados en lados opuestos de la superficie. Se caracterizan por ser superficies con doble curvatura en cada punto y se encuentran siempre estabilizadas. Existen cuatro tipos comunes: cono, silla de montar, paraboloides hiperbólico y valles paralelos. ¹

Curvatura sinclástica: Son aquellas en las que los centros o la curvatura están en el mismo lado de la superficie. Se caracterizan por ser superficies sustentadas por inflado ¹, es decir, la presión del aire mantiene la forma de la cubierta cuando está tensionada. El tipo más común es una forma de cúpula.

Además, será necesaria la “pretensión” para estabilizar la tela en todas las direcciones y aportar la rigidez necesaria. El equilibrio de pretensión interno de las estructuras textiles está definido por las condiciones de borde de la membrana. Es decir, cada superficie será resultado de la elección de las condiciones del borde del material textil tensado.

“Se trata normalmente de un compromiso al elegir el nivel de pretensión lo suficientemente bajo como para reducir el trabajo efectuado durante la instalación, y lo bastante alto para mantener una pretensión suficiente después de las pérdidas por la fatiga del material de la membrana a lo largo del tiempo.”¹

Es decir, las estructuras textiles tienen en cuenta tres factores estructurales: la forma superficial, los niveles de pretensión y la deformación de la superficie.

MATERIALES TEXTILES

Antes de empezar se debe comprender la diferencia entre dos tipos de materiales textiles: las membranas y las láminas. Esta denominación al principio puede aparentar ser el mismo elemento, pero al hablar de la composición material existen diferencias.

Las membranas son de espesor constante, están formadas por un tejido base más un revestimiento y un acabado³. Mientras que las láminas son obtenidas por conformado de un solo material en masa.

Membranas textiles

Se componen de diferentes capas:

- Tejido: Determina fundamentalmente la resistencia de los materiales con revestimiento
- Revestimiento: Resina polimérica que recubre el tejido
- Acabado: Tratamiento de la superficie para el sellado o la impresión

Cuando el tejido y su revestimiento son porosos, se habla de membranas tipo “malla”.⁴ Mientras que en caso de que el tejido y su revestimiento constituyan una membrana impermeable se trata de una membrana tipo “lona”.

El tejido de la membrana se compone de dos direcciones de hilado (la trama y la urdimbre). Estas no son arbitrarias, pues la urdimbre debe situarse en dirección de los esfuerzos mayores.

Los distintos tipos de tejido que se emplean son poliéster, fibra de vidrio, PTFE (Polifluoretileno) y PVDF.

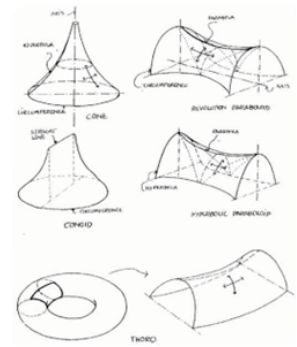


Figura 2.10: Diagramas de estructuras tensadas-traccionadas con curvatura anticlasticas.

Fuente: Introducción a la arquitectura textil. Juan Monjo Carrió.

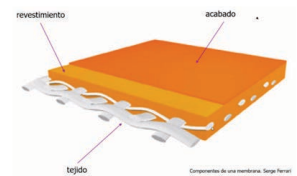


Figura 2.11: Sección de un tejido de poliéster con recubrimiento de PVC. Fuente: Serge Ferrari

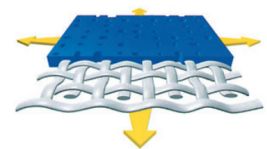


Figura 2.12: Sección de un tejido de poliéster con recubrimiento de PVC con las dos direcciones de hilado (trama y urdimbre). Fuente: Serge Ferrari

1. FOSTER, B. Arquitectura textil : guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas. Madrid, 2009.

3. GUZMÁN, Carlos César Morales. Prototipo de diseño de una cubierta retráctil tensada. Revista de Arquitectura (Bogotá), 2013

4. MONJO CARRIÓ, Juan. Introducción a la arquitectura textil: [cubiertas colgadas]. Madrid, 1991

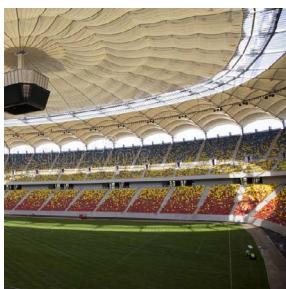


Figura 2.13: PES/PVC. Cubierta compuesta por una membrana textil de poliéster recubierto de PVC.

Cubierta retráctil del estadio Arena Nacional de Bucarest. 2011, Bucarest, Rumanía.

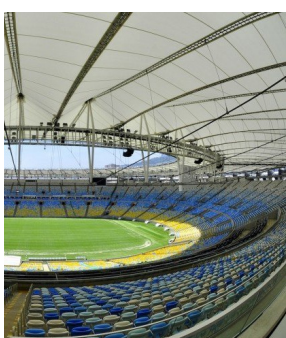


Figura 2.14: GLASS/PTFE. Cubierta compuesta por una membrana textil de fibra de vidrio recubierto de PTFE o teflón.

Cubierta tensada del estadio Maracanã. 2013, Río de Janeiro, Brasil.

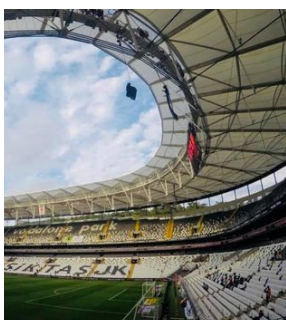


Figura 2.15: GLASS/SILICONE. Cubierta compuesta por una membrana textil de fibra de vidrio recubierto de silicona.

Cubierta tensada del estadio Vodafone Park. 2016, Estambul, Turquía.

El revestimiento se caracteriza por proteger los hilos de diferentes daños como pueden ser de los rayos UVA, la abrasión o inclemencias atmosféricas. Impermeabiliza la membrana contra la lluvia y la humedad atmosférica y proporciona material para las uniones selladas por calor.

Hay diferentes tipos de revestimientos:

- PVC como revestimiento de tejido de poliéster: PES + PVC

Son membranas elásticas, fáciles de instalar y pretensar sin dañarlas. Los PVC usados son hechos a partir de granza de PVC por emulsión o suspensión ², y para cumplir con los criterios de inflamabilidad se añaden aditivos retardadores, como óxido de antimonio, fosfatos, hidratos de aluminio, etc.

Material más económico y con una vida útil aproximada de 20 a 25 años ², ya que la migración de los plastificantes incorporados en su fabricación puede ir reduciendo su elasticidad y deteriorando sus características mecánicas.

No es recomendable su empleo en ambientes muy agresivos por contaminación o radiación UVA. En este caso se emplean acabados adicionales como barnices de recubrimiento de PVDF sobre el PVC ².

- PTFE (polifluoroetileno) como revestimiento de tejido de fibra de vidrio: GLASS + PTFE

El PTFE es un polímero especial con propiedades destacadas que no pueden obtenerse con la mayoría de los demás polímeros, y representa uno de los enlaces más resistentes de la química orgánica.

En condiciones normales no es inflamable, sólo deja de resistir al fuego si el ambiente contiene más de un 95% de oxígeno. Además, es resistente a los rayos UVA y la radiación IR, es decir no muestran envejecimiento debido a la incidencia de la radiación solar.

Se suelen emplear para necesidades de elevada resistencia mecánica y tienen un coste mayor debido a su dificultad de confección e instalación. La duración de vida es superior a 30 años, se trata de la mayor de todas las existentes en el mercado, y es autolimpiable con el agua de lluvia. ²

- Silicona como revestimiento de tejido de fibra de vidrio: GLASS + Silicona

Ocasionalmente puede servir como revestimiento de tejido de poliéster.

Las gomas de silicona combinan elasticidad y resistencia mecánica en una gran variedad de temperaturas (de -50°C a +200°C), incluso en condiciones atmosféricas agresivas. ²

2. PARRA, J. T. Construir con membranas. Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción, n. 36, p. 4-19, 2011. ISSN 1136-0062.

Se caracterizan por determinados factores que limitan su uso, como el hecho de que se cargan de electricidad estática con facilidad, lo que ensucia su superficie.

Además, su confección se limita al uso de cintas termofusibles, adhesivos o a la costura, ya que la silicona no es termosoldable y se suelda por vulcanización.

Se trata de un material ideal para uso en interiores y con mayor facilidad de manejo, comparados con los tejidos recubiertos con PTFE.

- Fluoropolímeros como revestimiento de tejido de PTFE o PVDF

Son polímeros basados en fluorocarbonos, que sólo contienen Flúor y Carbono, enlazados en cadenas muy resistentes a las fuerzas de Van der Waals. Se caracterizan por su antiadherencia, resistencia a ensuciarse y la reducción de fricción en su superficie ².

Existen gran variedad de ellos, los más comunes en membranas textiles son: PVF, PVDF, PTFE y FEP, bajo nombres comerciales como Tedlar, Kynar, Teflon, etc.

Fluoropolímero como revestimiento del PTFE

Se usan desde hace relativamente poco tiempo, uso ideal para cubiertas plegables. Se caracterizan porque poseen una transmisión luminosa muy elevada, hasta el 55%. Esta cualidad la mantienen con el paso del tiempo dada su buena resistencia al ensuciamiento. Algunos se sueldan por alta frecuencia, el resto por calor más presión y cintas termofusibles, ² y tienen un elevado coste, por ahora es una solución inviable debido a su precio en el mercado.

Fluoropolímero como revestimiento del PVDF

Se usan desde hace relativamente poco tiempo, uso ideal para interiores. Se caracterizan porque poseen una transmisión luminosa muy elevada, hasta el 87%. ² Esta cualidad la mantienen con el paso del tiempo dada su buena resistencia al ensuciamiento. Se sueldan por calor más presión y cintas termofusibles, y tienen un elevado coste, por ahora es una solución inviable debido a su precio en el mercado

El acabado se aplica a las capas externas como un lacado con el fin de asegurar una buena limpieza, un buen deslizamiento y procesado, y ofrecen una barrera eficaz frente a la dispersión del plastificante y las inclemencias atmosféricas.

Los distintos acabados empleados son:

- Barnices acrílicos, PVDF/mezclas acrílicas, PVDF puro (Fluoruro de polivinilideno) o PVF (fluoruro de polivinilo) para tejidos de poliéster recubiertos de PVC (PES + PVC)



Figura 2.16: PES/PVDF. Cubierta compuesta por una membrana textil de poliéster recubierta de PVDF (Kynar).

Cubierta tensada del estadio Olympiakos. 2004, Grecia, Atenas.

2. PARRA, J. T. Construir con membranas. Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción, n. 36, p. 4-19, 2011. ISSN 1136-0062.



Figura 2.17: PES/PVC + TiO₂. Cubierta compuesta por una membrana textil de poliéster recubierta de PVC y con acabado de TiO₂.

Cubierta tensada del estadio Mercedes Benz Arena. 2011, Stuttgart, Alemania.



Figura 2.18: GLASS/PTFE + TiO₂. Cubierta compuesta por una membrana textil de fibra de vidrio recubierta de PTFE (teflón) y con acabado de TiO₂.

Cubierta tensada del estadio Mineirão. 2013, Belo Horizonte, Brasil.



Figura 2.19: ETFE. Cubierta compuesta por una lámina textil de ETFE de una sola capa.

Cubierta tensada del estadio HDI Arena. 2005, Hannover, Alemania.

Proporcionan una buena resistencia y una menor erosión durante el envejecimiento ².

- FEP (Copolímero fluoroetilenopropileno) para tejidos de fibra de vidrio recubiertos con PTFE (GLASS + PTFE)

Favorecen la impermeabilización, la resistencia a los hongos ² y la soldadura.

- Barnices TiO₂ para membranas de PVC, PTFE y ETFE

Desarrollado recientemente, el TiO₂ (dióxido de titanio) provoca una reacción foto catalítica en la superficie de la membrana ², que mediante la luz ultravioleta del sol y la condensación sobre ella, descompone y elimina la suciedad depositada.

Láminas textiles

Se componen de un único material en masa. En la actualidad se emplean sobre todo dos materiales básicos:

- PVC (Cloruro de polivinilo) para uso interior.

Es adaptable a casi cualquier forma al no tener tejido interior, por lo que es muy elástico y deformable ², recupera su forma inicial.

Se usa en falsos techos, cajas de luz y otros revestimientos de interior. Permiten un acabado impecable sobre cualquier techo existente. Son impermeables al agua, al polvo y a las fibras.

- ETFE (Etileno tetrafluoretileno) para uso exterior.

El ETFE es un copolímero de etileno y tetrafluoretileno, que tiene muy buena resistencia química.

Las láminas de ETFE permiten una translucidez de hasta un 90%, alta absorción de la radiación, baja absorción de los rayos UVA y una luz natural que proporciona una ventaja asociada para usos como estadios con hierba. ² Una ventaja es que es antiadherente, y por tanto, autolimpiable con el agua de lluvia.

El ETFE no posee tejido interior, por lo que se emplea en módulos de cubiertas neumáticas o pequeñas cubiertas tensadas. Su coste es mayor debido a su difícil confección y a su soldadura mediante calor más presión.

Mallas de cables de acero

Se trata de una retícula de cables dispuestos en dos direcciones, que conforman una estructura a la que se le añade un cerramiento textil u otro material.

Las primeras cubiertas textiles no eran necesariamente textiles, sino que se construyeron con mallas de cables revestidas con distintos materiales, como acero, madera, pizarra, hormigón u otros tejidos.

CONFECCIÓN DE LAS MEMBRANAS

La tecnología empleada en la fabricación y montaje de las estructuras textiles es más compleja y menos conocida que la de los sistemas para cubiertas convencionales.

La ejecución de una estructura de membrana tiene que ser controlada en todas las fases del proceso: proyecto e ingeniería, mediciones y presupuesto, planos de taller, confección, montaje, monitorización y mantenimiento de las obras.

En las estructuras textiles es imprescindible la exactitud en las dimensiones de fabricación de los materiales, puesto que cualquier mínimo error impedirá la correcta pretensión de la membrana, y con ello la aparición de pliegues o arrugas.

Para la confección de la membrana será necesario patronar, es decir dividirla en una serie de piezas conformadas individualmente y unidas entre sí, llamadas patrones.

El patronaje debe seguir criterios de adaptación a las líneas de máxima tensión de la cubierta para aprovechar las características del material, pero también por criterios estéticos, ya que resulta muy visible desde el interior porque las soldaduras tienen dos capas de tejido (50% de translucidez).

Los patrones de corte de la membrana se deben sacar del modelo “en pretensión” de la estructura y deberán compensarse. Esto consiste en reducir con determinados porcentajes en las dos direcciones (urdimbre y trama) para favorecer la tensión idónea para el pretensado de la membrana.

Para determinar los “valores de compensación” que se aplican a los patrones de corte, se usan ensayos biaxiales.² El ensayo debe hacerse sobre la misma partida de tejido que se usará en obra.



Figura 2.20: Cubierta compuesta por una malla bidireccional de cables.

Cubierta tensada del estadio olímpico de Múnich. 1972, Múnich, Alemania.

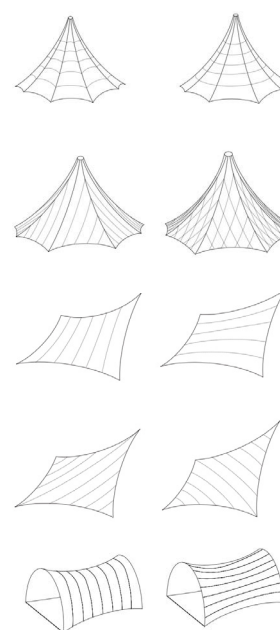


Figura 2.21: Direcciones principales de la tensión y del patronaje en conoides, paraboloides e hiperboloides.

Fuente: Construir con membranas, Javier Tejera.

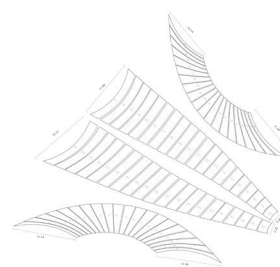
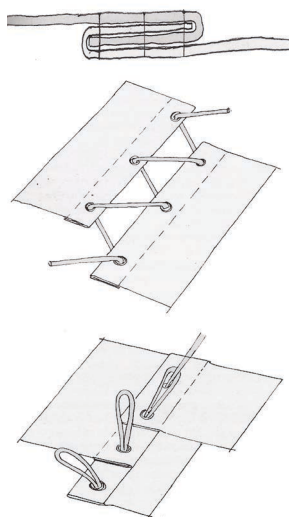


Figura 2.22: Ejemplo de patronaje de un proyecto.

Fuente: Elaboración propia en la asignatura del taller de arquitectura textil.



Figuras 2.23: Croquis de una unión cosida. Doble pliegue. Fuente: Guía Europa de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas.

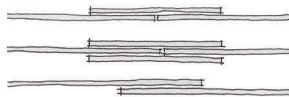
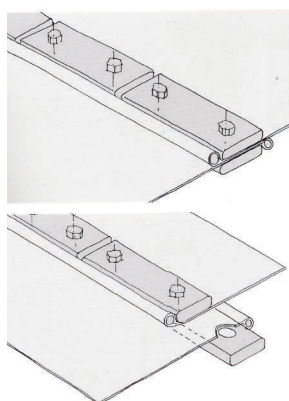


Figura 2.24: Croquis de una uniones soldadas. Fuente: Guía Europa de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas.



Figuras 2.25: Croquis de una uniones mediante pletinas. Fuente: Guía Europa de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas.

El taller de confección dispone de una maquinaria especializada (plóter de corte, maquinaria de soldadura por alta frecuencia para PVC) y espacio suficiente para el desarrollo completo de las cubiertas y su manipulación. Los tejidos de los patrones se fabrican con anchuras que varían entre los 2-5m, pues el plóter no acepta anchos de paños mayores.

Uniones entre patrones

Las uniones de los patrones de las membranas pueden ser de cuatro tipos: cosidas, soldadas, pletinas o mediante adhesivos, siendo las más habituales la soldadura y las pletinas, que son las únicas que confieren impermeabilidad.

El cosido es el método más antiguo, son flexibles y por lo tanto adecuadas en estructuras de membranas plegables. En soluciones impermeables, las costuras tienen que estar impregnadas o protegidas.¹

La soldadura es la técnica más usada, porque confiere la impermeabilidad del conjunto. Lo que se suelda es el revestimiento y no el tejido. Hay dos técnicas de soldeo: por calor para protección con PTFE y de alta frecuencia para poliéster con protección de PVC.¹

Las pletinas son perfiles metálicos encargados de la unión de dos paneles mediante empresillado en todo su perímetro.

Los tejidos revestidos con silicona tienen que unirse mediante adhesivos, mientras que los protegidos con elastómero se unen por vulcanización.¹

Para determinar los anchos de soldadura se deben hacer ensayos de resistencia de la unión para cada lote de material. Este ancho depende del material empleado en la cubierta. Por ejemplo, para el poliéster recubierto de PVC (PES/PVC) serán unos anchos de uniones entre 40mm y 100mm.¹

Bordes de membrana

La propia superficie tensada es el elemento principal de la estructura de cubierta textil de una membrana. Esta se mantiene en equilibrio gracias a las diferentes soluciones perimetrales, como cordones o cables textiles. En este tipo de arquitectura es importante controlar las condiciones perimetrales pues contienen los esfuerzos procedentes de las membranas. Estas pueden ser rígidas o flexibles.¹

La curvatura de la forma proporciona estabilidad estructural y rigidez en las membranas tensadas. A mayores radios, esfuerzos más grandes en la membrana, lo cual es válido para los esfuerzos de los cables perimetrales. A mayor curvatura, menor esfuerzo se desarrollará como resultado de las

1. FOSTER, B. Arquitectura textil : Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Madrid, 2009.

2. PARRA, J. T. Construir con membranas. Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción, n. 36, p. 4-19, 2011.

fuerzas aplicadas. Con menores esfuerzos se obtienen estructuras más ligeras. A esto hay que añadir que se deben evitar grandes áreas planas, puesto que pueden ser susceptibles de “flameo” producido por el viento, y también de grandes deformaciones bajo cargas de viento y nieve.¹

Bordes flexibles

Estas condiciones de perímetro se caracterizan por ser libres, con todos los grados de libertad.¹ Se tratan de bordes donde el elemento que acumula las grandes cargas es un cable de acero.

Para cubiertas con poca carga se pueden emplear cables de pequeño diámetro, introducidos en un bolsillo confeccionado como un borde continuo de la membrana.¹ Esta solución recibe el nombre de relinga flexible. Sin embargo, para cubiertas de grandes luces será necesario sacar dicho cable al exterior y unirlo a intervalos con la membrana mediante unas pletinas lineales, que refuerzan el borde de esta.²

Bordes rígidos

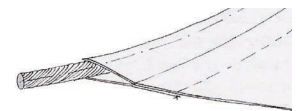
Estas condiciones de borde se caracterizan por tener un pretensado uniforme y un grado de libertad, la membrana sólo puede deslizarse en la dirección del borde. Estos pueden ser curvos o poligonales.

La solución más eficaz se trata de un anillo circular que acumule la tensión uniforme del perímetro de la membrana, generando compresión axial en su interior.¹

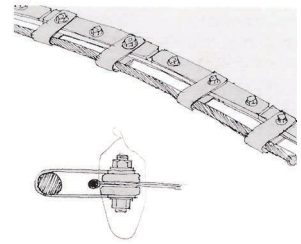
Algunas soluciones pueden ser confeccionar un bolsillo en el que se introduce un tubo con resistencia a flexión, que se ancla a la estructura. Un cordón semirrígido que se encarrila en perfiles de aluminio extruido, que se une a intervalos mediante ollaos a la membrana.¹ El borde pretensado, compuesto por una pletina que se atornilla a la estructura permitiendo el empresillado de la membrana.²

Las dos últimas no son recomendables porque en la de bordes pretensados los anclajes unen rígidamente la membrana a la estructura y en la de cordón semirrígido se transfieren cargas puntuales a la membrana pudiendo generar arrugas, concentración de tensiones y roturas (ollaos, acordonados, etc.).²

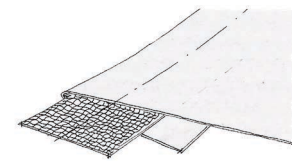
Los arcos son idóneos como soportes lineales rígidos de membrana internos, y son útiles también para crear conexiones estructurales y sellado estanco entre paños de membrana continuos. Es un elemento comprimido que constituye una configuración mínima, pues proporciona una solución eficaz para contrarrestar la tensión de la membrana desde el punto de vista técnico y estético.¹



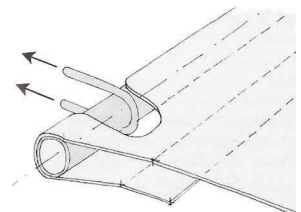
Cable en dobladillo.



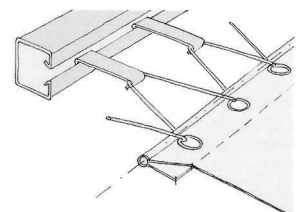
Cable exterior grapado.



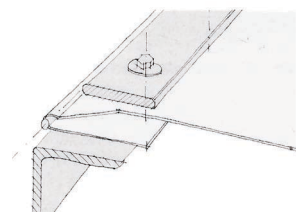
Cinta exterior de refuerzo.



Tubo en bolsillo para cable.



Borde de membrana con ollaos.



Borde pretensado con pletinas.

Figuras 2.26: Croquis de los tipos de bordes flexibles (3 detalles superiores) y bordes rígidos (3 detalles inferiores). Fuente: Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas.

1. FOSTER, B. *Arquitectura textil: guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas*. Madrid, 2009.

2. PARRA, J. T. *Construir con membranas. Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción*, n. 36, p. 4-19, 2011. ISSN 1136-0062.

Metodología

En cuanto al proceso del trabajo, se realiza en diversas etapas. En primer lugar, se procede a una contextualización de las cubiertas tensadas en el ámbito deportivo. Se estudian los orígenes, la composición de los materiales, las uniones entre las membranas, la fabricación, instalación y mantenimiento y se analizan las posibles soluciones arquitectónicas que la arquitectura textil nos puede ofrecer.

En esta parte cobra especial importancia el libro la Guía europea de diseño de estructuras superficiales tensadas de Brian Foster, Marijke Mollaert y Juan Monjo Carrió ¹ en el que desarrolla un resumen general de las características de las estructuras textiles y las decisiones a tomar en el diseño de esta arquitectura.

Además, también será útil el empleo de los apuntes de elaboración propia escritos a partir de la asignatura cursada del taller experimental de Arquitectura Textil impartido por Javier Tejera y Juan Monjo Carrió.

A continuación, para el entendimiento y primer acercamiento a estas estructuras, se realiza una cronología de todos los estadios de fútbol con una cubierta compuesta a partir de elementos tensados. Esto nos proporcionará el atlas de los 120 estadios vinculados a la arquitectura textil de membrana, los cuales se construyeron desde el 1975 hasta la actualidad.

Más tarde, se eligen y dibujan las cubiertas de los 20 estadios analizados en profundidad. Se tratan de los ejemplos más conocidos, así como se tiene en cuenta que tengan diferencias entre sus comportamientos estructurales. Se concluye con unos dibujos de elaboración propia en los que se explica qué partes componen cada estructura de membrana textil y cómo es su funcionamiento.

A partir de esta metodología, se describen las primeras conclusiones tipológicas según las características analizadas. Se dibujan esquemas de los diferentes tipos y subtipos hallados, representando qué esfuerzos (tracción o compresión) intervienen en cada elemento.

Antes de empezar con la descripción de cada tipo estructural, es necesario mencionar que los dibujos o esquemas se han inspirado en el método gráfico que aparece en el libro de Heinrich Engel, *Sistemas de estructuras* ³. Este procedimiento aporta claridad gráfica y ayuda a la comprensión de los esfuerzos y elementos que componen el conjunto.

1. FOSTER, B. *Arquitectura textil : guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas*. Madrid, 2009.

2. PARRA, J. T. *Construir con membranas. Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción*, n. 36, p. 4-19, 2011. ISSN 1136-0062.

3. ENGEL, H. *Sistemas de estructuras*. Madrid, 1970.

Posteriormente, para comprobar la efectividad de esa clasificación, se realiza una tabla resumen con los 120 estadios del atlas, caracterizados por tener un cerramiento a partir de una membrana tensada. Se analizan de manera más general el funcionamiento de sus cubiertas para proceder a su tipificación, así como los datos que describen cada proyecto, como arquitecto, ubicación, año de construcción, estado, geometría, dimensiones o tipo de material de membrana textil.

Estos datos se obtienen a partir de fuentes, tanto de recursos informáticos como de fotografías y videos. Estos últimos han permitido deducir las dimensiones en los casos en los que ha sido imposible la extracción de estos datos.

Otro aspecto relevante es la utilización de la documentación gráfica disponible, principalmente planos, ya sean plantas o secciones, pertenecientes a los distintos arquitectos de los casos de estudio.

Tras esta tabla resumen, se realiza un análisis en forma de 120 fichas técnicas para cada estructura. A continuación se adjunta el ejemplo de ficha generado de elaboración propia.

ESTADIO Arquitecto: Ubicación: Año de construcción:		Estructura cubierta:		TIPO: SUBTIPO:	
Localización		S. cubierta		DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA CUBIERTA TENSADA Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	
Geometría		Long y Ancho			
Capacidad		Ejes radiales			
Altura		$L_{m\acute{a}x}$ y $L_{m\acute{i}n}$			
Retráctil		Material textil			
IMAGEN DEL ASPECTO EXTERIOR DE LA CUBIERTA DEL ESTADIO DE FÚTBOL		ESQUEMA DEL TIPO Y SUBTIPO ADJUDICADO			
IMAGEN DEL INTERIOR DE LA CUBIERTA DEL ESTADIO DE FÚTBOL					

Gracias a todo ello, se conseguirá el principal objetivo del presente trabajo, es decir, la clasificación de elaboración propia final en tipos y subtipos de las cubiertas tensadas de los estadios de fútbol, atendiendo fundamentalmente a su estructura, construcción y composición.

Para concluir, sumándose a la tipología final de elaboración propia, se genera una discusión o análisis comparativo entre los diferentes tipos de estructuras tensadas característicos de las cubiertas de los estadios de fútbol.

La discusión estará apoyada por gráficas elaboradas a partir de la herramienta Excel y de la tabla resumen de los 120 estadios, situada en el apartado de anejo del trabajo de investigación.

Casos de estudio

EVOLUCIÓN DE LAS CUBIERTAS TENSADAS PARA INSTALACIONES DEPORTIVAS

¿Por qué estadios de fútbol?

Las cubiertas deportivas suponen un dilema constructivo importante al tener luces tan grandes, pero que son fácilmente resueltas gracias a la arquitectura textil.

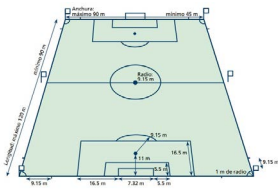
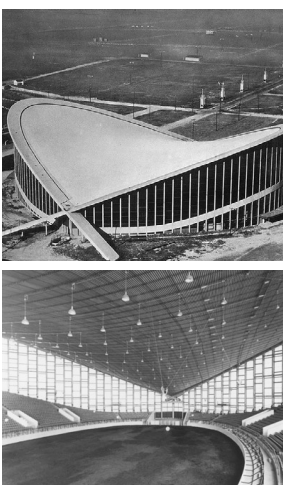


Figura 4.1.1: Medidas de un campo de fútbol.
Fuente: Goal.com

Básicamente el fútbol es un deporte que siempre ha llevado ligado a él un campo de ciertas dimensiones, en partidos internacionales serán una longitud de 100 – 110m y un ancho mínimo de 64m y máximo de 75m. Al tratarse de la actividad más popular a nivel mundial en la actualidad, tanto como pasatiempo como a nivel social, fue necesaria la creación de estadios de fútbol que permitieran el disfrute del espectador.

Se tratan de edificaciones que ofrecen cobijo y deben cumplir con las necesidades y comodidad de los usuarios, las cuales son cada día más exigentes. Aunque la mayor parte del público apenas son conscientes del diseño y la exactitud en su montaje.

Figura 4.1.2: Exterior e interior de la cubierta del estadio Raleigh Livestock Arena, 1952, Carolina del Norte.



Cronología

Los antecedentes de la arquitectura textil se remontan al siglo XIX con las tiendas de los pueblos nómadas o las carpas de los artistas trashumantes. Un ejemplo sería Chapiteau, una tienda de hasta 50 m de diámetro, hecha de lino o lona de cáñamo tejida a máquina ⁵.

Pero el origen de las cubiertas tensadas en estadios de fútbol parte de la posibilidad de construir superficies de doble curvatura en forma de silla de montar. Uno de los primeros ejemplos es el Raleigh Livestock Arena en Carolina del Norte, en 1952. Esta cubierta consiste en una malla bidireccional de cables que salvan una luz de 95m entre un par de arcos, con una inclinación de 20° sobre la horizontal. ¹

Se empieza a observar dos de las características imprescindibles en la arquitectura tensada: La doble curvatura de la superficie generada por la ma-

1. FOSTER, B. Arquitectura textil : guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas. Madrid, 2009.
5. HINCAPIÉ LÓPEZ, Jhon, et al. Arquitectura tensada: evolución y aplicaciones. 2021.



Figura 4.1.8: Detalle de la malla bidireccional de cables del pabellón Alemán para la Expo. de Montreal, 1967, Frei Otto.

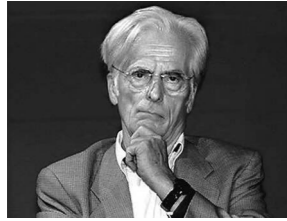


Figura 4.1.3: Fotografía de Frei Otto, padre de la arquitectura tensada.

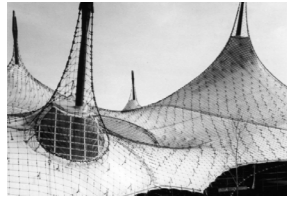


Figura 4.1.4: Pabellón Alemán para la Expo. de Montreal, 1967, Frei Otto.



Figura 4.1.5: Estadio para los Juegos Olímpicos de Múnich, 1972, Frei Otto.



Figura 4.1.6: Pabellón de Estados Unidos para la Expo. de Osaka, 1970.



Figura 4.1.7: Cubierta retráctil del estadio olímpico de Montreal, 1976, Roger Taillibert.

1. FOSTER, B. Arquitectura textil : guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas.

Madrid, 2009.

lla bidireccional de cables y el trabajo conjunto del perímetro para contener los esfuerzos.

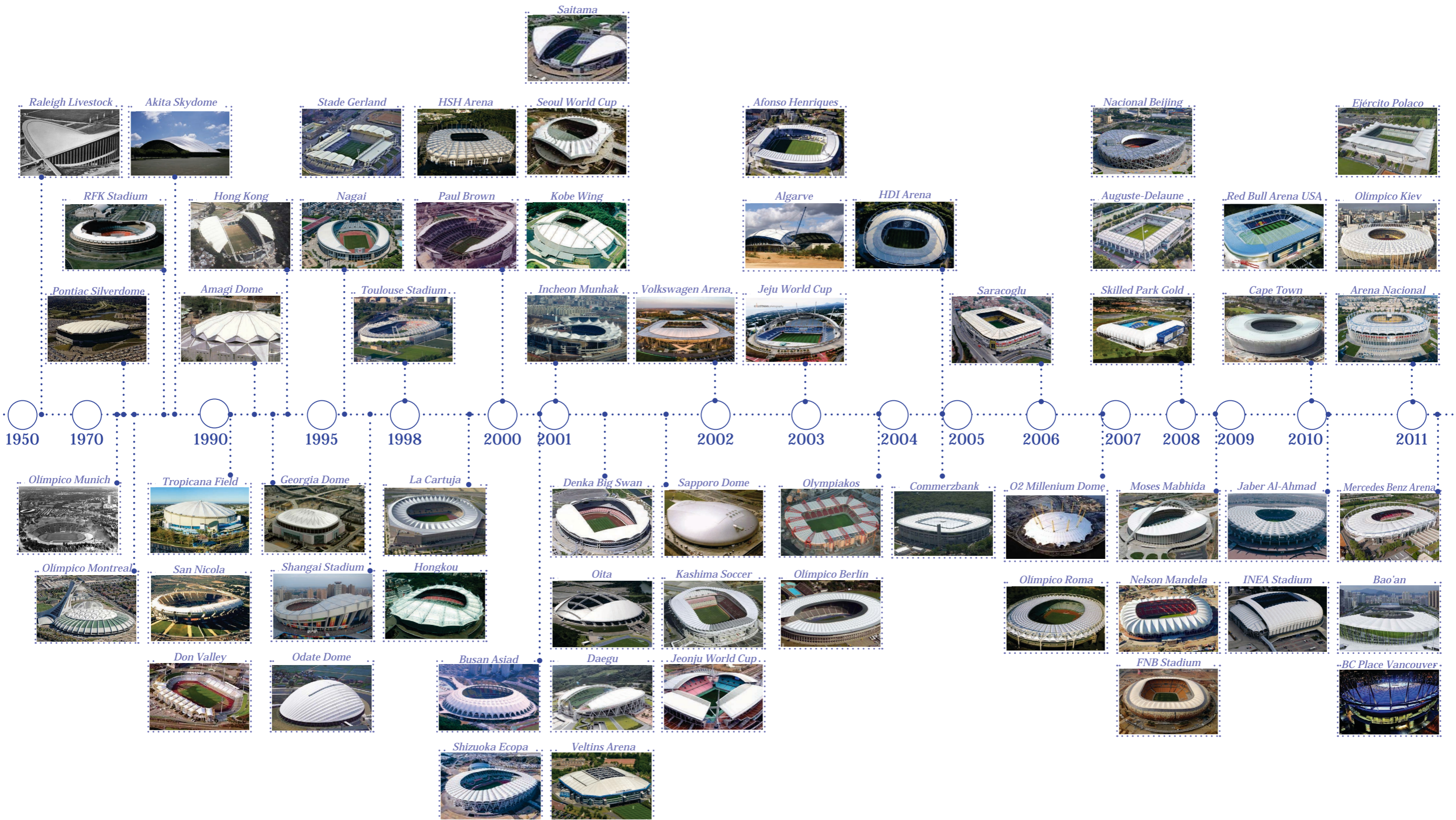
En Europa, no se puede hablar de arquitectura tensada sin mencionar al arquitecto Frei Otto, porque lidera el estudio de las estructuras tensadas y ligeras. Diez años después de la construcción del Raleigh Livestock, desarrolló sus conocimientos sobre cubiertas de forma libre y de doble curvatura para algunas exposiciones, como la de Lausanne en 1964¹. Su primera cubierta de cables fue el Pabellón Alemán para la Expo. de Montreal en 1967. Se trata de una cubierta de malla de cables, de planta irregular, colgada desde unos mástiles. Se trataba de 10.000m² de tela de poliéster de PVC tensada y soportada por la red de cables¹.

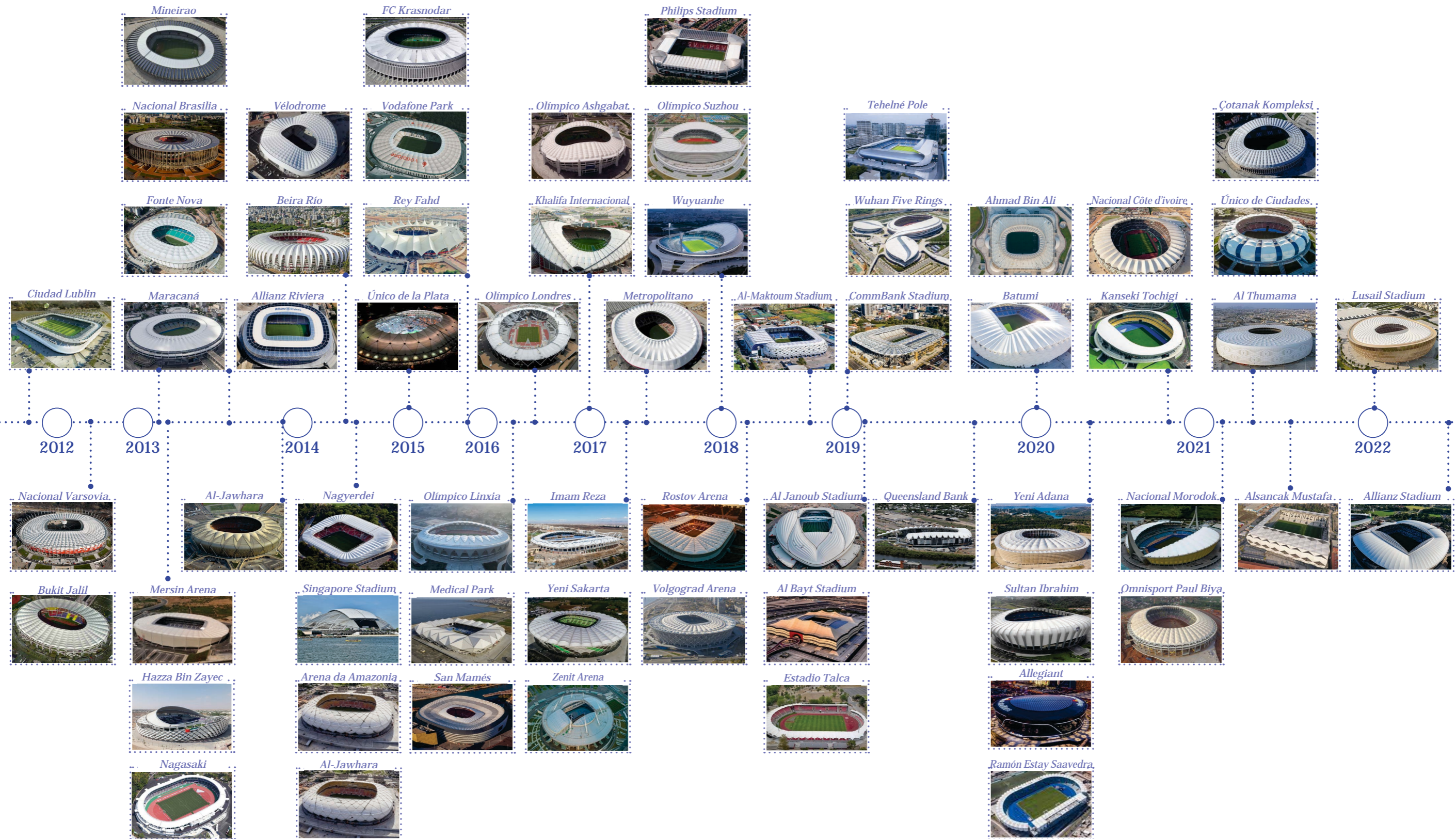
Pero la primera cubierta de Frei Otto de malla de cables para instalaciones deportivas fue la de los Juegos Olímpicos de Múnich de 1972. Se trata de una cubierta que cubre todo el espacio, tanto el estadio, las pistas y las piscinas. Esta compuesta por una red de cables cuyos orificios estaban recubiertos por tejido de poliéster recubierto de PVC¹. Desde los mástiles partían los cables de acero que se tensaban para soportar la superficie de la cubierta. Este proyecto supuso el paso de los ensayos con maquetas a los métodos por ordenador para justificación del comportamiento estructural.

En Estados Unidos, se construyó en 1970 el Pabellón de Estados Unidos en la Expo. de Osaka. Eran casi 300m de longitud y estaba sujeto por aire¹. Hicieron una malla de cables y la tela ocupaba una parte mucho más pequeña, con lo que tiene menor grado de curvatura.

Para los Juegos Olímpicos de 1976 se construyó el estadio olímpico de Montreal por Roger Taillibert. Constituyó la primera cubierta retráctil de tela de poliéster recubierta de PVC, con 26 puntos en suspensión y 17 cables de borde anclados a la estructura principal de hormigón.

Hasta ese momento las membranas técnicas aún no estaban desarrolladas, y no se tenía confianza en los materiales textiles sin un soporte estructural metálico. Pero la evolución de la arquitectura tensada a partir del año 2010 ha sido exponencial, y su utilización va en aumento. Esto se demuestra tras la construcción de 6 de los 8 estadios de fútbol mediante tensoestructuras para el último mundial de fútbol de Catar en 2022.





1975

Pontiac Silverdome



Olimpico Montreal



RFK Stadium



Akita Skydome



1990

Tropicana Field



Don Valley



San Nicola



Amagi Dome



Georgia Dome



Hong Kong



1995

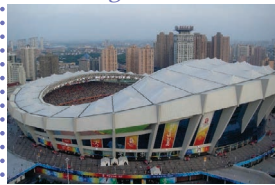
Stade Gerland



Nagai



Shangai Stadium



Odate Dome



Toulouse Stadium



Hongkou



2000

La Cartuja



Paul Brown



HSH Arena



2001

Busan Asiad



Shizuoka Ecopa



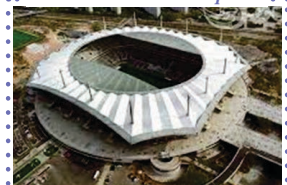
Kobe Wing



Incheon Munhak



Seoul World Cup



Saitama



Denka Big Swan



Oita



Daegu



Veltins Arena



Sapporo Dome



Jeonju World Cup



Kashima Soccer



2002

Volkswagen Arena

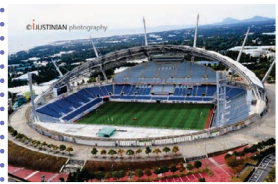


2003

Afonso Henriques



Jeju World Cup

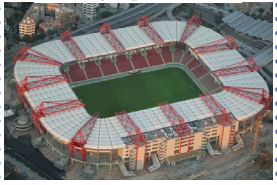


Algarve



2004

Olympiakos



Olímpico Berlín



2005

Commerzbank



HDI Arena



2006

Saracoglu



2007

O2 Millenium Dome



Olimpico Roma



2008

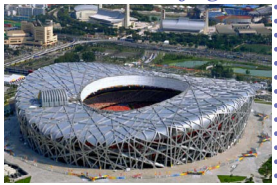
Skilled Park Gold



Auguste-Delaune



Nacional Beijing



2009

FNB Stadium



Moses Mabhida





Beira Rio



Singapore Stadium



Arena da Amazonia



Nagyerdei



Al-Jawhara



2015

Único de la Plata



2016

FC Krasnodar



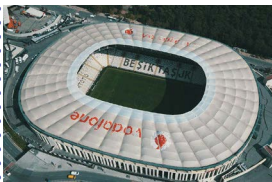
Rey Fahd



Olimpico Londres



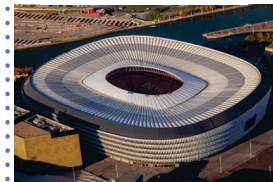
Vodafone Park



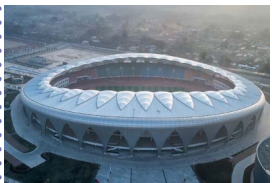
Medical Park



San Mamés



Olimpico Linxia



2017

Khalifa Internacional



Olimpico Ashgabat



Yeni Sakarta



Imam Reza



Metropolitano

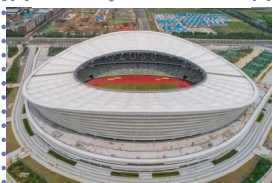


Zenit Arena



2018

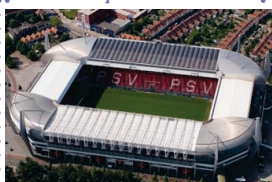
Olimpico Suzhou



Wuyuanhe



Philips Stadium



Volgograd Arena



Rostov Arena



Al-Maktoum Stadium 2019



CommBank Stadium



Tehelné Pole



Estadio Talca



Al Bayt Stadium



Al Janoub Stadium



Queensland Bank



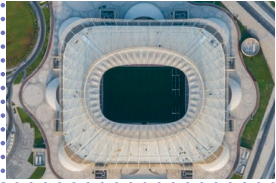
Wuhan Five Rings 2020



Batumi



Ahmad Bin Ali



Allegiant



Sultan Ibrahim



Ramón Estay Saavedra



Yeni Adana



Kanseki Tochigi



Nacional Côte d'ivoire 2021



Único de Ciudades



Nacional Morodok



Omnisport Paul Biya



Çotanak Kompleksi



Al Thumama



Alsancak Mustafa 2022



Lusail Stadium



Allianz Stadium

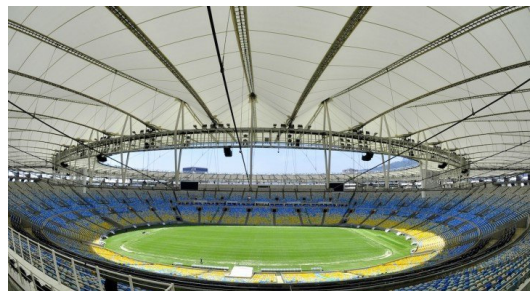


ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE 20 ESTADIOS

Para el entendimiento y primer acercamiento a estas estructuras, se realiza una serie de dibujos de elaboración propia de las cubiertas de 20 estadios. En estos se explica qué partes componen cada estructura de membrana textil y cómo es su funcionamiento. Así, se obtendrán las primeras conclusiones tipológicas según las características analizadas.

Todas las cubiertas desarrolladas destacan por ser tensoestructuras que se componen de una serie de cables de acero que tensan las membranas textiles y adquieren esa doble curvatura para aportar estabilidad. Cada estadio aporta una solución diferente e innovadora, pero con ciertas similitudes, para conseguir cubrir el máximo aforo posible.

ESTADIO MARACANÁ



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No

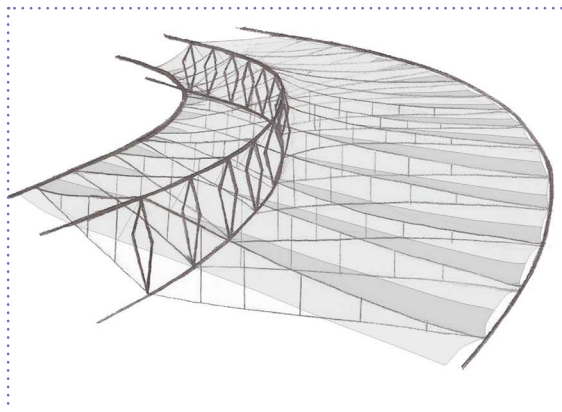


Figura 4.2.1: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Maracanã

Figura 4.2.2: Interior de la cubierta textil del estadio Maracanã

Figura 4.2.3: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Maracanã. Elaboración propia

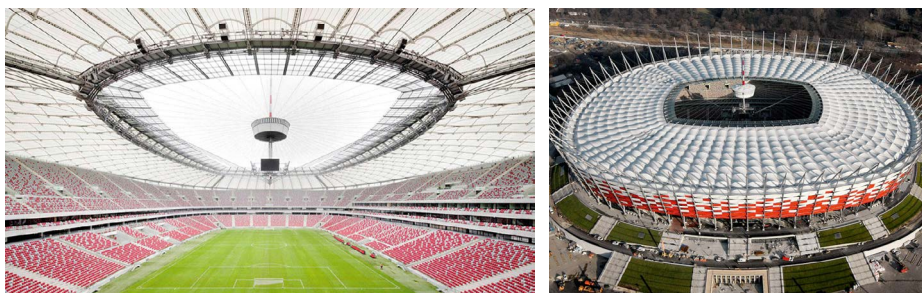
Cubierta que se caracterizó por un sistema equilibrado de fuerzas a partir de anillos en suspensión. El anillo de compresión exterior y los tres anillos interiores de tracción se unen mediante una red de cables de acero radiales, separados por unos pilares flotantes.

Figura 4.2.4: Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Varsovia

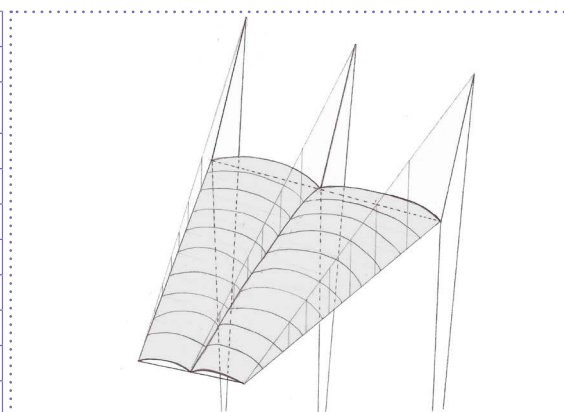
Figura 4.2.5: Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Varsovia

Figura 4.2.6: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio nacional de Varsovia. Elaboración propia

ESTADIO NACIONAL DE VARSOVIA

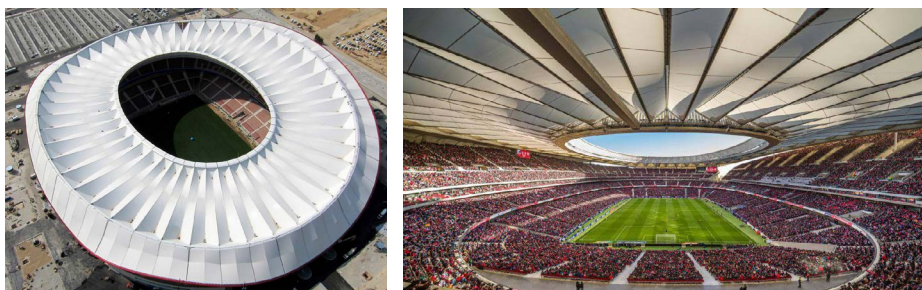


Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Cubierta basada en anillos en suspensión. El perímetro consta de 72 mástiles fijados a los cables radiales, que unen el anillo de compresión exterior con el anillo de tracción interior. Membrana retráctil sobre cables radiales.

ESTADIO CÍVITAS METROPOLITANO



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No

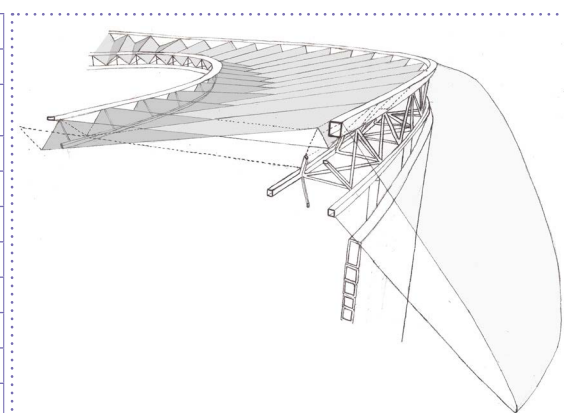


Figura 4.2.7: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Cívitas Metropolitano

Figura 4.2.8: Interior de la cubierta textil del estadio Cívitas Metropolitano

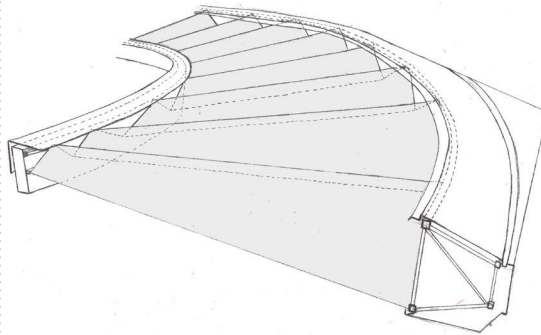
Figura 4.2.9: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Cívitas Metropolitano. Elaboración propia

Cubierta compuesta por un sistema de anillos en suspensión mediante una red de cables. Anillo exterior de compresión de cuatro cordones unido al anillo interior de tracción mediante cables colocados en forma de zig zag, concurren a diferentes alturas.

ESTADIO LA CARTUJA

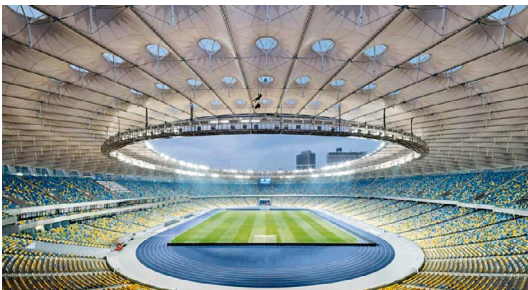


Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No

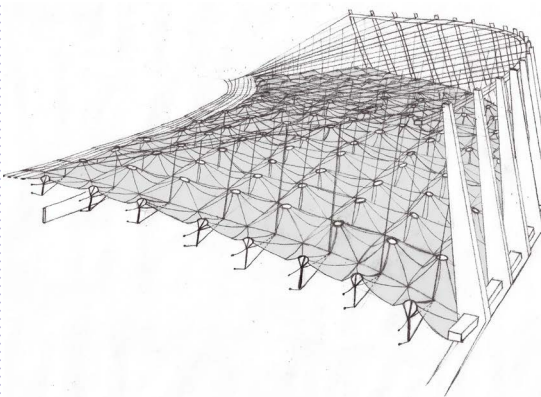


Cubierta compuesta por un sistema de anillos en suspensión suspendidos únicamente por cables. Anillo exterior de compresión de cuatro cordones, cables radiales alternos en la cresta (superior) y en el valle (inferior) y un único anillo de tensión interior.

ESTADIO OLÍMPICO DE KIEV



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Cubierta basada en el sistema de anillos en suspensión. Dos anillos exteriores de compresión, un anillo interior y cables de acero radiales superiores e inferiores que soportan los mástiles flotantes, que permiten abrir las 640 claraboyas cubiertas por una lámina de ETFE de una sola capa.

Figura 4.2.10: Aspecto exterior de la cubierta del estadio La Cartuja

Figura 4.2.11: Interior de la cubierta textil del estadio La Cartuja

Figura 4.2.12: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio La Cartuja. Elaboración propia.

Figura 4.2.13: Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Kiev

Figura 4.2.14: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Kiev

Figura 4.2.15: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio olímpico de Kiev. Elaboración propia.

Figura 4.2.16: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Rey Fahd

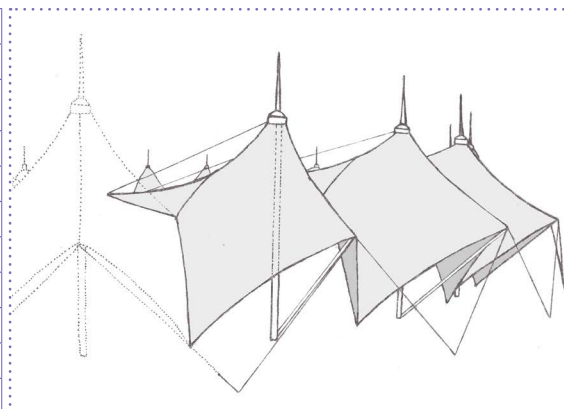
Figura 4.2.17: Interior de la cubierta textil del estadio Rey Fahd

Figura 4.2.18: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Rey Fahd. Elaboración propia

ESTADIO REY FAHD



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Disposición de 24 mástiles empotrados al suelo y estabilizados a través de un anillo de cables y tirantes diagonales. Además, contiene un anillo de cables de tracción interior y unas barras inclinadas unidas a tirantes estabilizadores exteriores.

ESTADIO FONTE NOVA



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No

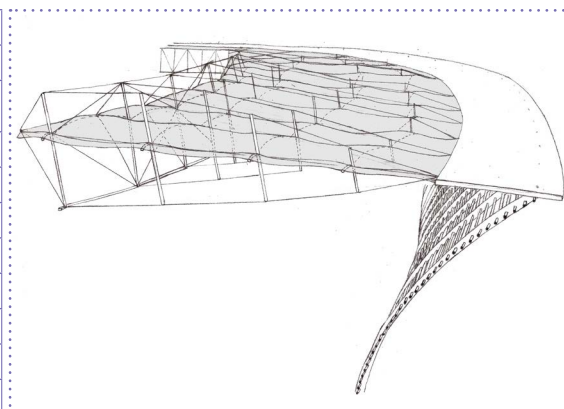


Figura 4.2.19: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Fonte Nova

Figura 4.2.20: Interior de la cubierta textil del estadio Fonte Nova

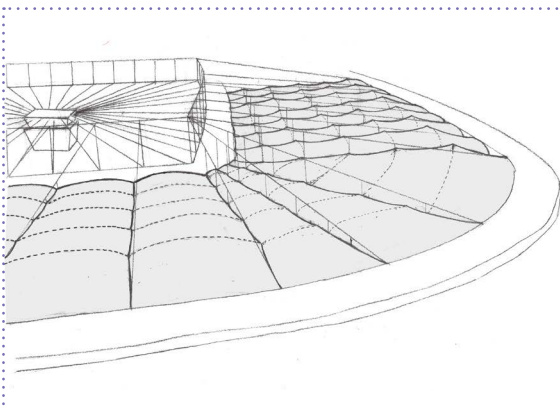
Figura 4.2.21: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Fonte Nova. Elaboración propia

Sistema de anillos en suspensión, cuyo núcleo de pretensado se compone por dos anillos de cables anulares interiores, separados por pilares flotantes y estabilizados con cables diagonales. Estos se unen al anillo rígido exterior de compresión mediante una red o cables radiales traccionados.

ESTADIO COMMERZBANK O DEUTSCHE-BANK PARK



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



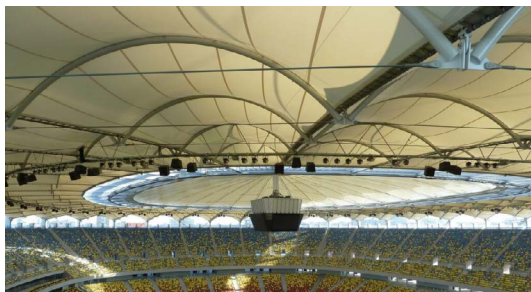
Cubierta formada por un sistema de anillos en suspensión unidos únicamente gracias a cables traccionados. Anillo de compresión exterior y dos anillos interiores separados por puntales de 12 m y cables radiales.

Figura 4.2.22: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Commerzbank

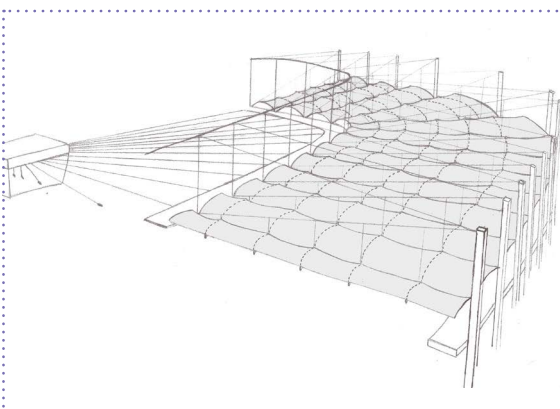
Figura 4.2.23: Interior de la cubierta textil del estadio Commerzbank

Figura 4.2.24: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Commerzbank. Elaboración propia

ESTADIO ARENA NACIONAL DE BUCAREST



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Cubierta basada en el sistema de anillos en suspensión. El anillo exterior se apoya en columnas de acero, en las que se fijan los cables radiales hasta el anillo de tracción interior. Sobre este se fija un techo de policarbonato. El techo retráctil corre a lo largo del cable radial inferior en forma de araña.

Figura 4.2.25: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Arena Nacional de Bucarest

Figura 4.2.26: Interior de la cubierta textil del estadio Arena Nacional de Bucarest

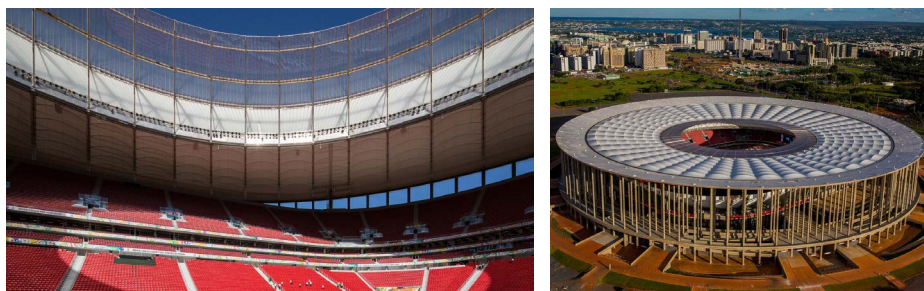
Figura 4.2.27: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Arena Nacional de Bucarest. Elaboración propia

Figura 4.2.28: Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Brasilia

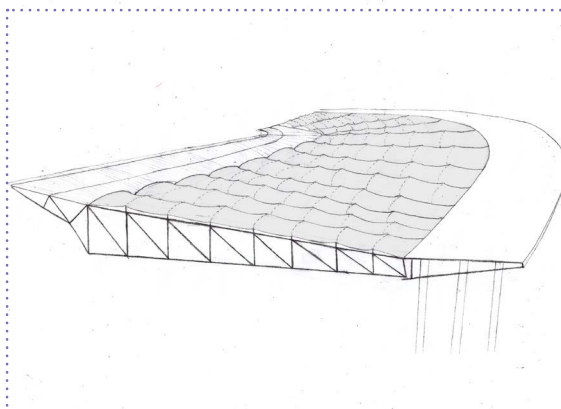
Figura 4.2.29: Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Brasilia

Figura 4.2.30: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio nacional de Brasilia. Elaboración propia

ESTADIO NACIONAL DE BRASILIA O MANÉ GARRINCHA



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Cubierta en anillos en suspensión. El anillo exterior de compresión de hormigón se apoya sobre 288 columnas, distribuidas en 3 ejes circulares. Se une al anillo interior por cerchas radiales estabilizadas por una subestructura anular de arcos con la membrana.

ESTADIO GEORGIA DOME



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No

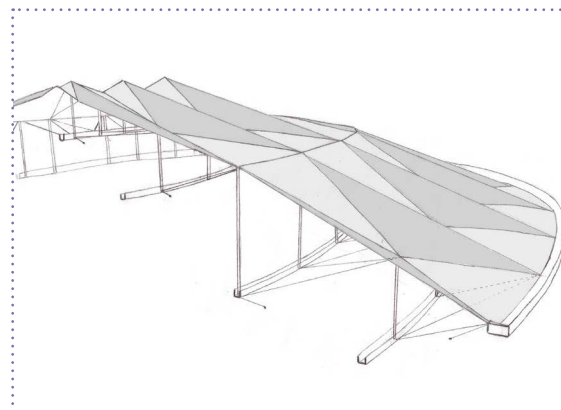


Figura 4.2.31: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Georgia dome

Figura 4.2.32: Interior de la cubierta textil del estadio Georgia dome

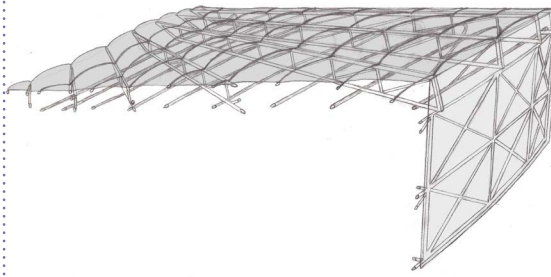
Figura 4.2.33: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Georgia Dome. Elaboración propia

Cúpula autoportante basada en cables de acero traccionados y soportes flotantes (3 alturas) sostienen tres anillos de tracción elípticos en torno a dos puntos focales. Anillo de compresión exterior de hormigón de 700m. Armadura de 56m uniendo los dos focos.

ESTADIO VÉLODROME

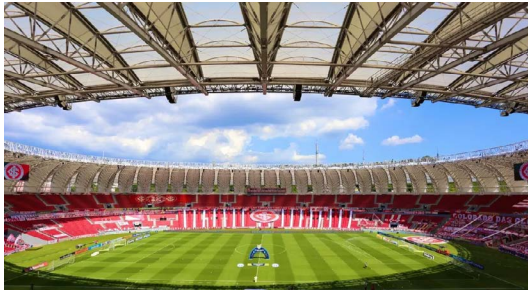


Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No

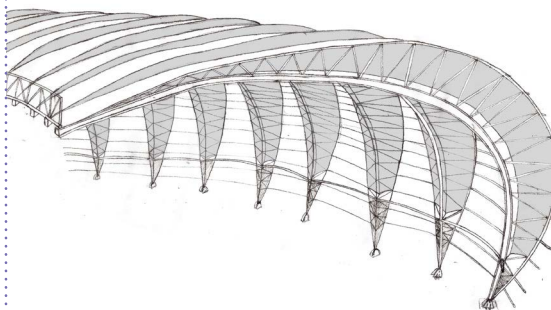


Cubierta apoyada sobre cuatro soportes metálicos. Membrana extendida sobre una subestructura de arcos que le dan aspecto curvo, apoyados sobre un inmenso armazón tridimensional de acero galvanizado. La estructura espacial consta de 6000 barras conectadas por 60 vigas de celosía radiales.

ESTADIO BEIRA RÍO



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Estructura modular que integra cubierta y fachada, se compone de 65 vigas en forma de arco de acero en voladizo. Estas son estabilizadas por unos perfiles tubulares en forma de anillos. Entre los gajos que forman las cerchas tridimensionales se coloca una subestructura anular de arcos.

Figura 4.2.34: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Velodrome

Figura 4.2.35: Interior de la cubierta textil del estadio Velodrome

Figura 4.2.36: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Velodrome. Elaboración propia

Figura 4.2.37: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Beira Rio

Figura 4.2.38: Interior de la cubierta textil del estadio Beira Rio

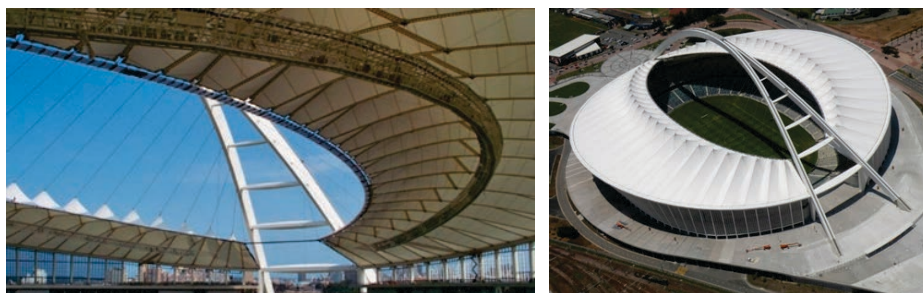
Figura 4.2.39: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Beira Rio. Elaboración propia

Figura 4.2.40: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Moses Mabhida

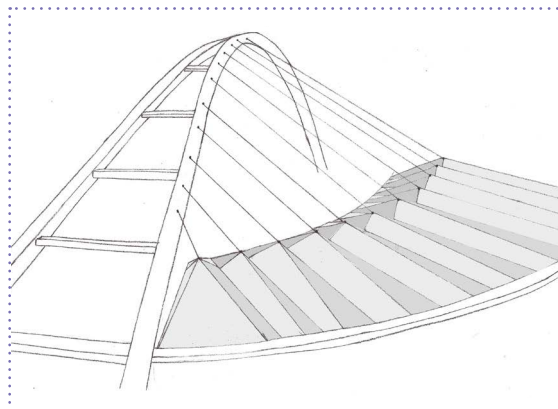
Figura 4.2.41: Interior de la cubierta textil del estadio Moses Mabhida

Figura 4.2.42: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Moses Mabhida. Elaboración propia

ESTADIO MOSES MABHIDA



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Gran arco soporta el peso de la cubierta. Dos arcos horizontales se apoyan en columnas de hormigón de la fachada y definen el borde exterior de la cubierta. Cables radiales están fijados desde borde externo al borde interno y al arco.

ESTADIO NELSON MANDELA BAY



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No

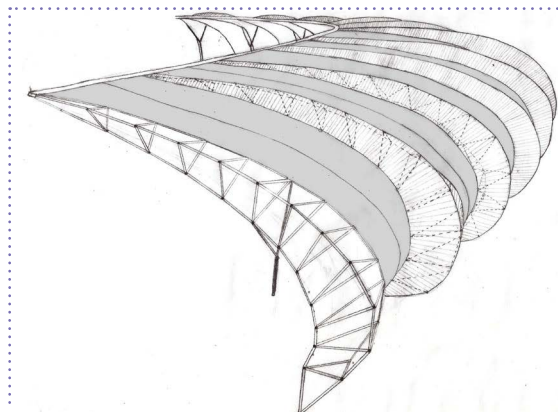


Figura 4.2.43: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Nelson Mandela Bay

Figura 4.2.44: Interior de la cubierta textil del estadio Nelson Mandela Bay

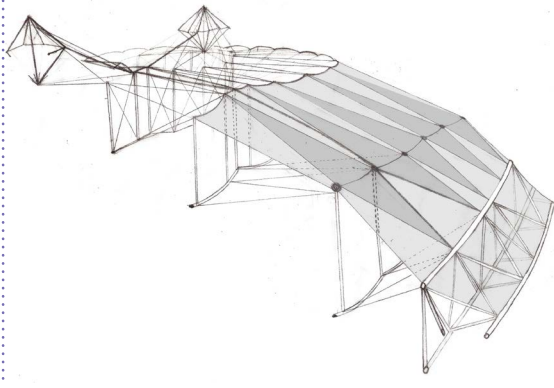
Figura 4.2.45: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Nelson Mandela Bay. Elaboración propia

Cubierta compuesta por 36 cerchas trianguladas revestidas de aluminio en voladizo de 45,8 m. Situadas sobre una galería porticada de hormigón de dos plantas por todo el perímetro. También integra un sistema de cables que forman valles en las membranas.

ESTADIO ÚNICO DE LA PLATA



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Mástiles suspendidos de una red triangulada de tensores. Anillo perimetral de compresión soporta la carga de la cubierta, que se transmite al suelo por 46 apoyos. En altura creciente se ubican tres anillos concéntricos.

Figura 4.2.46: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Único de la Plata

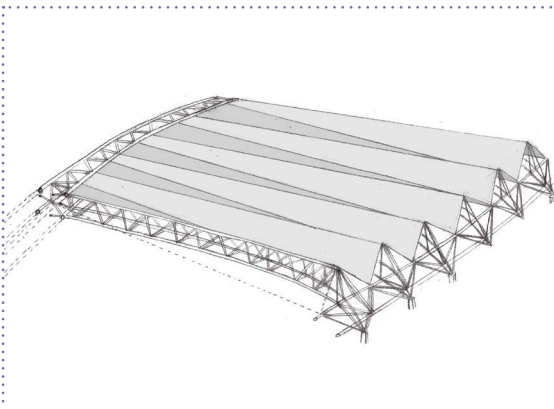
Figura 4.2.47: Interior de la cubierta textil del estadio Único de la Plata

Figura 4.2.48: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Único de la Plata. Elaboración propia

ESTADIO DEL GOBIERNO DE HONG KONG



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



Dos arcos principales de sección cuadrada (3,5m x 3,5m) sostienen las cerchas secundarias de tres cordones. En el otro extremo, las cerchas son soportadas por un anillo de compresión. Cables de valle tensan las membranas y desagüan.

Figura 4.2.49: Aspecto exterior de la cubierta del estadio del gobierno de Hong Kong

Figura 4.2.50: Interior de la cubierta textil del estadio del gobierno de Hong Kong

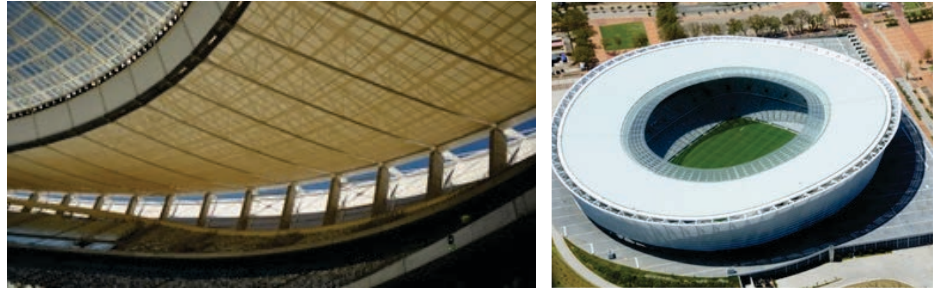
Figura 4.2.51: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio del gobierno de Hong Kong. Elaboración propia

Figura 4.2.52: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Cape Town

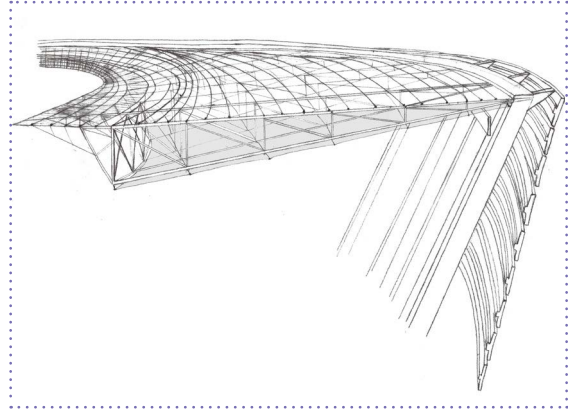
Figura 4.2.53: Interior de la cubierta textil del estadio Cape Town

Figura 4.2.54: Diagrama explicativo de la estructura y los elementos que intervienen en la cubierta tensada del estadio Cape Town. Elaboración propia

ESTADIO CAPE TOWN O GREEN POINT



Ubicación	Río de Janeiro
Año	1950
Localización en la ciudad	Centro urbano
Estado	Reformado (2013)
Capacidad (pers.)	78.838
Sup. cubierta	46.500 m ²
Geometría	Circular
Altura	32 m
Longitud	300 m
Ancho	260 m
Membrana retráctil	No



El anillo de compresión exterior, ligeramente ondulado, se ha cubierto con una pesada capa de vidrio laminado para contrarrestar la succión del viento. Las piezas de vidrio se apoyan en 72 vigas radiales, que sustentan el anillo de compresión interior a la vez que la membrana interior.

TIPOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS TENSADAS DE LOS ESTADIOS DE FÚTBOL

El trabajo de investigación surge a raíz de la inexistencia de una clasificación en profundidad de las cubiertas tensadas de los estadios de fútbol. No se ha establecido hasta el momento ninguna tipología en relación con las cubiertas basadas en grandes estructuras tensadas.

El único documento que clasifica la arquitectura textil podría ser el libro Guía Europea de diseño de estructuras superficiales tensadas.¹ En él las membranas textiles se clasifican como estructuras abiertas o cerradas, tal y como se explica a continuación.

Estructuras abiertas

Son las membranas que protegen de las inclemencias del tiempo y a su vez mantienen la sensación de estar al aire libre y la impresión de ligereza. Están reforzadas por la aparente sencillez de la estructura de la cubierta de “rueda de bicicleta”, a la vez que por la translucidez del material y la abertura entre la cubierta y las tribunas.

Estructuras cerradas

Son las membranas en las que su piel exterior protege de las duras inclemencias atmosféricas a la vez que mantiene un clima interior con temperaturas menos extremas. Las cubiertas de membrana a menudo se usan entre edificios o en su parte superior, para proteger áreas en las que la exigencia del nivel de confort en la temperatura interior es menor, y en las que constituye una ventaja la luz diurna natural.

Por lo tanto, uno de los principales objetivos del trabajo, a parte de comprender y entender el funcionamiento de estas estructuras, es realizar una clasificación tipológica más detallada y en profundidad de las tensoestructuras que componen las cubiertas de los estadios de fútbol.

Una vez analizados los 120 casos de estudio anteriormente mencionados en las fichas técnicas, se estudia la relación entre forma y comportamiento estructural y constructivo obteniendo como resultado una organización en seis tipos: Anillos, Arco, Mástil, Membrana tridimensional, Tensegrity y Voladizo.

Cada estadio aporta una solución tensada diferente, más o menos compleja, pero con ciertas similitudes que permiten agruparlos en los tipos y subtipos descritos a continuación.

Antes de empezar con la descripción de cada tipo estructural, es necesario mencionar que los dibujos o esquemas se han inspirado en el método gráfico que aparece en el libro de Heinrich Engel, Sistemas de estructuras³. Este procedimiento aporta claridad gráfica y ayuda a la comprensión de los esfuerzos y elementos que componen el conjunto.

1. FOSTER, B. Arquitectura textil : guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas. Madrid, 2009.

3. ENGEL, H. Sistemas de estructuras. Madrid, 1970.

TIPO ANILLOS

Se tratan de las cubiertas compuestas por un sistema de anillos en suspensión, siguiendo el modelo conocido como radios de rueda de bicicleta. Es decir, la estructura de cubierta se compone de un anillo interior a tracción y un anillo exterior a compresión unidos mediante una red de cables o vigas. Se genera un sistema equilibrado de fuerzas donde el núcleo del sistema pretensado es el anillo interior.

En algunos casos se añade alguna subestructura para tensar la membrana textil y conseguir esa doble curvatura que permite una mayor rigidez y estabilidad del conjunto. Esto supone una mayor complicación en su comportamiento estructural.

Este tipo a su vez se subdivide en tres subtipos:

Cables

Son los suspendidos únicamente mediante cables de acero que tensan la membrana. El cable de estabilización se encuentra por debajo del cable portante, es decir la membrana se termina situando por la parte superior de la red de cables.

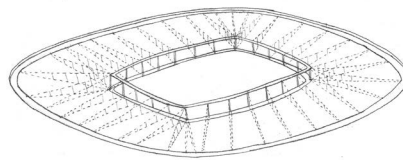


Figura 4.3.1: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología *Anillos* y subtipo *Cables*. Elaboración propia.

Soportes

Incorporan unos pilares en el perímetro del que parten estos cables de estabilización. Los cables portantes se sitúan por debajo de los cables de estabilización, situando la membrana en la parte inferior de la red de cables.

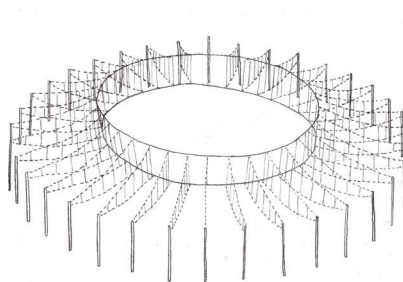


Figura 4.3.2: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología *Anillos* y subtipo *Soportes*. Elaboración propia.

Vigas

Este subtipo está constituido por unas vigas trianguladas dispuestas radialmente. Necesitan obligatoriamente una subestructura que tense la membrana textil, pues sin ella no adquiriría la doble curvatura necesaria.

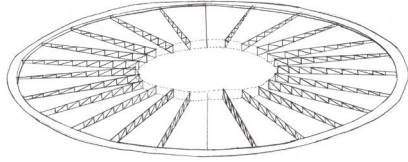


Figura 4.3.3: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología Anillos y subtipo Vigas. Elaboración propia.

TIPO MÁSTIL

La estructura de estas cubiertas se compone de una serie de mástiles sobre el que se tensan los cables que sustentan la membrana textil. Estos mástiles son estabilizados gracias a tirantes exteriores que se anclan al terreno.

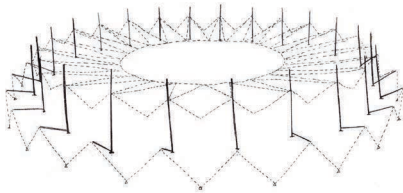


Figura 4.3.4: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología Mástil. Elaboración propia.

TIPO ARCO

Pertenecen a este grupo los estadios en los que se dispone un arco monumental a compresión. A su vez se subclasifica en dos subtipos según los elementos que tensan la superficie de membrana que cubre el estadio conformando la cubierta.

Tirantes

El elemento principal de la estructura es el arco sobre el que se fijan unos cables traccionados radiales o en forma de abanico, que se tensan y sostienen la membrana o el anillo interior de la cubierta mediante puntos de suspensión.

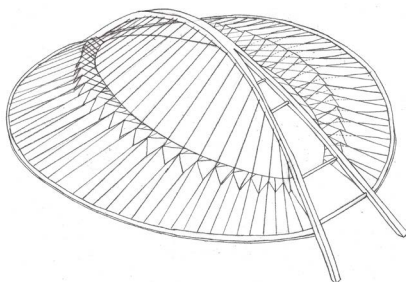


Figura 4.3.5: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología Arco y subtipo Tirantes. Elaboración propia.

Correas

La estructura de primer orden será el arco sobre el que se apoya la estructura de segundo orden (correas), la cual es un sistema de cerchas metálicas. Estas últimas a su vez suelen servir de soporte para subestructuras encargadas de tensar la membrana para que adquiera esa característica doble curvatura.

Se trata de un subtipo que sólo tiene cubiertas con geometrías de media luna, pues la disposición de los arcos facilita esta solución proyectual.

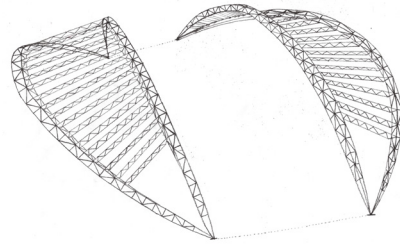


Figura 4.3.6: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología Arco y subtipo Correas. Elaboración propia.

TIPO MEMBRANA TRIDIMENSIONAL

Estructuras espaciales compuestas por determinados elementos que forman un armazón estructural metálico. Se trata del tipo que emplea mayor cantidad material y salva una gran luz. Se componen mínimo de dos órdenes principales de estructuras, uno suele disponerse de manera radial y el otro en forma de anillos. Es decir, conforman una malla estructural de mínimo dos direcciones, la cual debe ser curva para conseguir cierta rigidez.

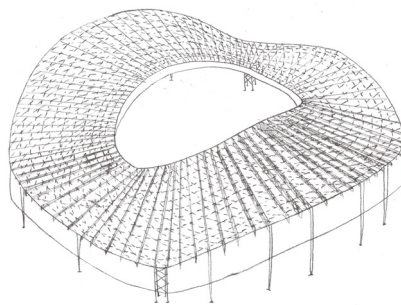


Figura 4.3.7: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología Membrana tridimensional. Elaboración propia.

TIPO TENSEGRITY

Una estructura tensegrity se basa en un perfecto equilibrio de fuerzas, conformado por unos elementos que trabajan a compresión (barras) y otros que trabajan a tracción (cables).⁷

Este tipo se caracteriza por proponer una cúpula autoportante de cables mediante la combinación de cables en forma de anillo, tensores diagonales y mástiles flotantes, suspendidos en el aire.

7. BING, W. B. Free-standing tension structures : from tensegrity systems to cable-strut systems. London and New York, 2004

Deben disponer de un anillo exterior de compresión del que parten cables de acero diagonalmente y sustentan los puntales a compresión suspendidos en el aire y distribuidos de manera ascendente en distintas alturas.

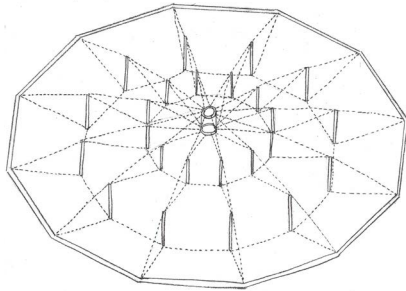


Figura 4.3.8: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología *Tensegrity*. Elaboración propia.

TIPO VOLADIZO

Se trata del tipo en el que las cerchas o vigas se distribuyen radialmente en el perímetro y se encuentran en voladizo, prolongadas horizontalmente y sostenidas mediante un único apoyo. Existen dos subtipos según el tipo de apoyo de los elementos:

Costillas

Son estructuras que suelen integrar la cubierta y la fachada. Se componen de unas cerchas que forman radios o arcos apoyados en el terreno. Se pueden considerar como unos gajos o unas costillas en voladizo que se disponen radialmente y se cubren con las membranas tensadas.

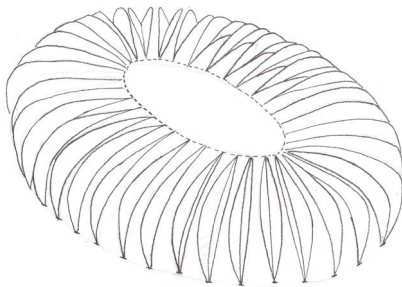


Figura 4.3.9: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología *Voladizo* y subtipo *Costillas*. Elaboración propia.

Cerchas

Son estructuras compuestas por unas cerchas o vigas trianguladas dispuestas en voladizo y apoyadas o empotradas en las gradas del estadio o en elementos verticales como soportes metálicos.

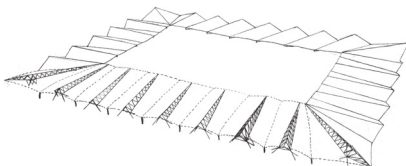
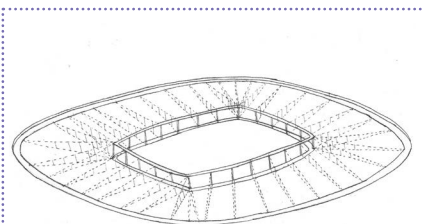


Figura 4.3.10: Diagrama del comportamiento estructural de las cubiertas tensadas de la tipología *Voladizo* y subtipo *Cerchas*. Elaboración propia.

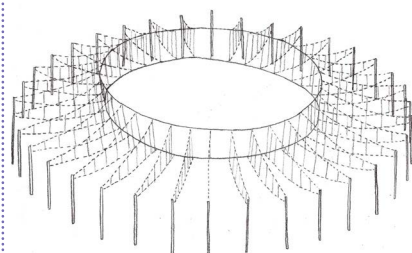
Figuras 4.3.11: Tipología estructural de las cubiertas tensadas de los estadios de fútbol. Diagramas de los distintos comportamientos estructurales. Elaboración propia.

Resumen de la tipología elaborada:

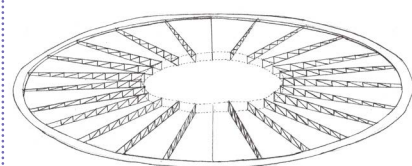
TIPO ANILLOS



Cables

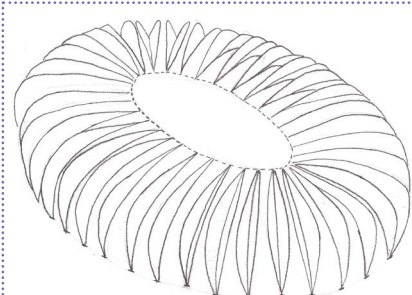


Soportes

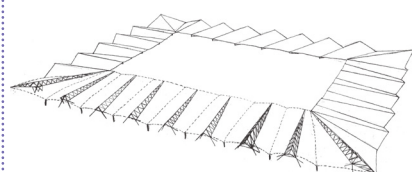


Vigas

TIPO VOLADIZO

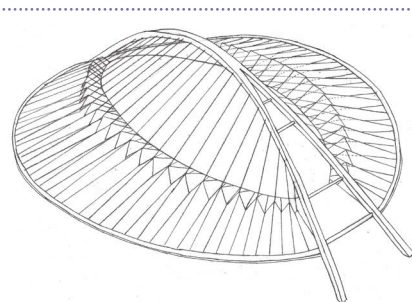


Costillas

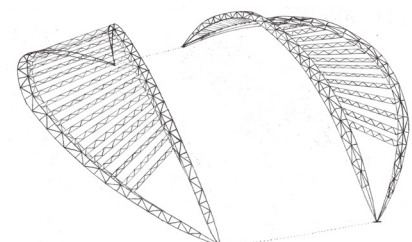


Cerchas

TIPO ARCO

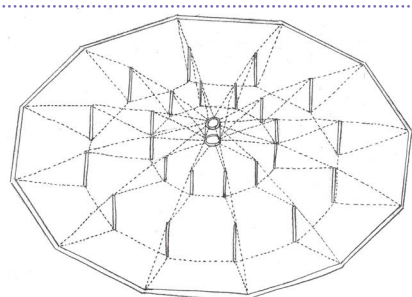


Tirantes

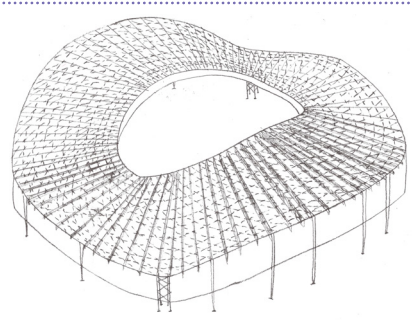


Correas

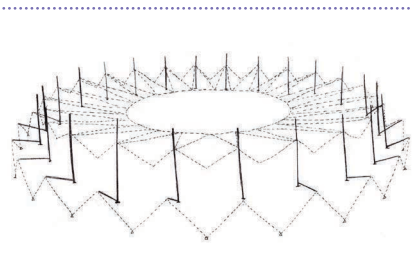
TIPO TENSEGRITY



TIPO M. TRIDIMENSIONAL



TIPO MÁSTIL



FICHAS TÉCNICAS

Una vez obtenida la lista completa con 120 casos de estadio, se parte con la recopilación de información en una tabla resumen, ubicada en el apartado del anexo del trabajo de investigación, y una serie de fichas técnicas.

Estos datos se obtienen a partir de fuentes, tanto de recursos informáticos como de fotografías y videos.

Estos últimos han permitido deducir las dimensiones en los casos en los que ha sido imposible la extracción de estos datos.

Además, se ha empleado la utilización de la documentación gráfica disponible, principalmente planos, ya sean plantas o secciones, pertenecientes a los distintos arquitectos de los casos de estudio.

Las fichas técnicas resumen el análisis realizado sobre la estructura de cada estadio. Gracias a todo ello, se conseguirá el principal objetivo del presente trabajo, es decir, la clasificación de elaboración propia final en tipos y subtipos de las cubiertas tensadas de los estadios de fútbol, atendiendo fundamentalmente a su estructura, construcción y composición.

La mayoría de las estructuras se componen mínimo de un anillo de compresión y otro de tracción que permiten la construcción de grandes luces, sin necesidad de emplear pilares intermedios. Conforman diferentes soluciones basadas en sistemas de redes de cables de acero y vanos de membrana de diversos materiales. Siendo el más destacado con diferencia el empleo de fibra de vidrio recubierta de PTFE, comúnmente conocido como teflón.

PONTIAC SILVERDOME

Arquitecto: Charles Donald Davidson y Carl Luckenbach

Ubicación: Michigan, Estados Unidos, y demolido en 2017

Año de construcción: 1975, reformado en 1985 - 1987, 2002, 2010, 2013

Localización	Periferia
Geometría	Octogonal
Capacidad	80.000
Altura	61,6m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	34.928 m ²
Long y Ancho	-
Ejes	24
L _{máx} y L _{mín}	-
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Un armazón estructural soporta la membrana. Compuesto por arcos espaciales o tridimensionales que se cruzan. Alcanza su equilibrio a tracción pura.

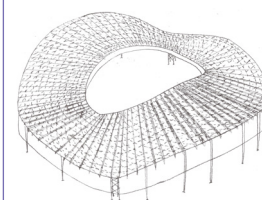
TIPO: MEMBRANA TRIDIMENSIONAL

Figura 4.5.1: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.2: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Pontiac Silverdome

Figura 4.5.3: Interior de la cubierta textil del estadio Pontiac Silverdome

ESTADIO OLÍMPICO DE MONTREAL

Arquitecto: Roger Taillibert

Ubicación: Montreal, Canadá

Año de construcción: 1976, reformado en 1987 y 1999

Localización	Centro urbano
Geometría	Elíptica
Capacidad	56.000
Altura	168m, 5 plantas
Retráctil	Sí (30 minutos)

S. cubierta	20.000 m ²
Long y Ancho	313 m x 262 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	200 m y 140 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

La torre de hormigón sostiene el primer techo retráctil con 26 puntos de suspensión con tensores atirantados. Esta se despliega mediante 17 cables de borde anclados al techo de hormigón.

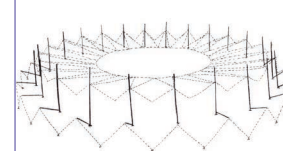
TIPO: MÁSTIL

Figura 4.5.4: Icono tipología de mástil. Elaboración propia.

Figura 4.5.5: Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Montreal

Figura 4.5.6: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Montreal

RFK STADIUM

Arquitecto: George Dahl

Ubicación: Washington DC, Estados Unidos

Año de construcción: 1961 (Cubierta: 1988), demolido en 2021

Localización	Periferia
Geometría	Circular
Capacidad	46.000
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	220 m x 220 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	24 m
Material textil	-

Estructura cubierta:

Cubierta compuesta por vigas prefabricadas dispuestas en voladizo, apoyadas en un único punto. Requiere una estructura secundaria de vigas anulares para sustentar la membrana tensada.

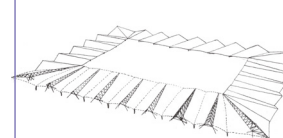
TIPO: VOLADIZO SUBTIPO: CERCHAS

Figura 4.5.7: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.8: Aspecto exterior de la cubierta del estadio RFK

Figura 4.5.9: Interior de la cubierta textil del estadio RFK

AKITA SKYDOME

Arquitecto: Kajima Design
Ubicación: Akita, Japón
Año de construcción: 1989

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	71.474
Altura	32,2 m, 1 planta
Retráctil	No

S. cubierta	12.200 m ²
Long y Ancho	131 m x 101 m
Ejes	18 ejes
L _{máx} y L _{mín}	131 m y 101 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Un armazón estructural soporta la membrana. Compuesto por arcos espaciales o tridimensionales que se cruzan. Los arcos permitieron una cuadrícula tridimensional sin ningún miembro diagonal.

TIPO: MEMBRANA TRIDIMENSIONAL

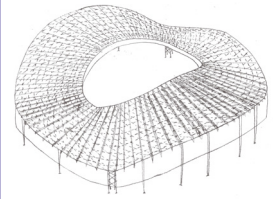


Figura 4.5.10: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.11: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Akita Skydome

Figura 4.5.12: Interior de la cubierta textil del estadio Akita Skydome

DON VALLEY

Arquitecto: Sheffield City Council
Ubicación: Sheffield, Reino Unido
Año de construcción: 1990, demolido en 2013

Localización	Periferia
Geometría	Media Luna
Capacidad	23.000
Altura	25 m
Retráctil	No

S. cubierta	6.000 m ²
Long y Ancho	-
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	-
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta compuesta por doce vigas metálicas dispuestas en voladizo, y estabilizadas mediante unas barras diagonales que parten de la prolongación en altura de los pilares. Requiere una estructura secundaria de arcos tubulares de acero y cables de borde.

TIPO: VOLADIZO SUBTIPO: CERCHAS

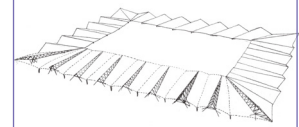


Figura 4.5.13: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.14: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Don Valley

Figura 4.5.15: Interior de la cubierta textil del estadio Don Valley

TROPICANA FIELD

Arquitecto: HOK Sport, Lescher & Mahoney, Blizzard & Blouin Architetes
Ubicación: Florida, Estados Unidos
Año de construcción: 1990, reformada en 2014

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	42.735
Altura	26 - 69 m
Retráctil	No

S. cubierta	24.280 m ²
Long y Ancho	236 m x 236 m
Ejes radiales	24
L _{máx} y L _{mín}	110 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Segunda cubierta sostenida por cables más grande del mundo. Compuesta por la combinación de cables en anillo y diagonales que sustentan en al aire los mástiles flotantes. Se compone de cuatro anillos concéntricos dispuestos en altura creciente.

TIPO: TENSEGRITY

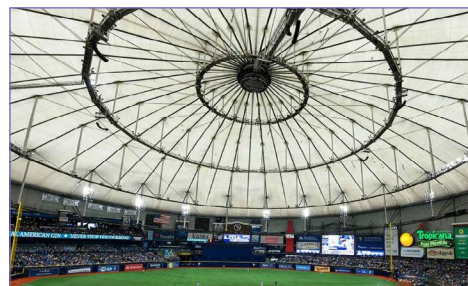
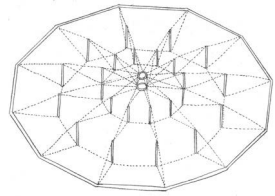


Figura 4.5.16: Icono tipología de tensegrity. Elaboración propia.

Figura 4.5.17: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Tropicana Field

Figura 4.5.18: Interior de la cubierta textil del estadio Tropicana Field

SAN NICOLA

Arquitecto: Renzo Piano; Arquitecto cubierta: ARUP Sport
 Ubicación: Bari, Italia, reformado en 2002 y 2020
 Año de construcción: 1987 - 1990 (Cubierta: 1990)

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	58.270
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	13.250 m ²
Long y Ancho	290 m x 225 m
Ejes radiales	26
L _{máx} y L _{mín}	27 m y 14 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Vigas en voladizo desde la parte superior de las gradas. Los elementos secundarios consisten en una cercha con forma de U en el borde interior y una cercha ensamblada con arcos tubulares de acero y cables. Cada panel de cubierta está subdividido en 3 costillas en arco.

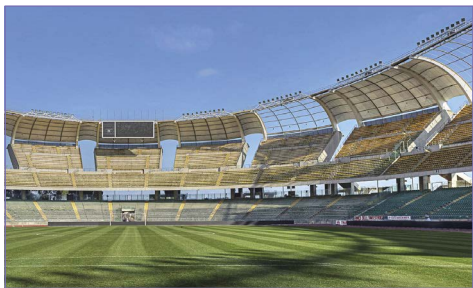


Figura 4.5.19: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.20: Aspecto exterior de la cubierta del estadio San Nicola

Figura 4.5.21: Interior de la cubierta textil del estadio San Nicola

AMAGI DOME O KANO DOME

Arquitecto: Yamashita Sekkei
 Ubicación: Shizuoka, Japón, primera cúpula de tensión de Japón
 Año de construcción: 1991 (Cubierta: 1991)

Localización	Periferia
Geometría	Circular
Capacidad	-
Altura	22,6 m
Retráctil	No

S. cubierta	2298 m ²
Long y Ancho	-
Ejes radiales	16 ejes
L _{máx} y L _{mín}	51,5 m x 42 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Estructura superior de tensión soportada por un sistema de muros de hormigón. Cúpula autoportante de cables mediante la combinación de cables en anillo y diagonales y mástiles flotantes. Subestructura de vigas de acero en forma de V.

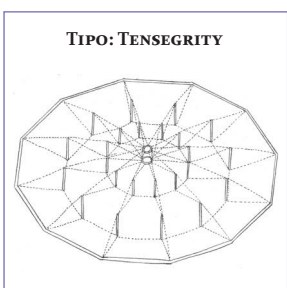


Figura 4.5.22: Icono tipología de tensegrity. Elaboración propia.

Figura 4.5.23: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Amagi dome

Figura 4.5.24: Interior de la cubierta textil del estadio Amagi dome

GEORGIA DOME

Arquitecto: Scott W.Brale
 Ubicación: Atlanta, Estados Unidos
 Año de construcción: 1992 (Cubierta: 1992), demolido en 2017

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	74.228
Altura	83 m
Retráctil	No

S. cubierta	34.800 m ²
Long y Ancho	235 m x 186 m
Ejes radiales	26 ejes
L _{máx} y L _{mín}	-
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Cúpula autoportante basada en cables de acero traccionados y soportes flotantes (3 alturas) sostienen tres anillos de tracción elípticos en torno a dos puntos focales. Anillo de compresión exterior de hormigón de 700m. Armadura de 56m uniendo los dos focos.

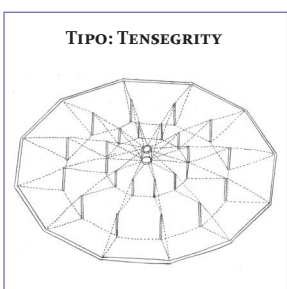


Figura 4.5.25: Icono tipología de tensegrity. Elaboración propia.

Figura 4.5.26: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Georgia dome

Figura 4.5.27: Interior de la cubierta textil del estadio Georgia dome

ESTADIO DEL GOBIERNO DE HONG KONG

Arquitecto: Hellmuth, Obata y Kassabaum Inc.

Ubicación: Hong Kong, China

Año de construcción: 1953, reconstruido en 1993 - 1994 (Cubierta: 1994)

Localización	Periferia	S. cubierta	16.000 m ²
Geometría	Media Luna	Long y Ancho	240 m x 195 m
Capacidad	40.000	Ejes radiales	28 ejes
Altura	55 m	L _{máx} y L _{mín}	55 m y 40 m
Retráctil	No	Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Dos arcos principales de sección cuadrada (3,5 m x 3,5 m) sostienen las cerchas secundarias de tres cordones. En el otro extremo, las cerchas son soportadas por un anillo de compresión. Cables de valle tensan las membranas y desagüan.

TIPO: ARCO
SUBTIPO: CORREAS

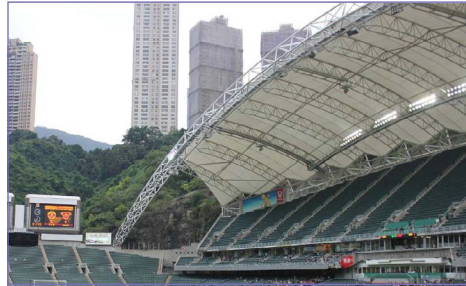
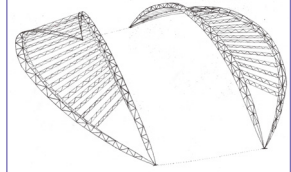


Figura 4.5.28: Icono tipología de arco (correas). Elaboración propia.

Figura 4.5.29: Aspecto exterior de la cubierta del estadio del gobierno de Hong Kong

Figura 4.5.30: Interior de la cubierta textil del estadio del gobierno de Hong Kong

YANMAR NAGAI

Arquitecto: Showa Sekkei

Ubicación: Osaka, Japón

Año de construcción: 1964 (Cubierta: 1996), reformado en 1996 y 2007

Localización	Centor urbano	S. cubierta	15.876 m ²
Geometría	Media Luna	Long y Ancho	270 m x 233 m
Capacidad	50.000	Ejes radiales	-
Altura	5 plantas	L _{máx} y L _{mín}	45 m y 22 m
Retráctil	No	Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Pilares en forma de V constituyen la columnata que sustentan una celosía tridimensional (truss de quilla) que salva una longitud de más de 200m. La superficie de la cubierta es curva de suave elevación.

TIPO: MEMBRANA TRIDIMENSIONAL

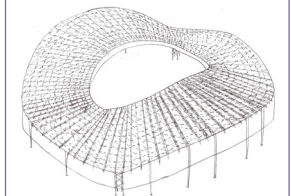


Figura 4.5.31: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.32: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Yanmar Nagai

Figura 4.5.33: Interior de la cubierta textil del estadio Yanmar Nagai

ESTADIO GERLAND O MATMUT

Arquitecto: Tony Garnier y de la cubierta: AIA Architects

Ubicación: Lyon, Francia

Año de construcción: 1913 - 1926, reconstruido en 1996 (Cubierta: 1996)

Localización	Centro urbano	S. cubierta	-
Geometría	Media Luna	Long y Ancho	315 m x 163 m
Capacidad	40.494	Ejes radiales	12 ejes
Altura	-	L _{máx} y L _{mín}	41 m y 32 m
Retráctil	No	Material textil	-

Estructura cubierta:

Cubierta compuesta por seis vigas metálicas en cada lado. Están dispuestas en voladizo, apoyadas en un único punto, y estabilizadas mediante tirantes que contrarrestan el vuelco. Requiere una estructura secundaria de arcos tubulares de acero y cables

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

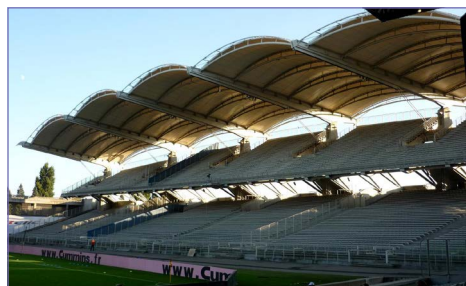
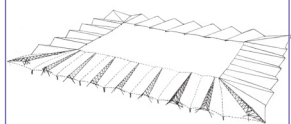


Figura 4.5.34: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.35: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Gerland

Figura 4.5.36: Interior de la cubierta textil del estadio Gerland

ESTADIO DE SHANGHAI

Arquitecto: Shanghai Inst. of Architectural Design and Research

Ubicación: Shanghai, China

Año de construcción: 1997

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	80.000
Altura	62,5 m, plantas
Retráctil	No

S. cubierta	28.900 m ²
Long y Ancho	280 m x 287 m
Ejes radiales	32 ejes
L _{máx} y L _{mín}	73 m y 24 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta compuesta por un sistema de anillos en suspensión suspendidos gracias a vigas de acero dispuestas radialmente. Se compone de tres anillos (interior, intermedio y exterior) de los cuales parten unos cables que sostienen un mástil flotante, que permite elevar ciertos puntos de la membrana.

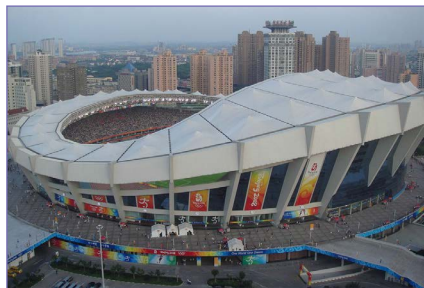
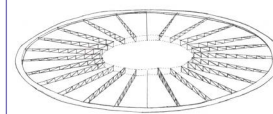
TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

Figura 4.5.37: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.38: Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Shanghai

Figura 4.5.39: Interior de la cubierta textil del estadio de Shanghai

ODATE DOME

Arquitecto: Toyo Ito & Associates

Ubicación: Akita, Japón

Año de construcción: 1993 - 1997

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	15.000
Altura	52 m, 1 planta
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	178 m x 157 m
Ejes radiales	24 ejes
L _{máx} y L _{mín}	178 m y 60 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Columnas inclinadas sostienen la cúpula construida con una combinación de acero y madera. Estructura espacial compuesta por arcos tridimensionales que se cruzan. Estos son de madera de cedro japonés aita, 25000 tableros de madera laminada se encolaron entre sí.

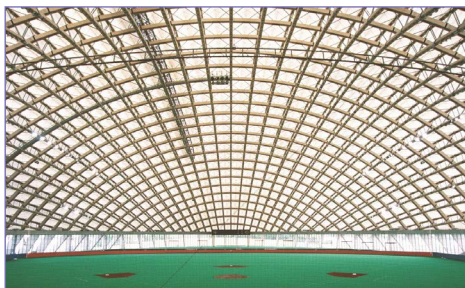
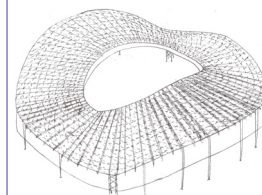
TIPO: MEMBRANA
TRIDIMENSIONAL

Figura 4.5.40: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.41: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Odate dome

Figura 4.5.42: Interior de la cubierta textil del estadio Odate dome

ESTADIO DE TOULOUSE

Arquitecto: Jean Montariol; Pierre Ferret, Francis Cardete y Gérard Huet

Ubicación: Toulouse, Francia

Año de construcción: 1938 (Cubierta: 1998), demolida 2013 - 2016

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	35.472
Altura	20 m, 2 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	230 m x 167 m
Ejes radiales	46 ejes
L _{máx} y L _{mín}	28 m
Material textil	F.v+PTFE, ETFE

Estructura cubierta:

Cubierta con vigas en voladizo. Para aportar rigidez, se incluyen unos tirantes exteriores anclados con micropilotes, inclinados 45° y enterrados a doce metros de profundidad. Necesita una estructura de arcos secundaria para aportar la doble curvatura a la membrana.

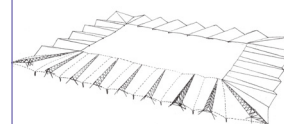
TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

Figura 4.5.43: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.44: Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Toulouse

Figura 4.5.45: Interior de la cubierta textil del estadio de Toulouse

LA CARTUJA

Arquitecto: Cruz y Ortiz Arquitectos
Ubicación: Sevilla, España
Año de construcción: 1999

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	57.619
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	25.000 m ²
Long y Ancho	290 m x 245 m
Ejes radiales	44 ejes
L _{máx} y L _{mín}	46 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

Cubierta compuesta por un sistema de anillos en suspensión suspendidos únicamente por cables. Anillo exterior de compresión de cuatro cordones, cables radiales alternos en la cresta (superior) y en el valle (inferior) y un único anillo de tensión interior.

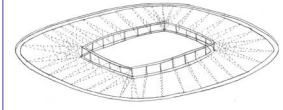
**TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES**

Figura 4.5.46: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia.

Figura 4.5.47: Aspecto exterior de la cubierta del estadio La Cartuja

Figura 4.5.48: Interior de la cubierta textil del estadio La Cartuja

ESTADIO HONGKOU

Arquitecto:
Ubicación: Shangai, China
Año de construcción: 1999

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	33.060
Altura	5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	22.530 m ²
Long y Ancho	205 m x 205 m
Ejes radiales	22 ejes
L _{máx} y L _{mín}	60 m y 36 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta compuesta por un sistema de anillos en suspensión suspendidos por vigas de acero dispuestas radialmente. Su particularidad radica en la colocación de la membrana por debajo de estas vigas, permitiendo una vista de la estructura desde el exterior

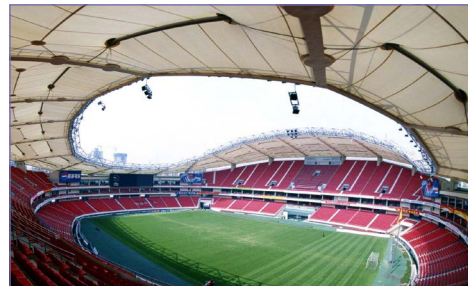
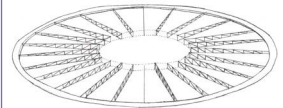
**TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS**

Figura 4.5.49: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.50: Aspecto exterior de la cubierta del estadio HongKou

Figura 4.5.51: Interior de la cubierta textil del estadio HongKou

PAUL BROWN O CINCINNATI BENGALS

Arquitecto:
Ubicación: Ohio, Estados Unidos
Año de construcción: 2000

Localización	Centro urbano
Geometría	Media Luna
Capacidad	65.000
Altura	48 m, 7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	5.000 m ²
Long y Ancho	250 m x 274 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{máx} y L _{mín}	35 m y 22 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura de acero en voladizo con forma de marquesina. Vigas y pilares en forma de boomerang colocados estratégicamente sostienen la cubierta con un refuerzo secundario de tirantes en forma de cruces de San Andrés para la estabilidad lateral.

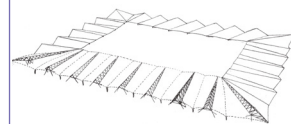
**TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS**

Figura 4.5.52: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.53: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Cincinnati Bengals

Figura 4.5.54: Interior de la cubierta textil del estadio Cincinnati Bengals

HSH NORDBANK ARENA O VOLKSPARSTADION

Arquitecto: Manfred O. Steuerwald

Ubicación: Hamburg, Alemania

Año de construcción: 2000

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	57.274
Altura	58 m
Retráctil	No

S. cubierta	35.000 m ²
Long y Ancho	280 m x 237 m
Ejes radiales	40 ejes
L _{máx} y L _{mín}	70 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Sistema de rueda de radios con 40 cables radiales pretensados. Estos conectan el anillo de tracción del interior con los 40 mástiles de acero ubicados en el perímetro, que forman parte del anillo de compresión exterior. Subestructura de arcos metálicos que tensan la membrana.

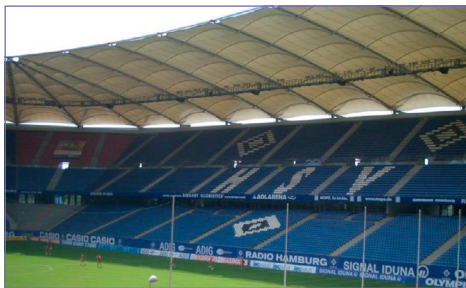
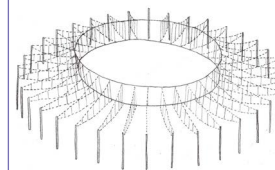
TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

Figura 4.5.55: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.56: Aspecto exterior de la cubierta del estadio HSH Nordbank Arena

Figura 4.5.57: Interior de la cubierta textil del estadio HSH Nordbank Arena

INCHEON MUNHAK

Arquitecto: Adome Architects and Engineers y Jorg Schlaich

Ubicación: Incheon, Corea del Sur

Año de construcción: 2001

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	49.084
Altura	52 m, 4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	32.500 m ²
Long y Ancho	257 m x 249 m
Ejes radiales	24 ejes
L _{máx} y L _{mín}	56 m y 40 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Disposición de 24 mástiles empujados al suelo y estabilizados a través de un cable diagonal y un tirante posterior vertical. Contiene un anillo de cables de tracción interior y un anillo rígido de compresión exterior.

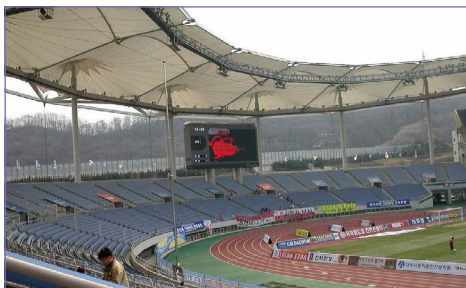
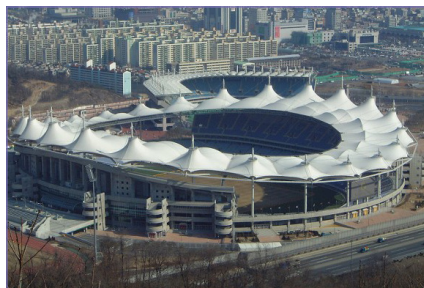
TIPO: MÁSTIL

Figura 4.5.58: Icono tipología de mástil. Elaboración propia.

Figura 4.5.59: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Incheon Munhak

Figura 4.5.60: Interior de la cubierta textil del estadio Incheon Munhak

KOBE WING STADIUM

Arquitecto: Obayashi Corp y Kobe Steel

Ubicación: Kobe, Japón en 1970, y reconstruido

Año de construcción: 1997 - 2001, reformado en 2003 (techo retráctil)

Localización	Centro urbano
Geometría	-
Capacidad	30.132
Altura	-
Retráctil	Sí

S. cubierta	(1044 m ²)
Long y Ancho	214 m x 220 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	(29 m x 36 m)
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta formada a partir de una estructura espacial compuesta por cercas dispuestas paralelamente y unos tubos de acero en forma de anillo. Generan una superficie curva que permite salvar grandes luces. Membrana retráctil compuesta por paneles móviles.

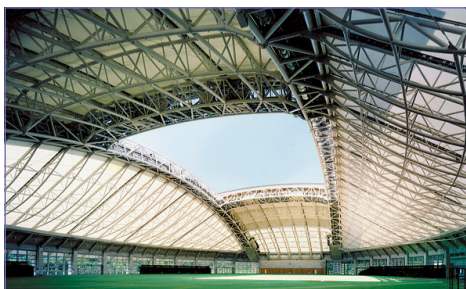
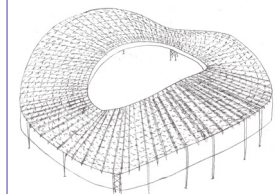
TIPO: MEMBRANA
TRIDIMENSIONAL

Figura 4.5.61: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.62: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Kobe Wing

Figura 4.5.63: Interior de la cubierta textil del estadio Kobe Wing

SEOUL WORLD CUP STADIUM

Arquitecto: Ryu Choon-soo
Ubicación: Seoul, Corea del Sur
Año de construcción: 2001

Localización	Periferia
Geometría	Octogonal
Capacidad	68.476
Altura	50 m, 7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	40.890 m ²
Long y Ancho	304 m x 279 m
Ejes radiales	45 ejes
L _{máx} y L _{mín}	52 m y 30 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
16 mástiles sostienen los anillos exterior e interior gracias a cables atirantados. Vigas radiales y cables conectan ambos anillos generando una superficie de membrana de crestas, puntos con más altura apoyados en las vigas, y valles, puntos más bajos formados mediante la tensión de los cables.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

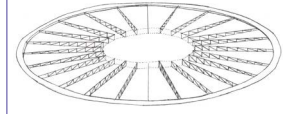


Figura 4.5.64: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.65: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Seoul World Cup

Figura 4.5.66: Interior de la cubierta textil del estadio Pontiac Seoul World Cup

ESTADIO SAITAMA

Arquitecto: Azusa Sekkei Co
Ubicación: Urawa, Japón
Año de construcción: 2001

Localización	Periferia
Geometría	Media Luna
Capacidad	63.700
Altura	6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	29.000 m ²
Long y Ancho	317 m x 256 m
Ejes radiales	62 ejes
L _{máx} y L _{mín}	112 m y 20 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura espacial, es decir, un armazón estructural. Se compone de módulos de cerchas tridimensionales, con un espesor de 5m. Generan una superficie levemente curvada que permite salvar luces mayores.

TIPO: MEMBRANA
TRIDIMENSIONAL

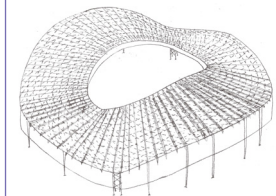


Figura 4.5.67: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.69: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Saitama

Figura 4.5.70: Interior de la cubierta textil del estadio Saitama

ESTADIO BUSAN ASIAD

Arquitecto: Space Group Architects, SBP y Jorg Schlaich
Ubicación: Busan, Corea del Sur
Año de construcción: 2001

Localización	Periferia
Geometría	Circular
Capacidad	55.982
Altura	5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	59.000 m ²
Long y Ancho	241 m x 227 m
Ejes radiales	48 ejes
L _{máx} y L _{mín}	35 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Se extienden 48 cables desde un anillo de compresión exterior hasta un anillo interior de tracción. La red de cables consta de un cable superior y otro inferior extendidos por dos postes tubulares de acero. Los arcos se extienden entre dos cables radiales superiores y tensan la membrana.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

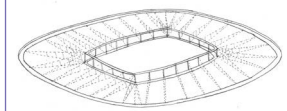


Figura 4.5.71: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia.

Figura 4.5.72: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Busan Asiad

Figura 4.5.73: Interior de la cubierta textil del estadio Busan Asiad

SHIZUOKA ECOPA

Arquitecto: AXA SATOW Inc. y Masao Saitoh

Ubicación: Shizuoka, Japón

Año de construcción: 1998 - 2001

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	50.889
Altura	7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	23.000 m ²
Long y Ancho	286 m x 246 m
Ejes radiales	56 ejes
L _{máx} y L _{mín}	50 m y 36 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta compuesta por un sistema de anillos en suspensión. Estructura de vigas de perfiles tubulares atirantadas y soportadas por unos pilares en forma de V. La parte superior de los pilares se introduce en unos soportes de hormigón.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

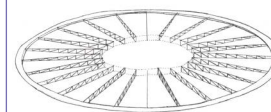


Figura 4.5.74: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.75: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Shizuoka Ecopa

Figura 4.5.76: Interior de la cubierta textil del estadio Shizuoka Ecopa

DENKA BIG SWAN

Arquitecto: Nikken Sekkei Co.Ltd

Ubicación: Niigata, Japón

Año de construcción: 1996 - 2001

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	42.300
Altura	58 m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	23.500 m ²
Long y Ancho	277 m x 256 m
Ejes radiales	20 ejes
L _{máx} y L _{mín}	56 m y 33 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Arco de doble cruz y estructura de anillos de tracción unidos mediante vigas al anillo de compresión exterior. Subestructura de arcos y vigas que tensan la membrana.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

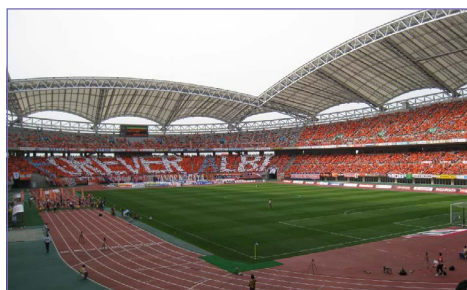
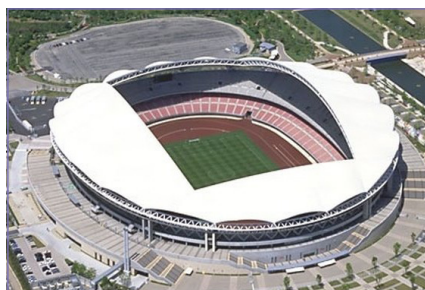
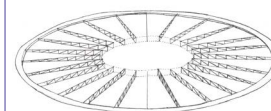


Figura 4.5.77: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.78: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Denka Big Swan

Figura 4.5.79: Interior de la cubierta textil del estadio Denka Big Swan

ESTADIO OITA

Arquitecto: KT Group

Ubicación: Oita, Japón

Año de construcción: 1998 - 2001

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	43.000
Altura	57,5m, 5 plantas
Retráctil	Sí

S. cubierta	23.000 m ²
Long y Ancho	274 m x 274 m
Ejes radiales	20 ejes
L _{máx} y L _{mín}	60(145) y 10(111)
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura espacial suspendida en la base central del estadio mediante un arco de viga principal (eje N-S) y unas subvigas perpendiculares a este que se cruzan (eje E-O). El techo retráctil funciona como un sistema de tracción por cable, se incluyen cables de acero en cada costilla.

TIPO: MEMBRANA TRIDIMENSIONAL

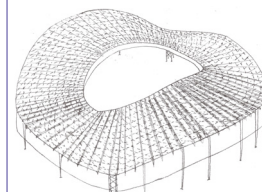


Figura 4.5.80: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.81: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Oita

Figura 4.5.82: Interior de la cubierta textil del estadio Oita

VELTINS ARENA

Arquitecto: Hentrich - Petschnigg & Partner (HPP)

Ubicación: Gelsenkirchen, Alemania

Año de construcción: 1996 - 2001

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	53.804
Altura	54 m, 4 plantas
Retráctil	Sí (30 minutos)

S. cubierta	-
Long y Ancho	225 m x 187 m
Ejes radiales	40 ejes
L_{\max} y L_{\min}	-
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura espacial rectangular de cerchas en dos direcciones conectada al edificio principal mediante 26 pilares de acero. Los cables de acero tensan la membrana entre las vigas de soporte para mayor estabilidad. El techo descapotable también se apoya en 26 columnas de borde articuladas.

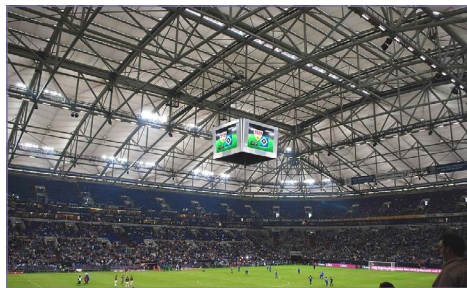
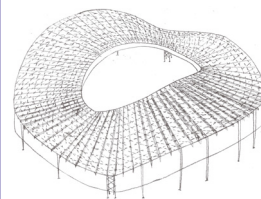
TIPO: MEMBRANA TRIDIMENSIONAL

Figura 4.5.83: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.84: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Veltins Arena

Figura 4.5.85: Interior de la cubierta textil del estadio Veltins Arena

ESTADIO DAEGU

Arquitecto: Kang Cheol-Hee, IIIA; WS Atkins

Ubicación: Daegu, Corea del Sur

Año de construcción: 1997 - 2001

Localización	Periferia
Geometría	Media Luna
Capacidad	65.754
Altura	28,3 m, 1 planta
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	273 m x 259 m
Ejes radiales	24 ejes
L_{\max} y L_{\min}	66 m y 25 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Dos arcos principales cuadrados se conectan a los arcos exteriores en cada extremo. Sobre estos se apoyan las cerchas de segundo orden. Los paneles se tensan sobre seis correas arqueadas colocadas sobre las cerchas. Cada arco exterior se apoya en 13 puntos sobre las columnas diagonales.

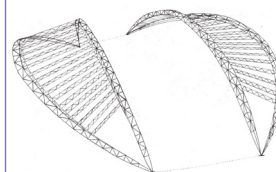
TIPO: ARCO SUBTIPO: CORREAS

Figura 4.5.86: Icono tipología de arco (correas). Elaboración propia.

Figura 4.5.87: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Daegu

Figura 4.5.88: Interior de la cubierta textil del estadio Daegu

SAPPORO DOME

Arquitecto: Hiroshi Hara y Atrie Bunku

Ubicación: Sapporo, Japón

Año de construcción: 1998 - 2001

Localización	Periferia
Geometría	Doble Circular
Capacidad	41.484
Altura	68m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	53.000 m ²
Long y Ancho	245 m x 215 m
Ejes radiales	-
L_{\max} y L_{\min}	-
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta abovedada sobre todo el recinto y un terreno de juego deslizante. La membrana es soportada gracias a un armazón estructural compuesto por cuatro arcos principales que se cruzan y vigas en las dos direcciones.

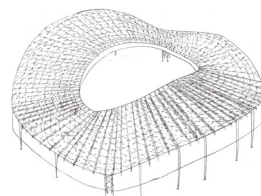
TIPO: MEMBRANA TRIDIMENSIONAL

Figura 4.5.89: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.90: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Sapporo Dome

Figura 4.5.91: Interior de la cubierta textil del estadio Sapporo Dome

KASHIMA SOCCER STADIUM

Arquitecto: Nikken Sekkei; Chukoh
 Ubicación: Kashima, Japón, primer tejido arquitectónico de Japón
 Año de construcción: 1992 - 1993, (Cubierta: 2001), reformado en 2011

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	42.000
Altura	4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	232 m x 214 m
Ejes radiales	80 ejes
L _{máx} y L _{mín}	40 m y 20 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Cubierta compuesta por anillos en suspensión. El anillo interior a tracción y el anillo exterior a compresión se encuentran unidos por 80 vigas radiales apoyadas en soportes con forma de V. La subestructura anular de arcos aporta la doble curvatura necesaria para la rigidez y estabilidad.

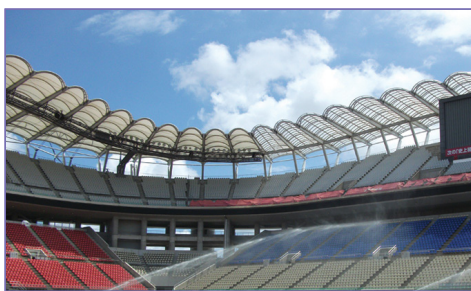


Figura 4.5.92: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.93: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Kashima Soccer

Figura 4.5.94: Interior de la cubierta textil del estadio Kashima Soccer

JEONJU WORLD CUP STADIUM

Arquitecto: POS A.C.
 Ubicación: Jeonju, Corea del Sur
 Año de construcción: 2001

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	42.477
Altura	63 m, 7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	20.000 m ²
Long y Ancho	235 m x 205 m
Ejes radiales	60 ejes
L _{máx} y L _{mín}	45 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Cubierta de acero compuesta por un anillo perimetral apoyado en columnas en forma de A y una cercha anular interior suspendida mediante una red de 7 cables en abanico que parten de cada mástil. Sobre estos anillos se apoyan unas cerchas individuales sobre las que se sitúa la membrana.

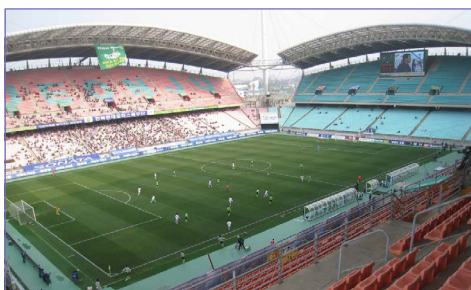
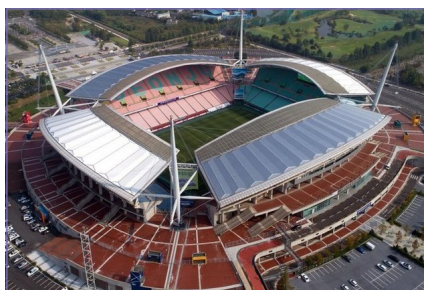
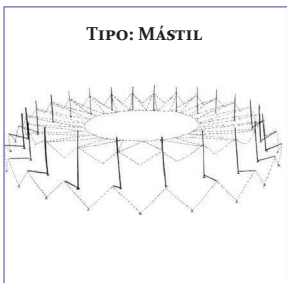


Figura 4.5.95: Icono tipología de mástil. Elaboración propia.

Figura 4.5.96: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Jeonju World Cup

Figura 4.5.97: Interior de la cubierta textil del estadio Jeonju World Cup

VOLKSWAGEN ARENA

Arquitecto: HPP, Dusseldorf, nb+b y Wolfsburg; Büro Hpp
 Ubicación: Wolfsburg, Alemania en 2002
 Año de construcción: 2001 - 2002

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	30.000
Altura	36 m
Retráctil	No

S. cubierta	25.500 m ²
Long y Ancho	197 m x 193 m
Ejes radiales	32 ejes
L _{máx} y L _{mín}	40 m y 32 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:
 Cubierta consta de un sistema de anillos en suspensión. Unidos por 32 cerchas radiales dispuestas a intervalos de hasta 14m. Una estructura de cables tensados soportan los paneles de membrana de hasta 14x36m, y se montan entre las cerchas radiales.



Figura 4.5.98: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.99: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Volkswagen Arena

Figura 4.5.100: Interior de la cubierta textil del estadio Volkswagen Arena

JEJU WORLD CUP STADIUM

Arquitecto: Ilkun Architects

Ubicación: Seogwipo, Corea del Sur

Año de construcción: 1999 - 2001 (Cubierta: 2003)

Localización	Centro urbano
Geometría	Media Luna
Capacidad	35.657
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	16.000 m ²
Long y Ancho	220 m x 220 m
Ejes radiales	19 ejes
L _{máx} y L _{mín}	71 m y 20 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Sistema estructural de entramado espacial suspendido sobre seis mástiles mediante cables y tirantes. Cuenta con 20 cerchas radiales triangulares, cerchas delanteras y traseras. Entre cada celosía radial se extiende la membrana tensada por cables y una subestructura de arcos.

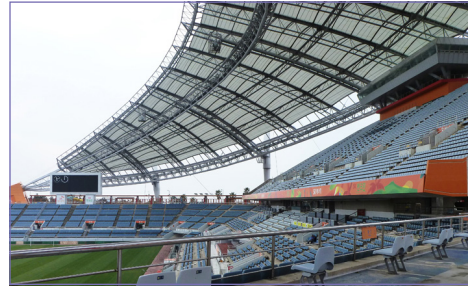
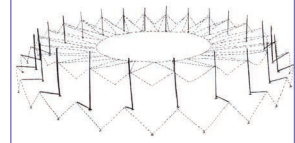
TIPO: MÁSTIL

Figura 4.5.101: Icono tipología de mástil. Elaboración propia.

Figura 4.5.102: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Jeju World Cup

Figura 4.5.103: Interior de la cubierta textil del estadio Jeju World Cup

ESTADIO ALGARVE

Arquitecto: Populous (HOK Sport) y AARQ; CENO TEC GmbH

Ubicación: Loulé, Portugal

Año de construcción: 2003

Localización	Periferia
Geometría	Media Luna
Capacidad	30.002
Altura	73 m, 1 planta
Retráctil	No

S. cubierta	10.168 m ²
Long y Ancho	215 m x 185 m
Ejes radiales	16 ejes
L _{máx} y L _{mín}	50 m y 30 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

Estructuras de arcos de acero sostienen las cubiertas sobre dos de las gradas. Estos están estabilizados por unos tirantes en abanico que parten de cuatro pilares inclinados. Sobre los arcos principales se apoya una subestructura de cerchas arqueadas que permiten tensar la membrana.

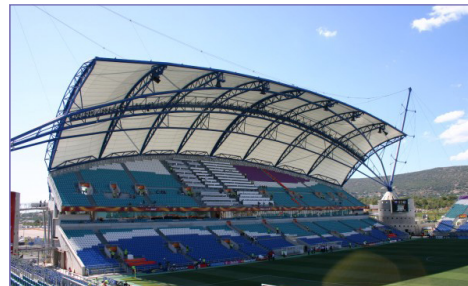
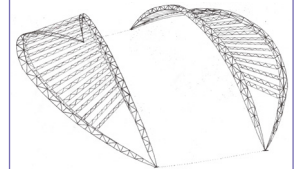
**TIPO: ARCO
SUBTIPO: CORREAS**

Figura 4.5.104: Icono tipología de arco (correas). Elaboración propia.

Figura 4.5.105: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Algarve

Figura 4.5.106: Interior de la cubierta textil del estadio Algarve

ESTADIO D.AFONSO HENRIQUES

Arquitecto: Eduardo Guimaraes

Ubicación: Guimaraes, Portugal

Año de construcción: 1965 (Cubierta: 2003), reformado 1991 - 2003

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	30.452
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	200 m x 182 m
Ejes radiales	73 ejes
L _{máx} y L _{mín}	28 m
Material textil	-

Estructura cubierta:

Cubierta consta de un sistema de anillos en suspensión. El anillo interior a tracción y el anillo exterior a compresión se encuentran unidos por 73 cerchas radiales. A su vez, se incorpora una subestructura anular de arcos que aportan esa doble curvatura y estabilidad.

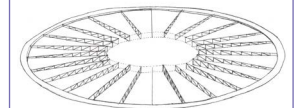
**TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS**

Figura 4.5.107: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.108: Aspecto exterior de la cubierta del estadio D.Afonso Henriques

Figura 4.5.109: Interior de la cubierta textil del estadio D.Afonso Henriques

OLYMPIAKOS

Arquitecto: Stelios Aghiostratidis

Ubicación: Atenas

Año de construcción: 1895, reconstruido en 2002 - 2004 (Cubierta: 2004)

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	33.296
Altura	37 m
Retráctil	No

S. cubierta	21.840 m ²
Long y Ancho	217 m x 180 m
Ejes radiales	70 ejes
L _{max} y L _{min}	42 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

Estructura de acero en voladizo. Las 14 torres metálicas de 43m de longitud sostienen 70 vigas radiales con una longitud de 42m formando el sistema de soporte del techo. Sobre estas vigas radiales se coloca una subestructura de arcos tubulares que permiten la doble curvatura de la membrana.

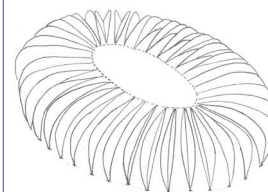
TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

Figura 4.5.110: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.111: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Olympiakos

Figura 4.5.112: Interior de la cubierta textil del estadio Olympiakos

ESTADIO OLÍMPICO DE BERLÍN

Arquitecto: Werner March, Albert Speer y Wilhelm Krane; GMP Architects

Ubicación: Berlín, Alemania

Año de construcción: 1936, reformado en 2000 - 2004 (Cubierta: 2004)

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	76.000
Altura	22 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	33.006 m ²
Long y Ancho	304 m x 230 m
Ejes radiales	76 ejes
L _{max} y L _{min}	68 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta formada por un sistema de anillos en suspensión. Estos son soportados por 76 cerchas idénticas dispuestas radialmente en voladizo. Estructura de tubos de acero con una envergadura de 68 metros y que se apoya en 20 columnas arbóreas esbeltas alrededor del anillo superior.

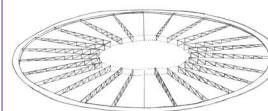
TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

Figura 4.5.113: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.114: Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Berlín

Figura 4.5.115: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Berlín

COMMERZBANK

Arquitecto: GMP Architects

Ubicación: Frankfurt

Año de construcción: 1925, reconstruido en 2002 - 2005 (Cubierta: 2005)

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	51.500
Altura	65 m
Retráctil	Sí

S. cubierta	35.100 m ²
Long y Ancho	210 m x 190 m
Ejes radiales	44 ejes
L _{max} y L _{min}	61(140) y 55(90)
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta formada por un sistema de anillos en suspensión unidos únicamente gracias a cables traccionados. Anillo de compresión exterior y dos anillos interiores separados por puntales de 12 m y cables radiales.

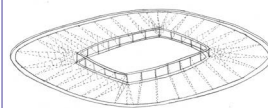
TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

Figura 4.5.116: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia.

Figura 4.5.117: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Commerzbank

Figura 4.5.118: Interior de la cubierta textil del estadio Commerzbank

HDI ARENA

Arquitecto: Leonhardt, Hillebrecht, Konwiarz y Goesmann; SCHULITZ Architekten
 Ubicación: Hannover, Alemania
 Año de construcción: 1954, reformado 2003 - 2005 (Cubierta: 2005)

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	44.652
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	11.000 m ²
Long y Ancho	245 m x 208 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	50 m
Material textil	ETFE

Estructura cubierta:
 Sistema de anillos con dos anillos de compresión y dos anillos de tracción, por lo que divide la cubierta en dos subsistemas. La exterior es una estructura de acero con un revestimiento de acero corrugado opaco, mientras que el techo interior está revestido con una piel de ETFE.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

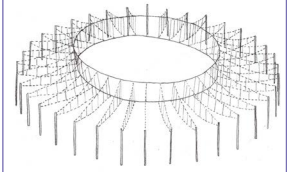


Figura 4.5.119: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.120: Aspecto exterior de la cubierta del estadio HDI Arena

Figura 4.5.121: Interior de la cubierta textil del estadio HDI Arena

ESTADIO SARACOGLU

Arquitecto: Zehra Aksu y Adnan Aksu
 Ubicación: Estambul, Turquía
 Año de construcción: 1908, reeformado 1999 - 2006 (Cubierta: 2006)

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	50.530
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	22.300 m ²
Long y Ancho	201 m x 164 m
Ejes radiales	58 ejes
L _{máx} y L _{mín}	46 m y 43 m
Material textil	-

Estructura cubierta:
 Cubierta compuesta por una estructura principal de cerchas longitudinales, donde se fijan los cables atirantados que sostienen las vigas radiales. Las membranas se tensan a partir de la adición de una subestructura anular de arcos, que aporta esa doble curvatura y estabilidad al conjunto.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

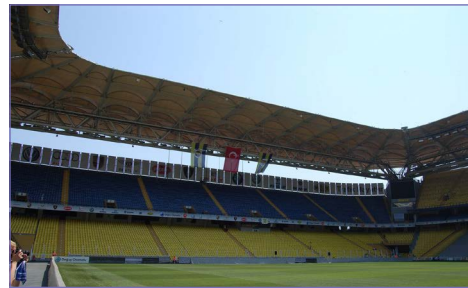
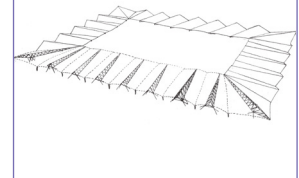


Figura 4.5.122: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.123: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Saracoglu

Figura 4.5.124: Interior de la cubierta textil del estadio Saracoglu

ESTADIO O2 MILLENIUM DOME

Arquitecto: Richard Rogers; Arquitecto cubierta: HOK Sport
 Ubicación: Londres, Reino Unido
 Año de construcción: 2005 - 2007

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	23.000
Altura	100 m, 3 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	100.000 m ²
Long y Ancho	365 m x 365 m
Ejes radiales	72 ejes
L _{máx} y L _{mín}	182 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Estructura suspendida y sostenida por cables que van desde el extremo exterior de los 12 mástiles de acero (atravesan la tela de teflón) hasta la tela de fibra de vidrio. No es autoportante, no sujeta su propio peso, requiere la ayuda de la red de cables sujeta a los mástiles, de 70km de cable de acero.

TIPO: MÁSTIL

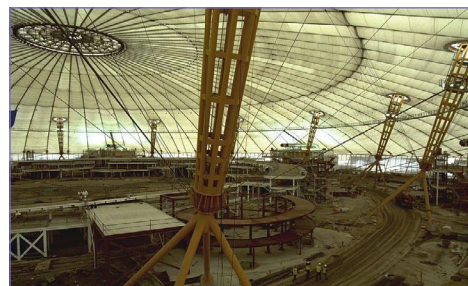
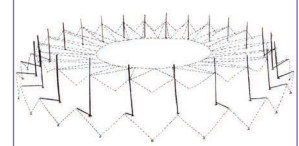


Figura 4.5.125: Icono tipología de mástil. Elaboración propia.

Figura 4.5.126: Aspecto exterior de la cubierta del estadio O2 Millennium Dome

Figura 4.5.127: Interior de la cubierta textil del estadio O2 Millennium Dome

ESTADIO OLÍMPICO DE ROMA

Arquitecto: Enrico Del Debbio, Moretti y Vitellozzi; MEIS architects

Ubicación: Roma, Italia

Año de construcción: 1975, reformado en 2007 (Cubierta: 2007)

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	72.698
Altura	37 m, 4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	50.000 m ²
Long y Ancho	308 m x 237 m
Ejes radiales	78 ejes
L _{max} y L _{min}	50 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Anillo exterior de compresión triangulado y anillo interior de tracción formado por cables, unidos mediante una distribución radial de 88 cables y 12 tirantes verticales. Los cables están unidos a una subestructura radial de arcos (truss beam) que tensan la membrana.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

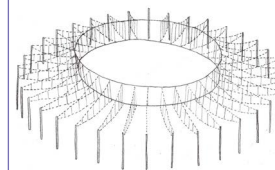


Figura 4.5.128: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.129: Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Roma

Figura 4.5.130: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Roma

SKILLED PARK GOLD COAST O CBUS SUPER STADIUM

Arquitecto: HOK SVE

Ubicación: Gold Coast, Australia

Año de construcción: 2006 - 2008

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	27.690
Altura	1 planta
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	217 m x 152 m
Ejes radiales	68 ejes
L _{max} y L _{min}	26 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Membrana que integra la cubierta y la fachada, unida a un esqueleto estático de acero mediante tensores de acero inoxidable que proporciona la tensión a los distintos paneles. Los paneles se tensan sobre costillas arqueadas de perfiles de acero.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

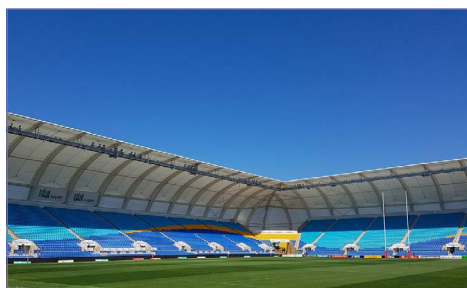
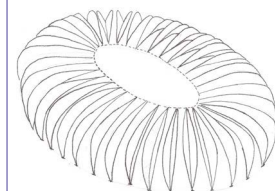


Figura 4.5.131: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.132: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Skilled Park Gold Coast

Figura 4.5.133: Interior de la cubierta textil del estadio Skilled Park Gold Coast

STADE AUGUSTE-DELAUNE

Arquitecto: Michel Rémon & Associés; Arquitecto cubierta: ARCORA

Ubicación: Reims, Francia en 1955 y fue reconstruido

Año de construcción: 2008

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	20.519
Altura	4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	11.000 m ²
Long y Ancho	173 m x 140 m
Ejes radiales	50 ejes
L _{max} y L _{min}	25 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:
La membrana se apoya en un conjunto de ménsulas transversales curvas y de una subestructura formada por arcos curvos colocados paralelamente de ménsula a ménsula. La estructura consta de soportes transversales a una distancia de 10,80 y 11,40m.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

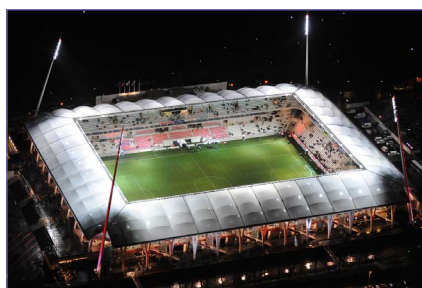
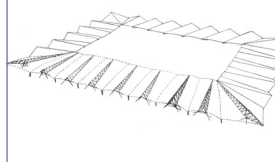


Figura 4.5.134: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.135: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Auguste-Delaune

Figura 4.5.136: Interior de la cubierta textil del estadio Auguste-Delaune

ESTADIO BEIJING NATIONAL

Arquitecto: Herzog & de Meuron, China Archit Design & Group; ARUP Sport
 Ubicación: Pekín, China, mayor estructura de acero del mundo.
 Año de construcción: 2008

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalado
Capacidad	80.000
Altura	69 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	50.000 m ²
Long y Ancho	333 m x 296 m
Ejes radiales	24 ejes
L _{máx} y L _{mín}	80 m
Material textil	F.v+PTFE, ETFE

Estructura cubierta:
 Doble armazón estructural separados 15 m, el interior compuesto por una cubeta de hormigón y el exterior por 24 vigas de pórtico y un entramado de acero entrelazados. Los espacios desde el exterior se rellenan con membranas de ETFE y el interior con PTFE.

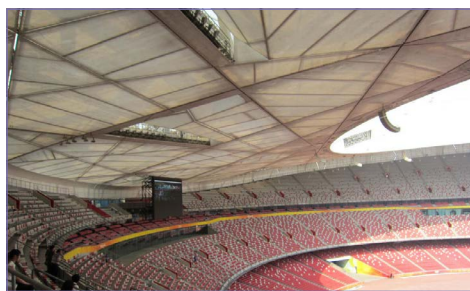
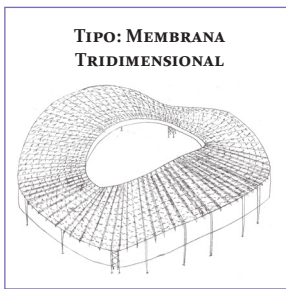


Figura 4.5.137: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.138: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Beijing National

Figura 4.5.139: Interior de la cubierta textil del estadio Beijing National

MOSES MABHIDA

Arquitecto: Gerhard le Roux
 Ubicación: Durban, Sudáfrica
 Año de construcción: 2006 - 2009

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	70.000
Altura	105 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	46.500 m ²
Long y Ancho	290 m x 290 m
Ejes radiales	52 ejes
L _{máx} y L _{mín}	85 m y 28 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Gran arco soporta el peso de la cubierta. Dos arcos horizontales se apoyan en columnas de hormigón de la fachada y definen el borde exterior de la cubierta. Cables radiales están fijados desde borde externo al borde interno y al arco.

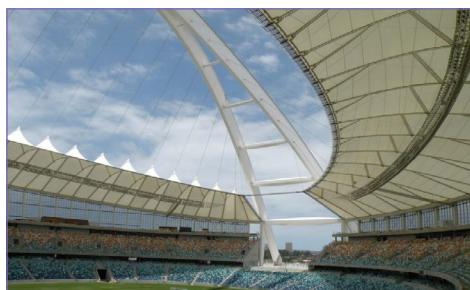


Figura 4.5.140: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.141: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Moses Mabhida

Figura 4.5.142: Interior de la cubierta textil del estadio Moses Mabhida

ESTADIO NELSON MANDELA BAY

Arquitecto: GMP Architects
 Ubicación: Puerto Elizabeth, Sudáfrica
 Año de construcción: 2007 - 2009

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	48.000
Altura	35 m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	34.000 m ²
Long y Ancho	260 m x 200 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{máx} y L _{mín}	45,8 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Cubierta compuesta por 36 cerchas trianguladas revestidas de aluminio en voladizo de 45,8 m. Situadas sobre una galería porticada de hormigón de dos plantas por todo el perímetro. También integra un sistema de cables que forman valles en las membranas.

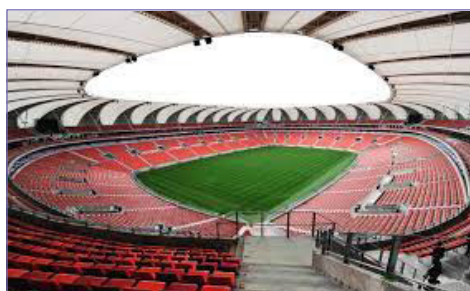
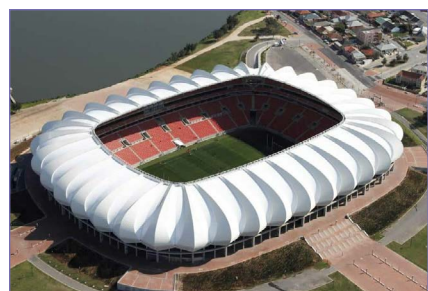


Figura 4.5.143: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.144: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Nelson Mandela Bay

Figura 4.5.145: Interior de la cubierta textil del estadio Nelson Mandela Bay

ESTADIO SOCCER CITY O FNB STADIUM

Arquitecto: B. Urban Edge y HOK Sport; Schlaich Bergermann Partner

Ubicación: Johannesburg, Sudáfrica

Año de construcción: 1989, reconstruido en 2006 - 2009 (Cubierta: 2009)

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	88.460
Altura	40 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	50.000 m ²
Long y Ancho	320 m x 302 m
Ejes radiales	61 ejes
L _{max} y L _{min}	36 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura integral de cubierta y fachada, la estructura consta de unas vigas arqueadas en voladizo revestidas con dos membranas una inferior y otra superior. Posee una viga anular circunferencial de tres cordones, de 800m de longitud.

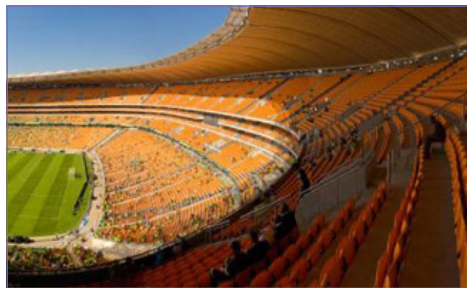
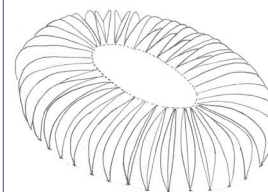
TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

Figura 4.5.146: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.147: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Soccer City

Figura 4.5.148: Interior de la cubierta textil del estadio Soccer City

CAPE TOWN O GREEN POINT

Arquitecto: GMP Architects

Ubicación: Ciudad del Cabo, Sudáfrica

Año de construcción: 2007 - 2010

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	55.000
Altura	38 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	45.000 m ²
Long y Ancho	290 m x 265 m
Ejes radiales	72 ejes
L _{max} y L _{min}	65 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

El anillo de compresión exterior, ligeramente ondulado, se ha cubierto con una pesada capa de vidrio laminado para contrarrestar la succión del viento. Las piezas de vidrio se apoyan en 72 vigas radiales, que sustentan el anillo de compresión interior a la vez que la membrana interior.

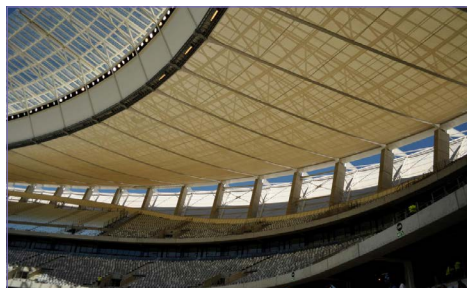
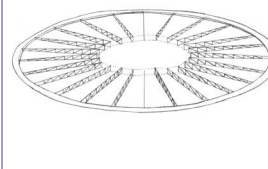
TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

Figura 4.5.149: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.150: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Cape Town

Figura 4.5.151: Interior de la cubierta textil del estadio Cape Town

RED BULL ARENA USA

Arquitecto: Rossetti Architects

Ubicación: Nueva Jersey, Estados Unidos

Año de construcción: 2006 - 2010

Localización	Centro urbano
Geometría	Elíptica
Capacidad	25.189
Altura	5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	29.940 m ²
Long y Ancho	217 m x 174 m
Ejes radiales	41 ejes
L _{max} y L _{min}	40 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura prefabricada de vigas tridimensionales arqueadas de acero en voladizo. Las membranas cubren tanto la cubierta como la fachada, favoreciendo una superficie curva y una solución simplificada.

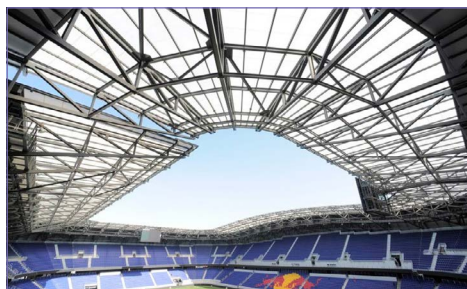
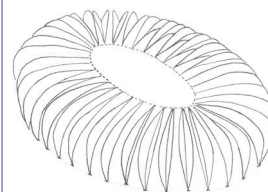
TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

Figura 4.5.152: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.153: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Red Bull Arena USA

Figura 4.5.154: Interior de la cubierta textil del estadio Red Bull Arena USA

ESTADIO NACIONAL DE KUWAIT O JABER AL-AHMAD AL-SABAH

Arquitecto: Mohammed Abdulmohsin Al Kharafi and Sons

Ubicación: Al-Ardiya, Kuwait en 2010

Año de construcción: 2004-2010 (Cubierta: 2010), reformado en 2014-2015

Localización	Periferia	S. cubierta	13.700 m ²
Geometría	Circular	Long y Ancho	275 m x 312 m
Capacidad	64.000	Ejes radiales	52 ejes
Altura	4 plantas	L _{máx} y L _{mín}	82 m y 54 m
Retráctil	No	Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Estructura de hormigón de 52 pilares de forma dinámica sostienen tanto la grada como la cubierta textil. La cubierta se compone de un anillo interior de tracción y cables radiales de acero, de los cuales se suspenden mástiles suspendidos en el aire que forman las claraboyas.

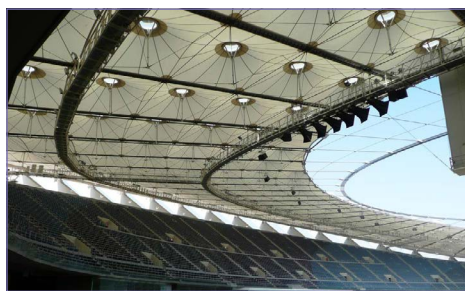
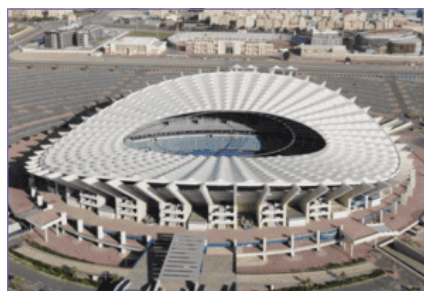


Figura 4.5.155: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia.

Figura 4.5.156: Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Kuwait

Figura 4.5.157: Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Kuwait

INEA STADION O MUNICIPAL STADIUM

Arquitecto: Modern Construction Design Sp. Zo.o.

Ubicación: Póznan, Polonia

Año de construcción: 1980, reconstruido en 2003 - 2010 (Cubierta: 2010)

Localización	Periferia	S. cubierta	-
Geometría	Rectangular	Long y Ancho	228 m x 212 m
Capacidad	42.004	Ejes radiales	53 ejes
Altura	7 plantas	L _{máx} y L _{mín}	74 m y 60 m
Retráctil	No	Material textil	-

Estructura cubierta:
Cubierta sostenida por cuatro cerchas principales que se cruzan y se anclan en las esquinas del campo. Sobre estas se apoyan las vigas arqueadas que soportan la subestructura de arcos que tensan la membrana. Toda la membrana está dividida en segmentos iguales, cada uno de 9 m de ancho.

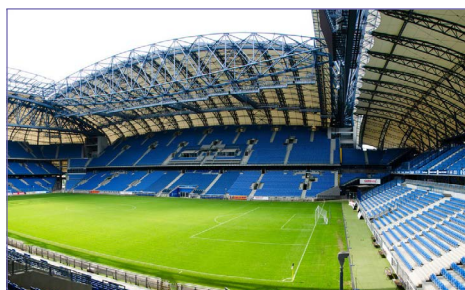
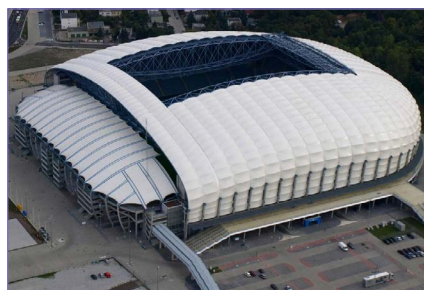


Figura 4.5.158: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.159: Aspecto exterior de la cubierta del estadio INEA

Figura 4.5.160: Interior de la cubierta textil del estadio INEA

ESTADIO AKRON

Arquitecto: HOK Mexico, VFO, Studio Massaud Pouzet; Luis Bozzo

Ubicación: Guadalajara, Méjico

Año de construcción: 2007 - 2010

Localización	Periferia	S. cubierta	48.000 m ²
Geometría	Rectangular	Long y Ancho	280 m x 250 m
Capacidad	49.850	Ejes radiales	58 ejes
Altura	41 m, 4 plantas	L _{máx} y L _{mín}	35 m
Retráctil	No	Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Estadio sobre una colina de hormigón que se cubrió con césped. Cubierta levita sobre 16 soportes de hormigón a unas distancias de 42m entre sí. Consta de macro cerchas de perfiles metálicos en las que apoyan vigas de transferencia. Perímetro del anillo exterior comprimido 680 m.

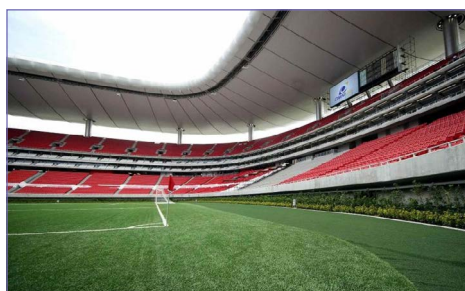
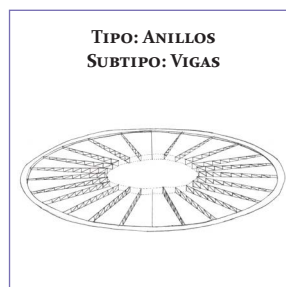


Figura 4.5.161: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.162: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Akron

Figura 4.5.163: Interior de la cubierta textil del estadio Akron

ESTADIO ARENA NACIONAL DE BUCAREST

Arquitecto: GMP Architects

Ubicación: Bucarest, Rumanía

Año de construcción: 1953, reconstruido en 2008 - 2011 (Cubierta: 2011)

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	55.634
Altura	50 m
Retráctil	Sí

S. cubierta	38.900 m ²
Long y Ancho	240 m x 200 m
Ejes radiales	40 ejes
L _{máx} y L _{mín}	70(134) y 65(93)
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:
Cubierta basada en el sistema de anillos en suspensión. El anillo exterior se apoya en columnas de acero, en las que se fijan los cables radiales hasta el anillo de tracción interior. Sobre este se fija un techo de policarbonato. El techo retráctil corre a lo largo del cable radial inferior en forma de araña.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

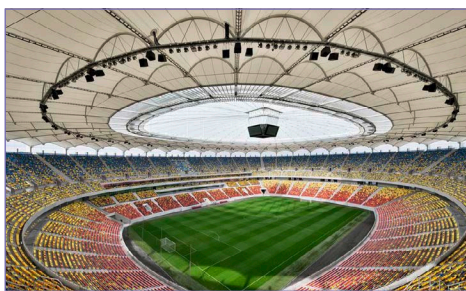
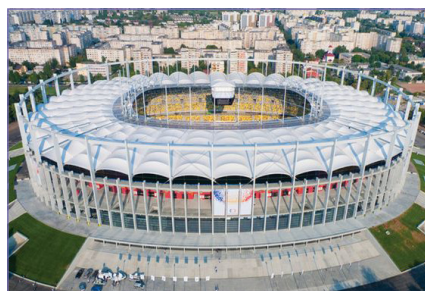
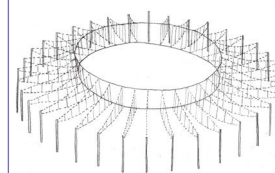


Figura 4.5.164: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.165: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Arena Nacional de Bucarest

Figura 4.5.166: Interior de la cubierta textil del estadio Arena Nacional de Bucarest

ESTADIO OLÍMPICO DE KIEV

Arquitecto: GMP Architects

Ubicación: Kiev, Ucrania

Año de construcción: 1923, reconstruido en 2008 - 2011 (Cubierta: 2011)

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	70.050
Altura	51 m
Retráctil	No

S. cubierta	51.000 m ²
Long y Ancho	306 m x 236 m
Ejes radiales	80 ejes
L _{máx} y L _{mín}	65 m
Material textil	F.v + PTFE, ETFE

Estructura cubierta:
Cubierta basada en el sistema de anillos en suspensión. Dos anillos exteriores de compresión, un anillo interior y cables de acero radiales superiores e inferiores que soportan los mástiles flotantes, que permiten abrir las 640 claraboyas cubiertas por una lámina de ETFE de una sola capa.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

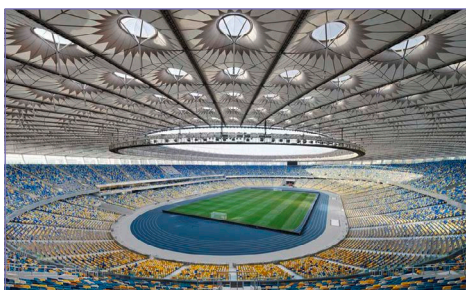
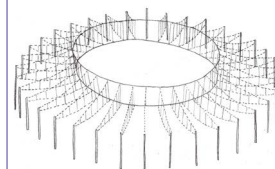


Figura 4.5.167: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.168: Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Kiev

Figura 4.5.169: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Kiev

ESTADIO DEL EJÉRCITO POLACO

Arquitecto: JSK Architekci

Ubicación: Varsovia, Polonia

Año de construcción: 1930, reconstruido 2008 - 2011 (Cubierta: 2011)

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	30.967
Altura	32 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	18.000 m ²
Long y Ancho	205 m x 162 m
Ejes radiales	28 ejes
L _{máx} y L _{mín}	61 m y 43 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Marquesina en voladizo con vigas de celosía de tres cordones, unidas a una subestructura de hormigón armado, apoyadas en 4 puntos. Están separadas cada 21,2m. La región interior de la cubierta se ha revestido con placas de policarbonato sobre una subestructura de acero.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

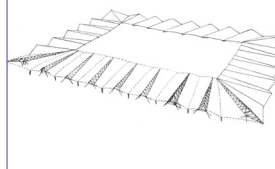


Figura 4.5.170: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.171: Aspecto exterior de la cubierta del estadio del ejército polaco

Figura 4.5.172: Interior de la cubierta textil del estadio del ejército polaco

MERCEDES BENZ ARENA

Arquitecto: Greg Sherlock

Ubicación: Stuttgart, Alemania

Año de construcción: 1933, reformado en 2000, 2004, 2011 (Cubierta: 2011)

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	60.441
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	38.000 m ²
Long y Ancho	299 m x 245 m
Ejes radiales	40 ejes
L _{máx} y L _{mín}	67 m
Material textil	PVC + TiO ₂

Estructura cubierta:
Cubierta basada en el sistema de anillos en suspensión. El anillo exterior se apoya en columnas de acero, en las que se fijan los cables radiales hasta el anillo de tracción interior. La membrana se tensa gracias a la adición de una subestructura anular de arcos, que aportan esa doble curvatura.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

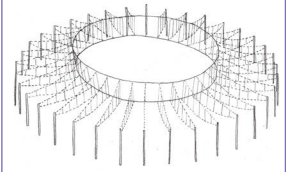


Figura 4.5.173: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.174: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Mercedes Benz Arena

Figura 4.5.175: Interior de la cubierta textil del estadio Mercedes Benz Arena

ESTADIO BAO'AN

Arquitecto: GMP Architects

Ubicación: Shenzhen, China

Año de construcción: 2009 - 2011

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	40.050
Altura	40 m, 2 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	246 m x 246 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{máx} y L _{mín}	53 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Cubierta basada en la suspensión de anillos mediante cables radiales. 36 pares de cables radiales unen un doble anillo de tracción circular y un anillo de compresión exterior. Este último se apoya en numerosos pilares que simulan un bosque de árboles.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

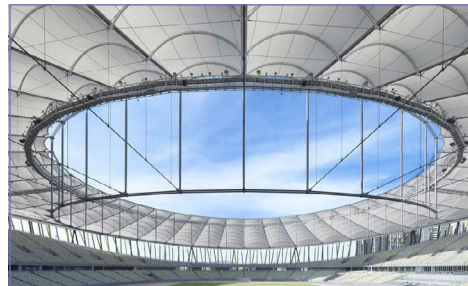
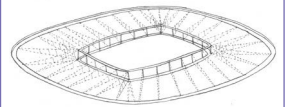


Figura 4.5.176: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia.

Figura 4.5.177: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Bao'an

Figura 4.5.178: Interior de la cubierta textil del estadio Bao'an

BC PLACE VANCOUVER

Arquitecto: Phillips Barret Studio; Arquitecto cubierta: Pfeifer Structures

Ubicación: Vancouver, Canadá en 1983

Año de construcción: 1983, reformado en 2008, 2011 (Cubierta: 2011)

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	56.000
Altura	60 m
Retráctil	Sí

S. cubierta	41.000 m ²
Long y Ancho	261 m x 220 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{máx} y L _{mín}	76(132) y 58(107)
Material textil	F.v + PTFE, ETFE

Estructura cubierta:
Sistema de anillos en suspensión. El perímetro consta de 36 mástiles conectados a los cables, que forman un sistema equilibrado de fuerzas al unir un anillo de compresión exterior y un anillo de tracción interior. Membrana retráctil sobre cables formada por cojines hinchables de ETFE.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

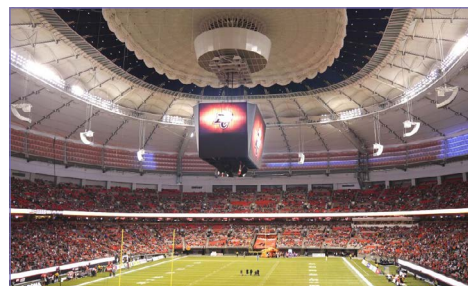
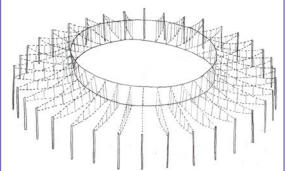


Figura 4.5.179: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.180: Aspecto exterior de la cubierta del estadio BC Place Vancouver

Figura 4.5.181: Interior de la cubierta textil del estadio BC Place Vancouver

ESTADIO NACIONAL DE VARSOVIA

Arquitecto: JSK Architekci, SBP; Arquitecto cubierta: GMP Architects

Ubicación: Varsovia, Polonia

Año de construcción: 2008 - 2012

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	58.580
Altura	70 m, 9 plantas
Retráctil	Sí

S. cubierta	64.800 m ²
Long y Ancho	270 m x 240 m
Ejes radiales	72 ejes
L _{máx} y L _{mín}	90(153) y 86(113)
Material textil	F.v+PTFE, Pol+PVC

Estructura cubierta:
Cubierta basada en el equilibrio de fuerzas de anillos en suspensión. El perímetro consta de 72 mástiles fijados a los cables radiales, que unen el anillo de compresión exterior con el anillo de tracción interior. Membrana retráctil sobre cables radiales.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

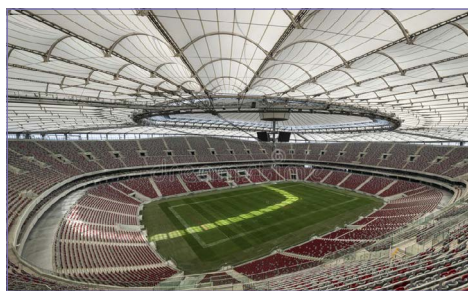
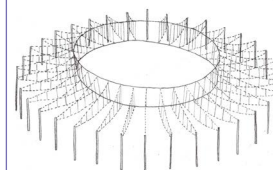


Figura 4.5.182: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.183: Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Varsovia

Figura 4.5.184: Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Varsovia

ESTADIO LUBLIN ARENA

Arquitecto: Estudio Lamela

Ubicación: Lublin, Polonia

Año de construcción: 2011 - 2012, reformado 2014 (Cubierta: 2012)

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	15.400
Altura	30 m, 3 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	11.800 m ²
Long y Ancho	175 m x 132 m
Ejes radiales	72 ejes
L _{máx} y L _{mín}	22 m
Material textil	-

Estructura cubierta:
Estructura de vigas trianguladas en voladizo, empotradas a soportes de hormigón. Consta de una subestructura anular de arcos que tensan la membrana para adquirir la doble curvatura. Se arriostra con cruces de San Andrés para estabilizar la estructura ante la acción del viento.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

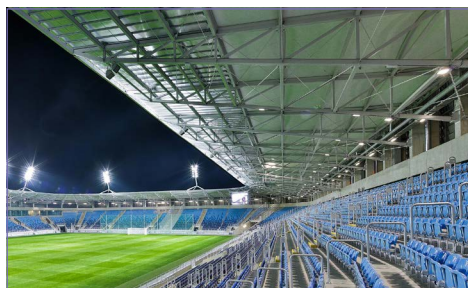
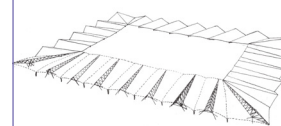


Figura 4.5.185: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.186: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Lublin Arena

Figura 4.5.187: Interior de la cubierta textil del estadio Lublin Arena

ESTADIO NACIONAL BUKIT JALIL

Arquitecto: Arkitek FAA, Schlaich Bergermann Partner, Populous + RSP KL

Ubicación: Kuala Lumpur, Malasia

Año de construcción: 1995 - 1998, reformado en 2012 (Cubierta: 2012)

Localización	Centro urbano
Geometría	Elíptica
Capacidad	87.000
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	38.500 m ²
Long y Ancho	285 m x 230 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{máx} y L _{mín}	66 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:
Estructura de cubierta de anillos en suspensión. 38 ejes radiales de cables se tensan entre el anillo de compresión de acero exterior y los dos anillos de tracción interiores a horcajadas sobre las columnas. Los anillos de tracción son el núcleo del sistema pretensado.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

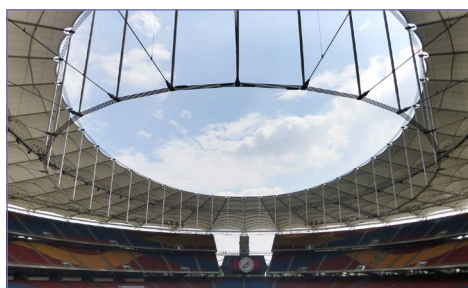
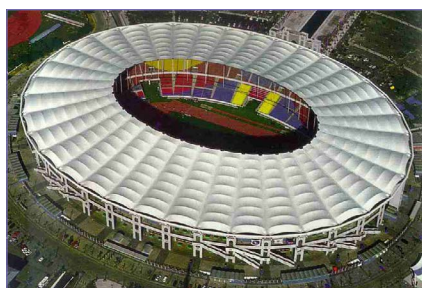
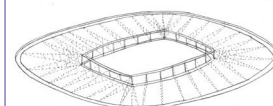


Figura 4.5.188: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia.

Figura 4.5.189: Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional Bukit Jalil

Figura 4.5.190: Interior de la cubierta textil del estadio nacional Bukit Jalil

ESTADIO MARACANÁ

Arquitecto: Schlaich Bergemann and Partner

Ubicación: Río de Janeiro, Brasil en 1950

Año de construcción: 1950, reformado en 2013 (Cubierta: 2013)

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	78.838
Altura	32 m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	46.500 m ²
Long y Ancho	300 m x 260 m
Ejes radiales	60 ejes
L _{máx} y L _{mín}	70 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Cubierta que se caracteriza por un sistema equilibrado de fuerzas a partir de anillos en suspensión. El anillo de compresión exterior y los tres anillos interiores de tracción se unen mediante una red de cables de acero radiales, separados por unos pilares flotantes.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

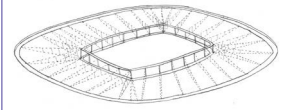


Figura 4.5.191: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia

Figura 4.5.192: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Maracaná

Figura 4.5.193: Interior de la cubierta textil del estadio Maracaná

ESTADIO FONTE NOVA

Arquitecto: SENER y Tetraarq Projetos y Schultz Architects

Ubicación: Salvador de Bahía, Brasil

Año de construcción: 1951, reconstruido en 2010 - 2013 (Cubierta: 2013)

Localización	Centro urbano
Geometría	Elíptica
Capacidad	51.708
Altura	42 m, 7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	32.000 m ²
Long y Ancho	280 m x 220 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{máx} y L _{mín}	61 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Sistema de anillos en suspensión, cuyo núcleo de pretensado se compone por dos anillos de cables anulares interiores, separados por pilares flotantes y estabilizados con cables diagonales. Estos se unen al anillo rígido exterior de compresión mediante una red o cables radiales traccionados.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

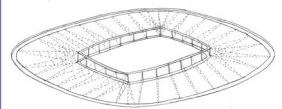


Figura 4.5.194: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia

Figura 4.5.195: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Fonte Nova

Figura 4.5.196: Interior de la cubierta textil del estadio Fonte Nova

ESTADIO NACIONAL DE BRASÍLIA

Arquitecto: Castro Mello Arq, GMP Architects, Schlaich Bergemann and Partner

Ubicación: Brasilia, Brasil

Año de construcción: 1956-1960, reconstruido en 2010-2013 (Cubierta: 2013)

Localización	Periferia
Geometría	Circular
Capacidad	72.800
Altura	61 m
Retráctil	No

S. cubierta	85.000 m ²
Long y Ancho	309 m x 309 m
Ejes radiales	48 ejes
L _{máx} y L _{mín}	95 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Cubierta basada en el sistema estructural de anillos en suspensión. El anillo exterior de compresión de hormigón se apoya sobre 288 columnas, distribuidas en 3 ejes circulares. Se une al anillo interior por cerchas radiales estabilizadas por una subestructura anular de arcos con la membrana.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

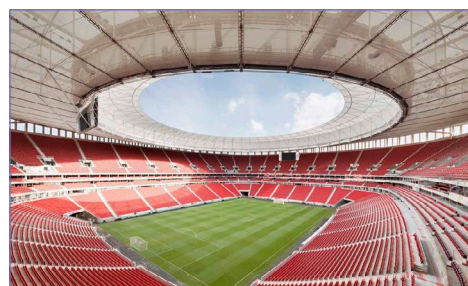
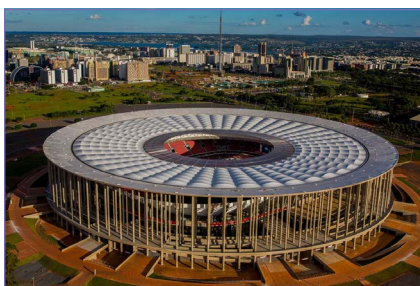
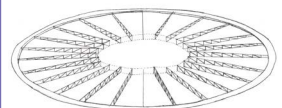


Figura 4.5.197: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.198: Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Brasilia

Figura 4.5.199: Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Brasilia

ESTADIO MINEIRAO

Arquitecto: Caspar Garreto y Eduardo Mendes Guimaraes; BCMF Arquitectos

Ubicación: Belo Horizonte, Brasil

Año de construcción: 1963-1965, reformado en 2010-2013 (Cubierta: 2013)

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	66.000
Altura	24m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	13.000 m ²
Long y Ancho	280 m x 220 m
Ejes radiales	89 ejes
L _{máx} y L _{mín}	65 m
Material textil	F.vidrio + TiO ₂

Estructura cubierta:

Estructura de anillo ultraligero en voladizo de 26m. Anillo de compresión perimetral y nuevos soportes forman un sistema independiente. Se compone de cerchas de menor tamaño unidas por un sistema de cables anulares.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

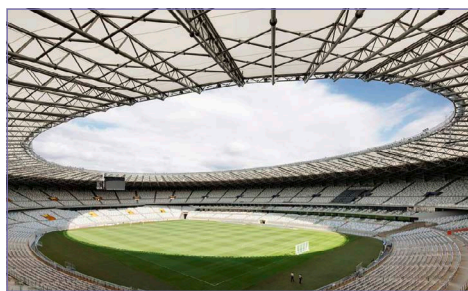
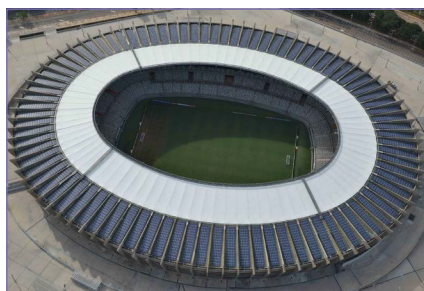
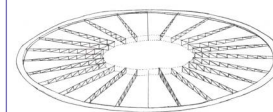


Figura 4.5.200: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.201: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Mineirao

Figura 4.5.202: Interior de la cubierta textil del estadio Mineirao

TRASCOSMOS STADIUM NAGASAKI

Arquitecto: Nihon Sekkei

Ubicación: Isahaya, Japón

Año de construcción: 1969-2011, reconstruido en 2011-2013 (Cubierta: 2013)

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	20.246
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	242 m x 176 m
Ejes radiales	66 ejes
L _{máx} y L _{mín}	20 m
Material textil	-

Estructura cubierta:

Estructura compuesta por cerchas tridimensionales en voladizo, apoyadas en forma de V. La membrana se tensa gracias a unos cables situados sobre las cerchas. Además, consta de un anillo interior que aporta estabilidad al conjunto.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

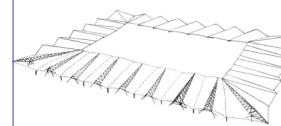


Figura 4.5.203: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.204: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Trascosmos Nagasaki

Figura 4.5.205: Interior de la cubierta textil del estadio Trascosmos Nagasaki

ESTADIO MERSIN ARENA

Arquitecto: Bahadır Kul Architects; Arquitecto cubierta: Ingeniería Goktem

Ubicación: Mersin, Turquía

Año de construcción: 2012 - 2013

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	25.534
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	250 m x 210 m
Ejes radiales	52 ejes
L _{máx} y L _{mín}	63 m y 50 m
Material textil	-

Estructura cubierta:

Estructura prefabricada de vigas metálicas angulares de acero en voladizo, unidas por un anillo interior y otro exterior. Estas, además, se apoyan en unos soportes en forma de V. Las membranas están tensadas mediante una subestructura anular de arcos.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

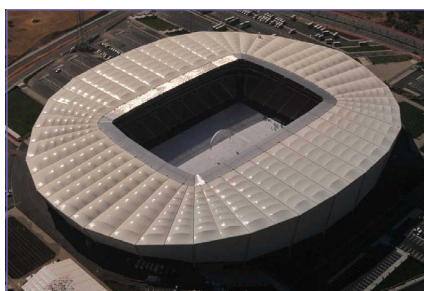
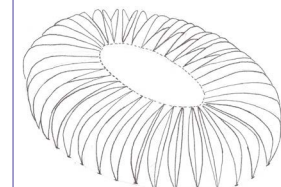


Figura 4.5.206: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.207: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Mersin Arena

Figura 4.5.208: Interior de la cubierta textil del estadio Mersin Arena

HAZZA BIN ZAYED STADIUM

Arquitecto: Pattern Design; Arquitecto cubierta: Schlaich Bergermann Partner
Ubicación: Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos
Año de construcción: 2012 - 2013

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	25.000
Altura	50 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	33.200 m ²
Long y Ancho	211 m x 192 m
Ejes radiales	60 ejes
L _{máx} y L _{mín}	30 m y 11 m
Material textil	F.v+PTFE, Pol+PVC

Estructura cubierta:
Cubierta curva que consiste en una estructura primaria de acero en voladizo con revestimiento de membrana de PVC/PES. Fachada consiste en una estructura de acero diagonal con revestimiento exterior perforado, compuesto por 612 paneles de GLASS/PTFE instalados sobre un marco de acero negro.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS



Figura 4.5.209: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.210: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Hazza Bin Zayed

Figura 4.5.211: Interior de la cubierta textil del estadio Hazza Bin Zayed

ESTADIO ALLIANZ RIVIERA

Arquitecto: Wilmotte&Associés SA , VINCI Concessions; IASO
Ubicación: Niza, Francia
Año de construcción: 2011 - 2013

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	35.624
Altura	7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	49.500 m ²
Long y Ancho	240 m x 209 m
Ejes radiales	60 ejes
L _{máx} y L _{mín}	46 m
Material textil	PES+PVC, ETFE

Estructura cubierta:

Estructura espacial de madera y acero revestida de membrana y paneles solares. Es un entramado a tracción de madera laminada encolada en el interior. La estructura está estabilizada por la «viga Atlas», que recoge las cargas de compresión y tracción.

TIPO: MEMBRANA
TRIDIMENSIONAL

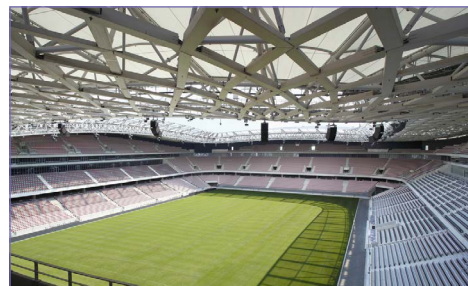
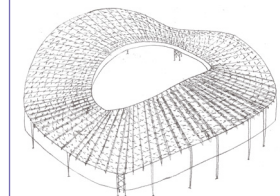


Figura 4.5.212: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.213: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Allianz Riviera

Figura 4.5.214: Interior de la cubierta textil del estadio Allianz Riviera

ESTADIO BEIRA RÍO

Arquitecto: Rui Tedesco
Ubicación: Porto Alegre, Brasil
Año de construcción: 1969, reformado en 2010 - 2014 (Cubierta: 2014)

Localización	Centro urbano
Geometría	Elíptica
Capacidad	50.842
Altura	42 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	288 m x 230 m
Ejes radiales	65 ejes
L _{máx} y L _{mín}	57 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura modular que integra cubierta y fachada, se compone de 65 vigas en forma de arco en voladizo. Estas son estabilizadas por unos perfiles tubulares en forma de anillos. Entre los gajos que forman las cerchas tridimensionales se coloca una subestructura anular de arcos.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

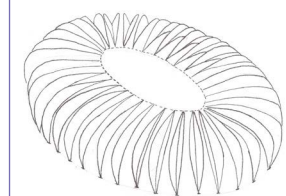


Figura 4.5.215: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.216: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Beira Rio

Figura 4.5.217: Interior de la cubierta textil del estadio Beira Rio

ESTADIO VÉLODROME

Arquitecto: Jean-Pierre Buffi

Ubicación: Marsella, Francia

Año de construcción: 1935, reformado en 2011 - 2014 (Cubierta: 2014)

Localización	Centro urbano
Geometría	Eliptica
Capacidad	67.394
Altura	65 m
Retráctil	No

S. cubierta	65.000 m ²
Long y Ancho	285 m x 274 m
Ejes radiales	60 ejes
L _{máx} y L _{mín}	80 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Cubierta apoyada sobre cuatro soportes metálicos. Membrana extendida sobre una subestructura de arcos que le dan aspecto curvo, apoyados sobre un inmenso armazón tridimensional de acero galvanizado. La estructura espacial consta de 6000 barras conectadas por 60 vigas de celosía radiales.

TIPO: MEMBRANA TRIDIMENSIONAL

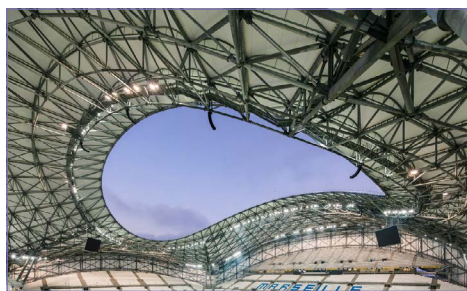
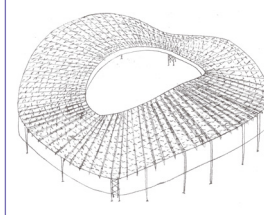


Figura 4.5.218: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.219: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Vélodrome

Figura 4.5.220: Interior de la cubierta textil del estadio Vélodrome

KING ABDULLAH SPORTS CITY STADIUM O AL-JAWHARA STADIUM

Arquitecto: ARUP Associates

Ubicación: Jeddah, Arabia Saudí

Año de construcción: 2011 - 2014

Localización	Periferia
Geometría	Circular
Capacidad	60.241
Altura	6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	275 m x 262 m
Ejes radiales	24 ejes
L _{máx} y L _{mín}	57 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Cubierta formada por cerchas en voladizo, que miden 60m y crean una serie de triángulos isósceles cubiertos por las membranas. Estas se tensan gracias a una subestructura de arcos que permiten esa doble curvatura. Además las cerchas están unidas en el interior por un anillo a tracción.

TIPO: VOLADIZO SUBTIPO: CERCHAS

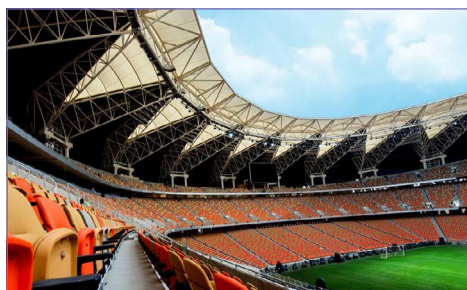
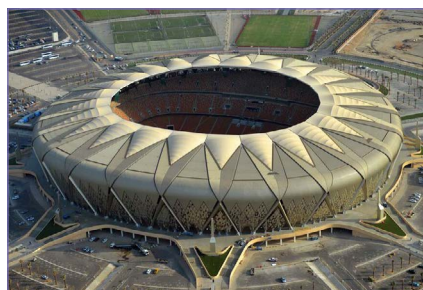
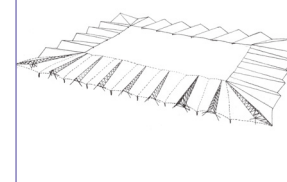


Figura 4.5.221: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.222: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al-Jawhara

Figura 4.5.223: Interior de la cubierta textil del estadio Al-Jawhara

NAGYERDEI STADION

Arquitecto: Peter Bordás, Arq BORD; Arquitecto cubierta: Robert Benke

Ubicación: Debrecen, Hungría

Año de construcción: 1934-1970, reconstruido en 2013-2014 (Cubierta: 2014)

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	20.340
Altura	4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	208 m x 150 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	-
Material textil	-

Estructura cubierta:
Cubierta basada en el sistema de anillos en suspensión. La estructura portante donde se apoya el anillo exterior a compresión consiste en pórticos prefabricados con elementos de tribuna y suelo nervado. Los anillos se conectan mediante cerchas dispuestas radialmente.

TIPO: ANILLOS SUBTIPO: VIGAS

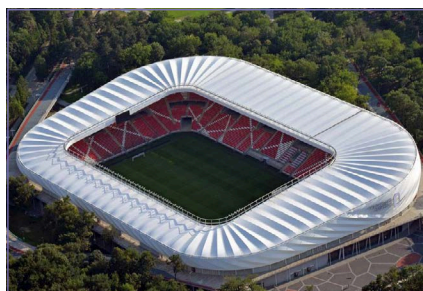
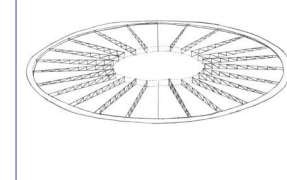


Figura 4.5.224: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.225: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Nagyerdei

Figura 4.5.226: Interior de la cubierta textil del estadio Nagyerdei

SINGAPORE STADIUM

Arquitecto: ARUP Associates, AECOM, DP Architects

Ubicación: Singapur, Singapur, cúpula autoportante más grande del mundo.

Año de construcción: 1973-2007, reconstruido en 2010-2014 (Cubierta: 2014)

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	55.000
Altura	80 m, 6 plantas
Retráctil	Sí (20 minutos)

S. cubierta	20.580 m ²
Long y Ancho	312 m x 312 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	-
Material textil	ETFE

Estructura cubierta:
Cúpula compuesta por varios arcos de acero entrelazados y vigas perimetrales secundarias en forma de anillo, con un techo retráctil. Los 6 arcos en dirección transversal soportan los raíles del techo retráctil y una viga anular de hormigón pretensado une todas las bases de los arcos.

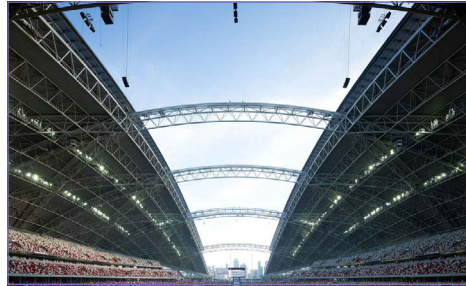
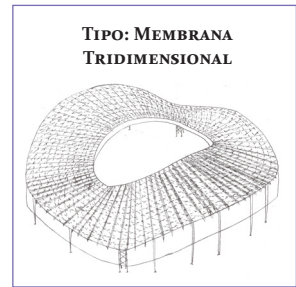


Figura 4.5.227: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.228: Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Singapur

Figura 4.5.229: Interior de la cubierta textil del estadio Singapur

ARENA DA AMAZONIA

Arquitecto: GMP Architects; Arq cubierta: Schlaich Bergermann Partner

Ubicación: Manaus, Brasil

Año de construcción: 2014

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	44-351
Altura	32 m, 4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	52.000 m ²
Long y Ancho	242 m x 201 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{máx} y L _{mín}	40 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Estructura portante de acero formada por vigas dispuestas diagonalmente y en voladizo. Incorporadas a una subestructura que lleva el revestimiento. El anillo de compresión en el borde interior de la cubierta y el anillo de tracción en el exterior son partes de la estructura primaria de acero.

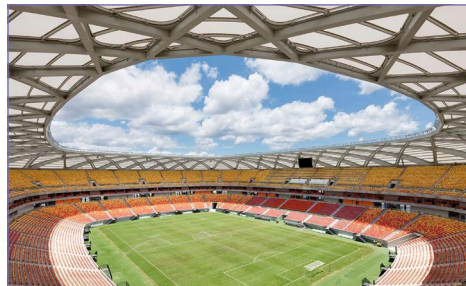
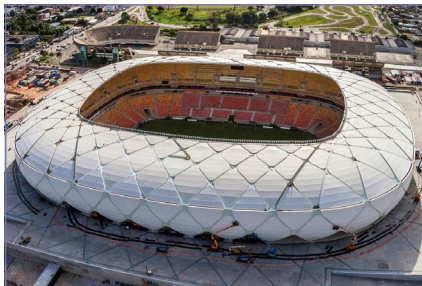


Figura 4.5.230: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia.

Figura 4.5.231: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Arena da Amazonia

Figura 4.5.232: Interior de la cubierta textil del estadio Arena da Amazonia

ESTADIO ÚNICO DE LA PLATA

Arquitecto: Roberto Ferreira y Arquitectos asociados (RFArq)

Ubicación: La Plata, Argentina

Año de construcción: 1998-2003, reformado en 2009-2011, 2015

Localización	Periferia
Geometría	Doble Circular
Capacidad	40.000
Altura	60 m
Retráctil	No

S. cubierta	37.100 m ²
Long y Ancho	240 m x 180 m
Ejes radiales	26 ejes
L _{máx} y L _{mín}	51 m y 43 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Mástiles metálicos suspendidos de una red triangulada de tensores. Anillo perimetral de compresión soporta la carga de la cubierta, que se transmiten al subsuelo por 46 apoyos. Hacia adentro y en altura creciente se ubican tres anillos concéntricos (hoop cables).

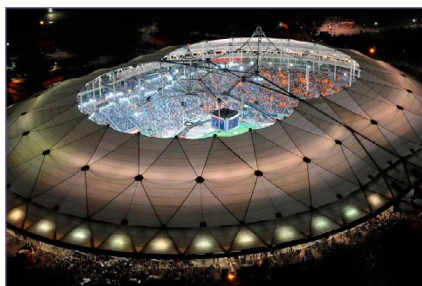
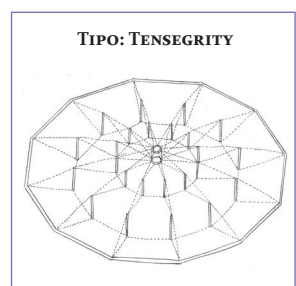


Figura 4.5.233: Icono tipología de tensegrity. Elaboración propia.

Figura 4.5.234: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Único de La Plata

Figura 4.5.235: Interior de la cubierta textil del estadio Único de La Plata

ESTADIO REY FAHD

Arquitecto: Ian Fraser, John Roberts, Michael KC Cheah & Partners

Ubicación: Riad, Arabia Saudí

Año de construcción: 1987, reformado en 2016 (Cubierta: 2016)

Localización	Periferia
Geometría	Circular
Capacidad	68.752
Altura	58 m
Retráctil	No

S. cubierta	55.000 m ²
Long y Ancho	247 m x 247 m
Ejes radiales	24 ejes
L _{máx} y L _{mín}	50 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Disposición de 24 mástiles empotrados al suelo y estabilizados a través de un anillo de cables y tirantes diagonales. Además, contiene un anillo de cables de tracción interior y unas barras inclinadas unidas a tirantes estabilizadores exteriores.

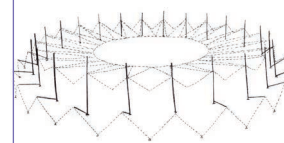
TIPO: MÁSTIL

Figura 4.5.236: Icono tipología de mástiles. Elaboración propia.

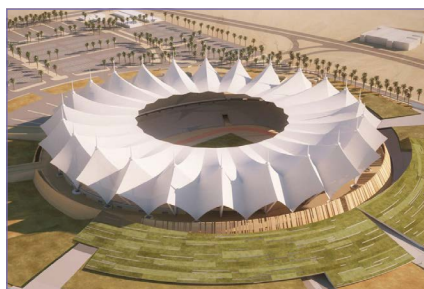


Figura 4.5.237: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Rey Fahd

Figura 4.5.238: Interior de la cubierta textil del estadio Rey Fahd

ESTADIO VODAFONE PARK

Arquitecto: Bünyamin Derman y Metin Demir

Ubicación: Estambul, Turquía

Año de construcción: 1947, reconstruido en 2013 - 2016 (Cubierta: 2016)

Localización	Centro urbano
Geometría	Elíptica
Capacidad	41.903
Altura	41,5 m
Retráctil	No

S. cubierta	22.500 m ²
Long y Ancho	218 m x 160 m
Ejes radiales	42 ejes
L _{máx} y L _{mín}	46 m
Material textil	F.vidrio+Silicona

Estructura cubierta:
Cubierta basada en el principio de anillos en suspensión. El anillo, a tracción y arriostrado, interior de acero se conecta al anillo exterior a compresión mediante postes radiales que llevan integrados una red de cables y mástiles flotantes arriostrados con cables.

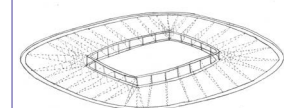
**TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES**

Figura 4.5.239: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia.



Figura 4.5.240: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Vodafone Park

Figura 4.5.241: Interior de la cubierta textil del estadio Vodafone Park

FC KRASNODAR

Arquitecto: GMP Architects

Ubicación: Krasnodar, Rusia

Año de construcción: 2013 - 2016

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	34.291
Altura	43 m, 7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	24.100 m ²
Long y Ancho	210 m x 180 m
Ejes radiales	28 ejes
L _{máx} y L _{mín}	45 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Dos anillos de compresión desacoplados y un anillo de tracción. El anillo de compresión inferior se apoya en las columnas de acero, mientras que el anillo a tracción interior se encuentra suspendido gracias a una red de cables radiales que generan las crestas y los valles.

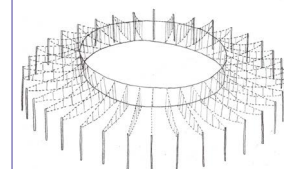
**TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES**

Figura 4.5.242: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.



Figura 4.5.243: Aspecto exterior de la cubierta del estadio FC Krasnodar

Figura 4.5.244: Interior de la cubierta textil del estadio FC Krasnodar

ESTADIO OLÍMPICO DE LONDRES (ANTIGUO)

Arquitecto: HOK Sport dirigido por Philip Johnson; Seel y Balfour Beatty

Ubicación: Londres, Reino Unido

Año de construcción: 2007-2011, reformado en 2014-2016 (Cubierta: 2016)

Localización	Centro urbano
Geometría	Elíptica
Capacidad	60.000
Altura	58 m, 3 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	24.000 m ²
Long y Ancho	330 m x 270 m
Ejes radiales	56 ejes
L _{máx} y L _{mín}	28 m
Material textil	Poliéster + PVC



Estructura cubierta:
Celosía anular de acero, que forma un anillo de compresión exterior al que se atiranta la cubierta de membrana. Diez cables de acero forman el anillo de tracción interior. Los elementos en forma de V sirven de arriostamiento y soportan la estructura de celosía de acero.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

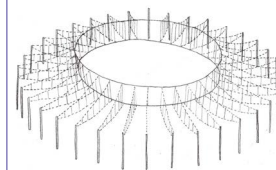


Figura 4.5.245: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.246: Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Londres

Figura 4.5.247: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Londres

ESTADIO SAN MAMÉS

Arquitecto: IDOM, ACXT, Mikel Sanz de Prit y César Azkarate

Ubicación: Bilbao, España

Año de construcción: 2010 - 2014, reformado en 2016 (Cubierta: 2016)

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	53.331
Altura	5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	19.500 m ²
Long y Ancho	255 m x 203 m
Ejes radiales	40 ejes
L _{máx} y L _{mín}	50 m
Material textil	ETFE



Estructura cubierta:

Estructura de cubierta basada en el principio de anillos en suspensión, con un voladizo de 50m sustentado por la estructura de pórticos mixtos. Formada por cerchas metálicas radiales se cubren con ETFE blanco.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

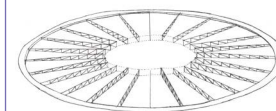


Figura 4.5.248: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia.

Figura 4.5.249: Aspecto exterior de la cubierta del estadio San Mamés

Figura 4.5.250: Interior de la cubierta textil del estadio San Mamés

MEDICAL PARK

Arquitecto: ASP Arq, Faruk Kanca, Azaksu Arq; Ing. Erduman e Ing. Maffei

Ubicación: Trabzon, Turquía

Año de construcción: 2013 - 2016

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	40.782
Altura	m
Retráctil	No

S. cubierta	50.000 m ²
Long y Ancho	236 m x 203 m
Ejes radiales	22 ejes
L _{máx} y L _{mín}	58 m
Material textil	F.V+PTFE, Pol+PVC

Estructura cubierta:

Cubierta con forma angular afilada extendida sobre una ligera estructura de acero. Armazón de cubierta compuesto por 22 cerchas tridimensionales, que forman una estructura geométrica cubierta por 245 segmentos triangulares de membrana.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

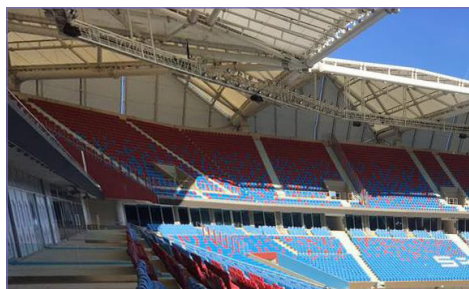
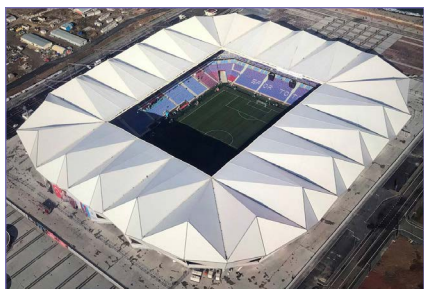
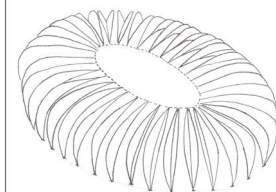


Figura 4.5.251: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.252: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Senol Günes Spor Kompleksi

Figura 4.5.253: Interior de la cubierta textil del estadio Senol Günes Spor Kompleksi

ESTADIO OLÍMPICO DE LINXIA

Arquitecto: DUTS design; Arquitecto cubierta: Fang Xiang, Zhang Maoming

Ubicación: Linxia, China

Año de construcción: 2016

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	20.410
Altura	38 m, 4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	28.400 m ²
Long y Ancho	260 m x 220 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{máx} y L _{mín}	48 m y 28 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura compuesta por unas cerchas tridimensionales angulares en voladizo. La celosía principal está conectada por un anillo interior a compresión y por una subestructura anular de arcos sobre la que se tensa la membrana.

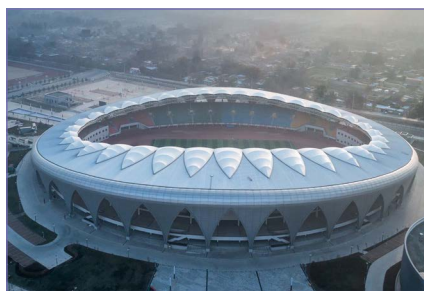
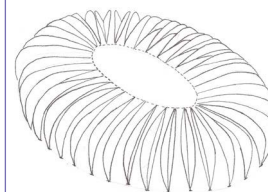
TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

Figura 4.5.254: Icono tipología devoladizo (costillas). Elaboración propia.

Figura 4.5.255: Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Linxia

Figura 4.5.256: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Linxia

ESTADIO CÍVITAS METROPOLITANO

Arquitecto: Cruz y Ortiz Arquitectos

Ubicación: Madrid, España

Año de construcción: 1994, reconstruido en 2017 (Cubierta:2017)

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	67.829
Altura	57 m, 7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	45.500 m ²
Long y Ancho	286 m x 248 m
Ejes radiales	48 ejes
L _{máx} y L _{mín}	65 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta compuesta por un sistema de anillos en suspensión mediante una red de cables. Anillo exterior de compresión de cuatro cordones unido al anillo interior de tracción mediante cables colocados en forma de zig zag, concurren a diferentes alturas.

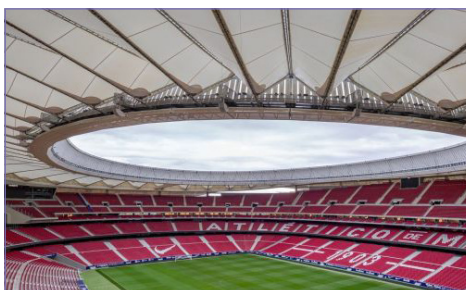
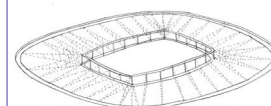
TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

Figura 4.5.257: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia.

Figura 4.5.258: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Cívitas Metropolitano

Figura 4.5.259: Interior de la cubierta textil del estadio Cívitas Metropolitano

KHALIFA INTERNATIONAL STADIUM

Arquitecto: Dar Al-Handasah y PTW Arq; Arq cubierta: Pfeifer Structures

Ubicación: Doha, Qatar

Año de construcción: 1976, reformado en 2014 - 2017 (Cubierta: 2017)

Localización	Periferia
Geometría	Circular
Capacidad	40.000
Altura	60 m - 72 m
Retráctil	No

S. cubierta	51.752 m ²
Long y Ancho	243 m x 219 m
Ejes radiales	92 ejes
L _{máx} y L _{mín}	70 m y 40 m
Material textil	F.v+PTFE, ETFE

Estructura cubierta:

Dos grandes arcos perimetrales soportan el peso de la estructura. La cubierta se sustenta mediante puntos en suspensión con tensores atirantados a los arcos. Postes arqueados sirven de marco para la colocación de la membrana.

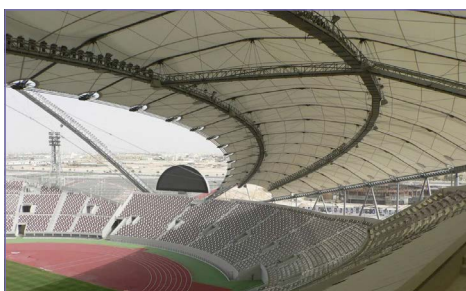
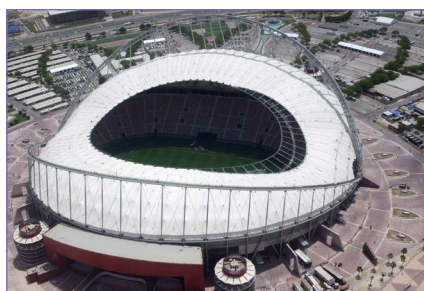
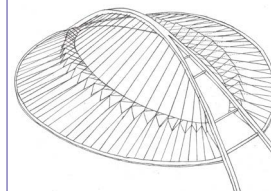
TIPO: ARCO
SUBTIPO: TIRANTES

Figura 4.5.260: Icono tipología de arco (tirantes). Elaboración propia.

Figura 4.5.261: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Khalifa International

Figura 4.5.262: Interior de la cubierta textil del estadio Khalifa International

ESTADIO OLÍMPICO DE ASHGABAT

Arquitecto: AFL Architects y ARUP Associates
 Ubicación: Ashgabat, Turkmenistán en 2011, y fue reconstruido
 Año de construcción: 2011, reconstruido en 2013 - 2017 (Cubierta: 2017)

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	45.000
Altura	40 - 50 m
Retráctil	No

S. cubierta	25.000 m ²
Long y Ancho	300 m x 267 m
Ejes radiales	60 ejes
L _{máx} y L _{mín}	62 m y 35 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Estructura compuesta por cerchas en voladizo que se empostran a 16 columnas masivas. Las cerchas se conectan mediante vigas triangulares anulares y perfiles anulares en forma de arco que tensan la membrana.

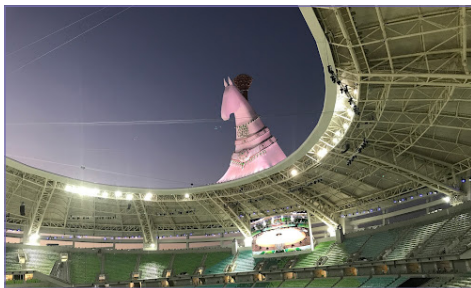


Figura 4.5.263: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.264: Aspecto exterior de la cubierta del estadioolímpico de Ashgabat

Figura 4.5.265: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Ashgabat

IMAM REZA STADIUM

Arquitecto: Masoud Ziae
 Ubicación: Mashhad, Irán. Primera tensoestructura de Irán.
 Año de construcción: 2011 - 2017

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	27.700
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	18.000 m ²
Long y Ancho	250 m x 168 m
Ejes radiales	48 ejes
L _{máx} y L _{mín}	33 m
Material textil	-

Estructura cubierta:
 Cubierta compuesta por anillos en suspensión. El anillo de compresión se eleva a gran altura donde están fijados los tirantes que soportan el anillo interior a tracción. La membrana está tensada mediante una subestructura de arcos anulares, postes y cables.

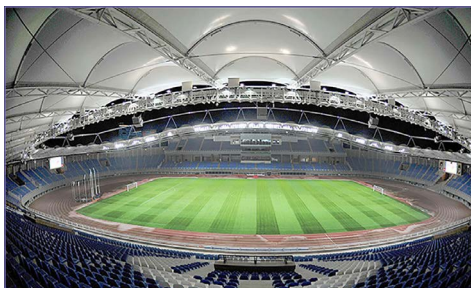
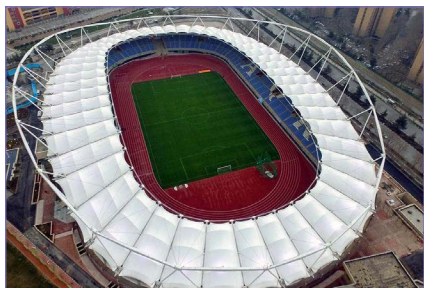
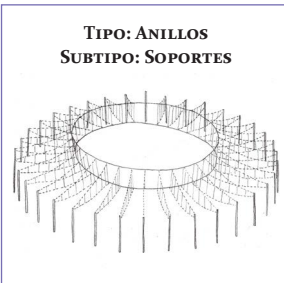


Figura 4.5.266: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia.

Figura 4.5.267: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Imam Reza

Figura 4.5.268: Interior de la cubierta textil del estadio Imam Reza

ESTADIO YENI SAKARTA ATATURK

Arquitecto: Alper Aksoy Mimarlik
 Ubicación: Sakarya, Turquía
 Año de construcción: 2017

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	28.154
Altura	6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	41.500 m ²
Long y Ancho	272 m x 236 m
Ejes radiales	38 ejes
L _{máx} y L _{mín}	70 m y 60 m
Material textil	F.v+PTFE, Pol+PVC

Estructura cubierta:
 El sistema estructural se basa en unas cerchas que se extienden en voladizo unos 70m sobre el campo y están apoyadas en unos pilares con forma de V. La membrana se tensa sobre una subestructura de arcos anulares que además aportan estabilidad al conjunto.

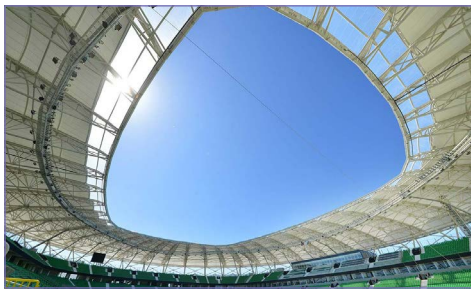


Figura 4.5.269: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia.

Figura 4.5.270: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Yeni Sakarta Ataturk

Figura 4.5.271: Interior de la cubierta textil del estadio Yeni Sakarta Ataturk

ZENIT ARENA

Arquitecto: Kisho Kurokawa
Ubicación: San Petersburgo, Rusia
Año de construcción: 1932, reconstruido en 2006 - 2017 (Cubierta: 2017)

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	62.315
Altura	110 m, 9 plantas
Retráctil	Sí

S. cubierta	18.000 m ²
Long y Ancho	298 m x 298 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	-
Material textil	ETFE

Estructura cubierta:
Enorme cúpula sostenida por ocho grandes mástiles. Estructura de cerchas portantes, redondas en la parte central que se asemeja a una lente cóncavo-convexa. La cubierta se sustenta sobre 8 pilares inclinados de hormigón armado y un sistema de tirantes tensados.

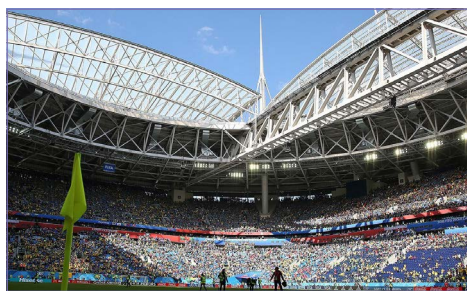
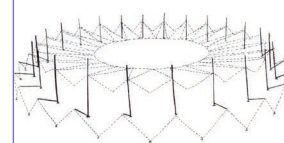
TIPO: MÁSTIL

Figura 4.5.272: Icono tipología de mástil. Elaboración propia.

Figura 4.5.273: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Zenit Arena

Figura 4.5.274: Interior de la cubierta textil del estadio Zenit Arena

ESTADIO HAIKOU WUYUAN O WUYUANHE

Arquitecto: GMP Architects
Ubicación: Haikou, China
Año de construcción: 2018

Localización	Periferia
Geometría	Media Luna
Capacidad	41.424
Altura	43 m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	90.300 m ²
Long y Ancho	270 m x 250 m
Ejes radiales	21 ejes
L _{máx} y L _{mín}	65 m y 28 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
El estadio se asienta sobre una plataforma elevada. La cubierta forma una estructura de cables soportada por anillos. Consta de dos anillos de compresión exteriores y un anillo de tracción interior, a los que se añade una subestructura anular de arcos y cables radiales.

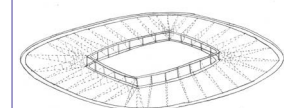
**TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES**

Figura 4.5.275: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia

Figura 4.5.276: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Haikou Wuyuan

Figura 4.5.277: Interior de la cubierta textil del estadio Haikou Wuyuan

ESTADIO OLÍMPICO DE SUZHOU

Arquitecto: GMP Architects
Ubicación: Suzhou, China
Año de construcción: 2013 - 2018

Localización	Centro urbano
Geometría	Elíptica
Capacidad	40.933
Altura	52 m
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	260 m x 230 m
Ejes radiales	40 ejes
L _{máx} y L _{mín}	52 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta ondulada compuesta por una red de cables suspendida sobre columnas en forma de V. Anillo de compresión exterior curvado e interior de tracción se unen mediante 40 cables y una subestructura de arcos que tensa la membrana.

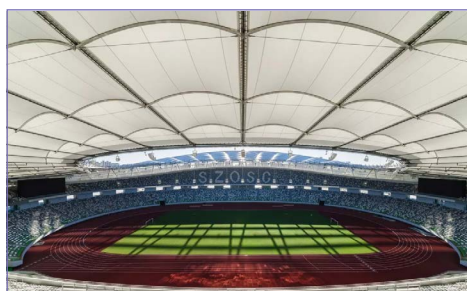
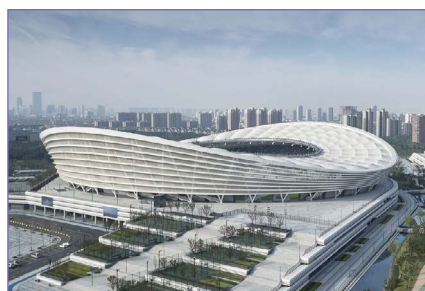
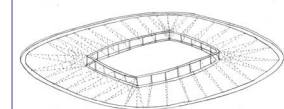
**TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES**

Figura 4.5.278: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia

Figura 4.5.279: Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Suzhou

Figura 4.5.280: Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Suzhou

PHILIPS STADION

Arquitecto: A&E Architecten

Ubicación: Eindhoven, Países Bajos

Año de construcción: 1913, reconstruido en 2010, reformado en 2018

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	42.450
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	217 m x 175 m
Ejes radiales	17 ejes
L _{máx} y L _{mín}	40 m y 32 m
Material textil	-

Estructura cubierta:

Estructura prefabricada compuesta por cerchas tridimensionales angulares en voladizo. Se dispone una subestructura anular que tensan la membrana y se arriostra la estructura frente a la acción del viento con tensores dispuestos en cruces de San Andrés.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

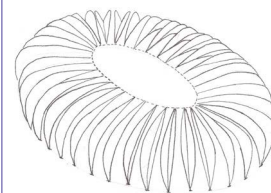


Figura 4.5.281: Icono tipología de voladizo. (costillas) Elaboración propia

Figura 4.5.282: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Philips

Figura 4.5.283: Interior de la cubierta textil del estadio Philips

ROSTOV ARENA

Arquitecto: Populous (HOK Sport)

Ubicación: Rostov del Don, Rusia

Año de construcción: 2014 - 2018

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	43.472
Altura	52 m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	60.000 m ²
Long y Ancho	260 m x 220 m
Ejes radiales	44 ejes
L _{máx} y L _{mín}	63 m y 60 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

Cubierta de membrana ligera con doble eje de simetría caracterizada por un sistema de anillos en suspensión. Consta de 46 vigas idénticas de acero de gran luz y una subestructura de arcos. Estas vigas están sujetas mediante cables fijados a unos soportes en el perímetro.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: SOPORTES

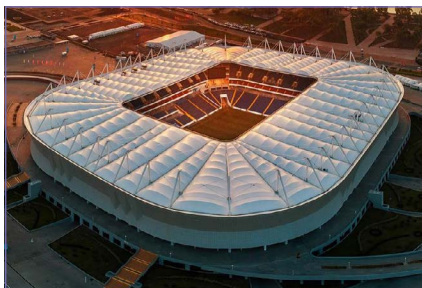
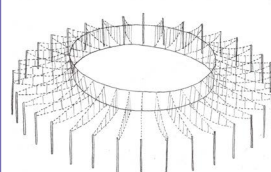


Figura 4.5.284: Icono tipología de anillos (soportes). Elaboración propia

Figura 4.5.285: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Rostov Arena

Figura 4.5.286: Interior de la cubierta textil del estadio Rostov Arena

ESTADIO VOLGOGRAD ARENA

Arquitecto: GMP Architekten y PI Arena

Ubicación: Volgograd, Rusia

Año de construcción: 2015 - 2018

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	43.713
Altura	50 m, 4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	77.000 m ²
Long y Ancho	303 m x 303 m
Ejes radiales	44 ejes
L _{máx} y L _{mín}	60 m y 50 m
Material textil	F.v+PTFE, ETFE

Estructura cubierta:

La cubierta descansa sobre 44 columnas ocultas, consta de dos estructuras: Exterior formada por cerchas diagonales recubiertas de ETFE. Interior es una estructura de cables tensados. Anillo de compresión de acero sobre las gradas perimetrales y dos anillos traccionados en la parte central.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

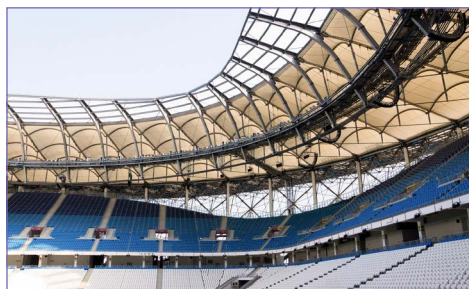
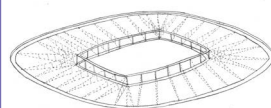


Figura 4.5.287: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia

Figura 4.5.288: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Volgograd Arena

Figura 4.5.289: Interior de la cubierta textil del estadio Volgograd Arena

AL - MAKTOUM STADIUM

Arquitecto: OBE Architects, Arquitecto cubierta: Hardco Group
 Ubicación: Dubai, Emiratos Árabes Unidos
 Año de construcción: 1978, reformado en 1995, 2017-2018 (Cubierta: 2018)

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	15.000
Altura	
Retráctil	No

S. cubierta	25.000 m ²
Long y Ancho	180 m x 160 m
Ejes radiales	52 ejes
L _{máx} y L _{mín}	50 m y 20 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Estructura de acero independiente que cubre tanto la fachada como la cubierta. Compuesta por unas cerchas tridimensionales angulares en voladizo. La celosía principal está conectada por un anillo interior a compresión y por una subestructura sobre la que se tensa la membrana.

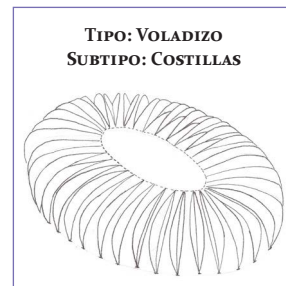


Figura 4.5.290: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia

Figura 4.5.291: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al-Maktoum

Figura 4.5.292: Interior de la cubierta textil del estadio Al-Maktoum

AL JANOUB STADIUM

Arquitecto: Zaha Hadid Architects y Patrick Schumacher; Schlaich Bergermann Partner
 Ubicación: Doha, Qatar
 Año de construcción: 2016 - 2019

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	40.000
Altura	56 m, 5 plantas
Retráctil	Sí (30 minutos)

S. cubierta	10.800 m ²
Long y Ancho	275 m x 225 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	92 m y 90 m
Material textil	PES + PVC, ETFE

Estructura cubierta:
 Consta de seis cúpulas entrelazadas compuestas por cerchas reticulares. Esta estructura ligera está unida por correas que soportan el peso de las estructuras secundarias de acero y el revestimiento exterior. Sistema retráctil de cables y membrana que se desplaza hacia la viga oculus.

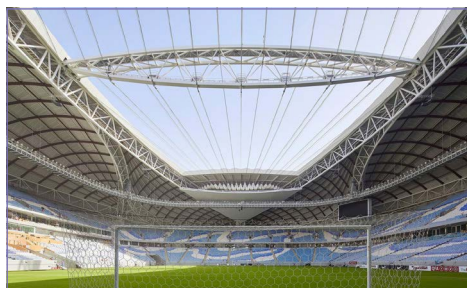


Figura 4.5.293: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia

Figura 4.5.294: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al Janoub

Figura 4.5.295: Interior de la cubierta textil del estadio Al Janoub

AL BAYT STADIUM

Arquitecto: Dar Al-Handasah y Albert Speer & Partner GmbH; Hightex
 Ubicación: Al Khor, Qatar
 Año de construcción: 2015 - 2019, inauguración en 2021 (Cubierta: 2019)

Localización	Periferia
Geometría	Rectangular
Capacidad	60.000
Altura	37 m, 7 plantas
Retráctil	Sí (20 minutos)

S. cubierta	200.000 m ²
Long y Ancho	372,5 m x 310 m
Ejes	-
L _{máx} y L _{mín}	-
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Cubierta formada una estructura de vigas tridimensionales sobre 16 soportes dispuestos en el perímetro. Se conectan a cables de acero, cerchas secundarias y otros pilares espaciados por igual en la periferia, que sirven de bloque de anclaje para los cables de amarre de la carpa.

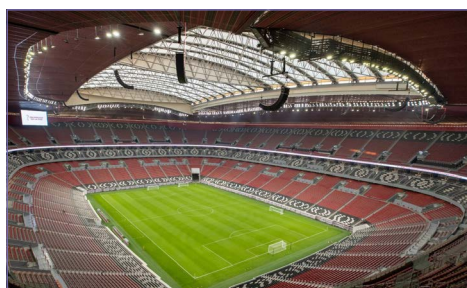
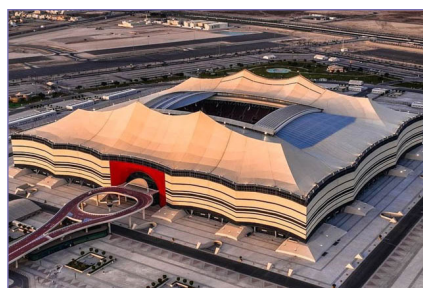


Figura 4.5.296: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia

Figura 4.5.297: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al Bayt

Figura 4.5.298: Interior de la cubierta textil del estadio Al Bayt

ESTADIO FISCAL DE TALCA

Arquitecto: BiS Arquitectos, Arquitecto cubierta: R & V Ingenieros

Ubicación: Talca, Chile

Año de construcción: 1937, reformado en 2010-2011, 2017-2019 (Cubierta: 2019)

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	16.070
Altura	1 planta
Retráctil	No

S. cubierta	7.700 m ²
Long y Ancho	226 m x 161 m
Ejes radiales	50 ejes
L _{máx} y L _{mín}	20 m y 10 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

Cubierta con forma de valles, Estructura compuesta por cerchas en voladizo, empotradas a soportes de hormigón. La subestructura de cables unidos a las cerchas tensan la membrana. Además, se compone de un anillo interior para aportar estabilidad al conjunto.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

Figura 4.5.299: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia

Figura 4.5.300: Aspecto exterior de la cubierta del estadio fiscal de Talca
Figura 4.5.301: Interior de la cubierta textil del estadio fiscal de Talca

COMMBANK STADIUM

Arquitecto: Populous (HOK Sport); Arquitecto cubierta: Aurecon y Lendlease

Ubicación: Sydney, Australia

Año de construcción: 2017 - 2019

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	30.000
Altura	5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	28.000 m ²
Long y Ancho	230 m x 178 m
Ejes radiales	60 ejes
L _{máx} y L _{mín}	50 m y 47 m
Material textil	F.v+PTFE, ETFE

Estructura cubierta:

Estructura modesta y sencilla, la grada superior se eleva sobre columnas de acero desnudas. Cubierta compuesta por unas cerchas apoyadas sobre unas columnas en forma de V y unidas por perfiles anulares. Quedan vistas en todo momento, pues la membrana se coloca en la parte inferior.

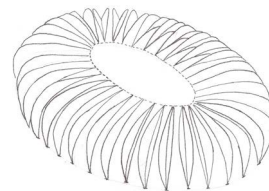
TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

Figura 4.5.302: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia

Figura 4.5.303: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Bankwest

Figura 4.5.304: Interior de la cubierta textil del estadio Bankwest

STADION TEHELNÉ POLE

Arquitecto: Karol Kállay, Arquitecto cubierta: Tekla

Ubicación: Bratislava, Eslovaquia

Año de construcción: 1939, demolido en 2013, reconstruido en 2016 - 2019

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	22.500
Altura	27,5 m
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	246 m x 164 m
Ejes radiales	104 ejes
L _{máx} y L _{mín}	41 m y 35 m
Material textil	-

Estructura cubierta:

Formada por vigas de celosía en voladizo, ancladas a la estructura de hormigón armado inferior y unidas por cerchas anulares. La estabilidad de la cubierta está asegurada por arriostros de las cerchas. Las membranas se tensan a través de unos arcos con forma de curvas convexas.

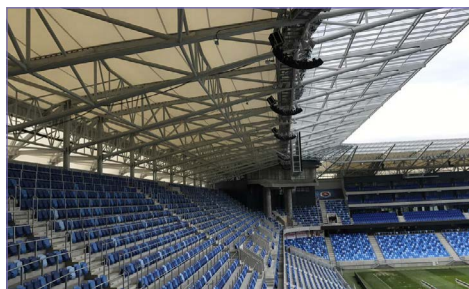
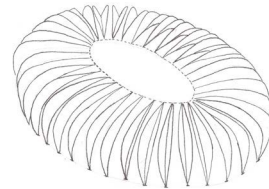
TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

Figura 4.5.305: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia

Figura 4.5.306: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Tehelné Pole

Figura 4.5.307: Interior de la cubierta textil del estadio Tehelné Pole

QUEENSLAND COUNTRY BANK STADIUM

Arquitecto: Cox Architecture y Counterpoint Arq.; Arup y Fabritecture

Ubicación: Townsville, Australia

Año de construcción: 2017 - 2019

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	25.000
Altura	-
Retráctil	No

S. cubierta	12.116 m ²
Long y Ancho	230 m x 180 m
Ejes radiales	36 ejes
L _{max} y L _{min}	42 m y 36 m
Material textil	F.v+PTFE, Pol+PVC

Estructura cubierta:

Cubierta metálica constituida por 36 cerchas tridimensionales en voladizo. Cada módulo de cercha es un elemento estructural autoportante, pues se apoya sobre unos pilares en forma de V, adquiriendo estabilidad. Se cubre por la parte superior de membrana y en la inferior de placas plegadas.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

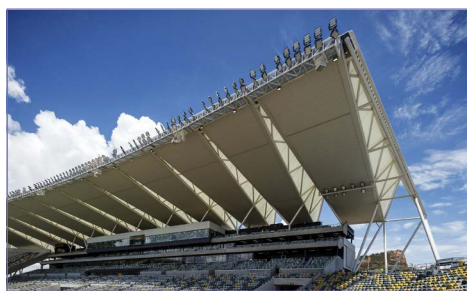
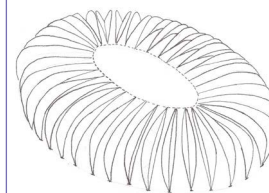


Figura 4.5.308: Icono tipología devoladizo (costillas). Elaboración propia

Figura 4.5.309: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Queensland Country Bank

Figura 4.5.310: Interior de la cubierta textil del estadio Queensland Country Bank

WUHAN FIVE RINGS

Arquitecto: CITIC Architectural Design and Research Institute

Ubicación: Wuhan, China

Año de construcción: 2019

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	30.000
Altura	7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	240 m x 200 m
Ejes radiales	64 ejes
L _{max} y L _{min}	59 m y 40 m
Material textil	-

Estructura cubierta:

Cubierta que forma un sistema de equilibrio de fuerzas compuesto por anillos en suspensión. La cubierta consta de un anillo interior a tracción y otro exterior a compresión, unidos mediante unos cables tensados que soportan las vigas tradicionales. Las gradas son prefabricadas de hormigón.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

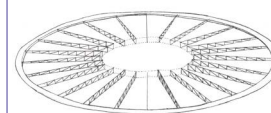


Figura 4.5.311: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia

Figura 4.5.312: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Batumi

Figura 4.5.313: Interior de la cubierta textil del estadio Batumi

BATUMI O ADJARABET ARENA

Arquitecto: Bahadır Kul Architects

Ubicación: Batumi, Georgia

Año de construcción: 2018 - 2020

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	20.035
Altura	38 m, 6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	35.500 m ²
Long y Ancho	210 m x 175 m
Ejes radiales	76 ejes
L _{max} y L _{min}	43 m y 32 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

Estructura compuesta por cerchas en voladizo, apoyadas en forma de V en elementos portantes monolíticos son de hormigón. La subestructura, que tensa la membrana, se compone de unos perfiles anulares en forma de arco, que aportan estabilidad.

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS

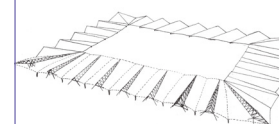


Figura 4.5.314: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia

Figura 4.5.315: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Batumi

Figura 4.5.316: Interior de la cubierta textil del estadio Batumi

AHMAD BIN ALI STADIUM

Arquitecto: Pattern Design; Arquitecto cubierta: Schlaich Bergermann Partner
 Ubicación: Doha, Qatar
 Año de construcción: 2003, reconstruido en 2015 - 2020 (Cubierta: 2020)

Localización	Periferia	S. cubierta	30.000 m ²
Geometría	Rectangular	Long y Ancho	235 m x 200 m
Capacidad	40.740	Ejes radiales	48 ejes
Altura	-	L _{máx} y L _{mín}	16 m y 10 m
Retráctil	No	Material textil	-

Estructura cubierta:
 Cubierta basada en anillos en suspensión. Estructura de cerchas radiales triangulares unen los anillos de tracción y compresión. Hacia el interior, la cubierta está revestida con una membrana ligera, mientras que en el exterior se utilizan paneles sándwich macizos.



Figura 4.5.317: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia

Figura 4.5.318: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Ahmad Bin Ali

Figura 4.5.319: Interior de la cubierta textil del estadio Ahmad Bin Ali

ESTADIO YENI ADANA

Arquitecto: DB Architects
 Ubicación: Adana, Turquía
 Año de construcción: 2014 - 2020

Localización	Periferia	S. cubierta	43.000 m ²
Geometría	Ovalada	Long y Ancho	233 m x 188 m
Capacidad	33.000	Ejes radiales	40 ejes
Altura	6 plantas	L _{máx} y L _{mín}	50 m
Retráctil	No	Material textil	-

Estructura cubierta:
 Cubierta basada en el sistema de anillos en suspensión, conocido como rueda de bicicleta. El anillo exterior a compresión se une con el doble anillos interior a tracción mediante una red de cables que sustentan una subestructura de mástiles flotantes y de perfiles anulares en forma de arco.

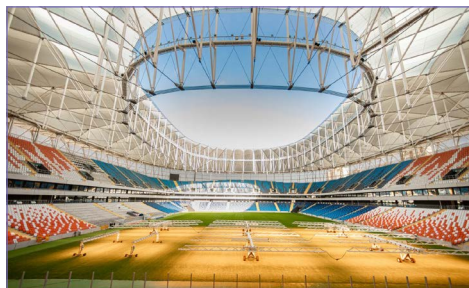


Figura 4.5.320: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia

Figura 4.5.321: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Yeni Adana

Figura 4.5.322: Interior de la cubierta textil del estadio Yeni Adana

ESTADIO SULTAN IBRAHIM

Arquitecto: Saadon Architect, Beijing Institute of Architectural Design
 Ubicación: Iskandar Puteri, Malasia
 Año de construcción: 2016 - 2020

Localización	Periferia	S. cubierta	36.300 m ²
Geometría	Circular	Long y Ancho	233 m x 233 m
Capacidad	35.000	Ejes radiales	56 ejes
Altura	40 m, 5 plantas	L _{máx} y L _{mín}	40 m
Retráctil	No	Material textil	F.v+PTFE, ETFE

Estructura cubierta:
 Estructura que integra la cubierta y la fachada, compuesta por 56 cerchas arqueadas, que se apoyan en forma de V en la estructura primaria de hormigón de las gradas. Con la división de la estructura de acero en secciones verticales, el estadio adquiere un carácter rítmico y monumental.

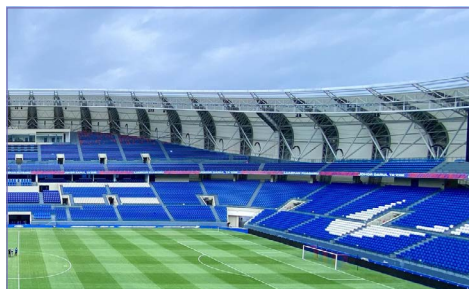


Figura 4.5.323: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia

Figura 4.5.324: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Sultan Ibrahim

Figura 4.5.325: Interior de la cubierta textil del estadio Sultan Ibrahim

ALLEGIANT STADIUM

Arquitecto: MANICA Architecture, HNTB; Arquitecto cubierta: Freyssinet
 Ubicación: Las Vegas, Estados Unidos
 Año de construcción: 2017 - 2020

Localización	Centro urbano
Geometría	Eliptica
Capacidad	65.000
Altura	10 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	317 m x 272 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	-
Material textil	ETFE

Estructura cubierta:
 Estructura de acero pesado rodea el perímetro y en el interior hay una estructura compleja de malla reticular de 100 cables con una cúpula de ETFE transparente. Sostienen 152 puntales que conectan las redes superior e inferior. La cubierta descansa sobre 26 cerchas principales.

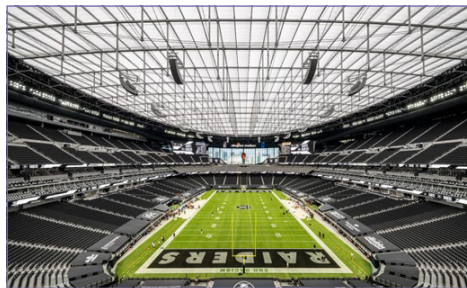
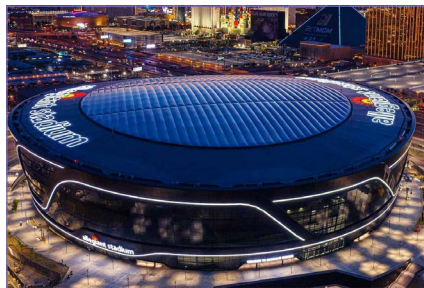
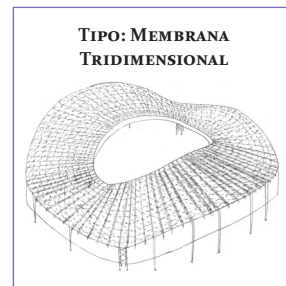


Figura 4.5.326: Icono tipología de membrana tridimensional. Elaboración propia

Figura 4.5.327: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Allegiant

Figura 4.5.328: Interior de la cubierta textil del estadio Allegiant

ESTADIO TIERRA DE CAMPEONES RAMÓN ESTAY SAAVEDRA

Arquitecto: Jorge Pantoja
 Ubicación: Iquique, Chile
 Año de construcción: 1993, demolido en 2014, reconstruido en 2014 - 2020

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	13.171
Altura	5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	10.770 m ²
Long y Ancho	223 m x 138 m
Ejes radiales	66 ejes
L _{máx} y L _{mín}	20 m y 12 m
Material textil	ETFE

Estructura cubierta:
 Cubierta de membrana con forma afilada y dinámica de láminas de ETFE. Se compone de 66 cerchas en voladizo apoyadas en un único soporte vertical, pero estabilizadas mediante la adición de barras diagonales que parten de la prolongación de los soportes.

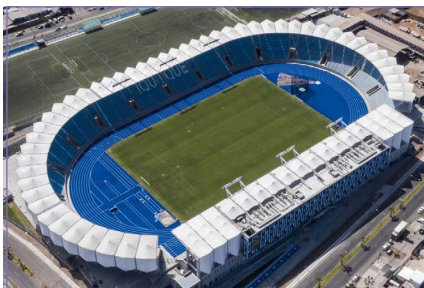


Figura 4.5.329: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia

Figura 4.5.330: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Ramón Estay Saavedra

Figura 4.5.331: Interior de la cubierta textil del estadio Ramón Estay Saavedra

KANSEKI STADIUM TOCHIGI

Arquitecto: Kume Sekkei, AIS Design y Motosawa Architectural Design Office JV
 Ubicación: Utsunomiya, Japón
 Año de construcción: 2017 - 2020

Localización	Centro urbano
Geometría	Ovalada
Capacidad	25.244
Altura	4 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	16.000 m ²
Long y Ancho	252 m x 200 m
Ejes radiales	66 ejes
L _{máx} y L _{mín}	40 m y 30 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
 Armazón de hormigón en bruto que abarca toda la grada superior, convirtiéndose en la fachada del estadio. La cubierta descansa sobre vigas en arco, apoyadas sobre arcos tridimensionales de acero que se cruzan. Para aumentar la rigidez se han colocado anillos de compresión.

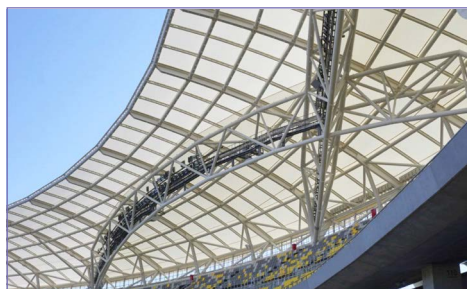
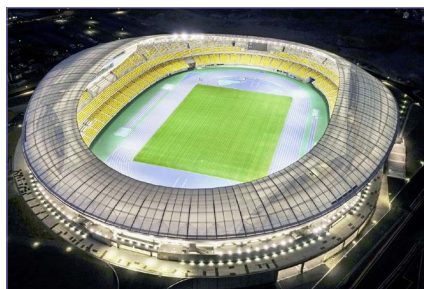
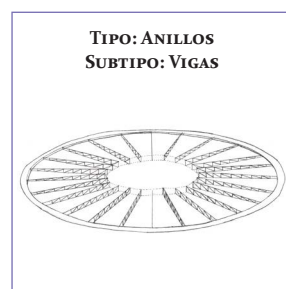


Figura 4.5.332: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia

Figura 4.5.333: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Kanseki Tochigi

Figura 4.5.334: Interior de la cubierta textil del estadio Kanseki Tochigi

ESTADIO NACIONAL DE LA CÔTE D'IVOIRE

Arquitecto: Beijing Institute Architectural Design (BIAD)

Ubicación: Ebimpé, Costa de Marfil

Año de construcción: 2016 - 2020

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	60.012
Altura	51,4m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	290 m x 270 m
Ejes radiales	50 ejes
L _{máx} y L _{mín}	70 m y 33 m
Material textil	-

Estructura cubierta:
Estadio rodeado por un total de 96 columnas, adornadas con vidrieras de colores nacionales, que actúan de fachada y de soporte de la cubierta. Se compone de 32 vigas en voladizo apoyadas en columnas en forma de V y soportan la subestructura de perfiles anulares.

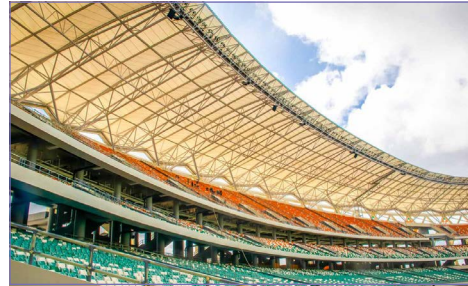


Figura 4.5.335: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia

Figura 4.5.336: Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de la Côte d'Ivoire

Figura 4.5.337: Interior de la cubierta textil del estadio nacional de la Côte d'Ivoire

AL THUMAMA STADIUM

Arquitecto: Fenwick Iribarren Architects; Schlaich Bergermann Partner

Ubicación: Doha, Qatar

Año de construcción: 2017 - 2021

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	40.000
Altura	43 m, 7 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	35.000 m ²
Long y Ancho	240 m x 240 m
Ejes radiales	-
L _{máx} y L _{mín}	70 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Estructura de red de cables, con anillo de compresión exterior y dos anillos de tracción interiores conectados por cerchas radiales. Unas vigas de acero verticales y curvadas desde el nivel de entrada hasta el anillo de compresión forman la subestructura.

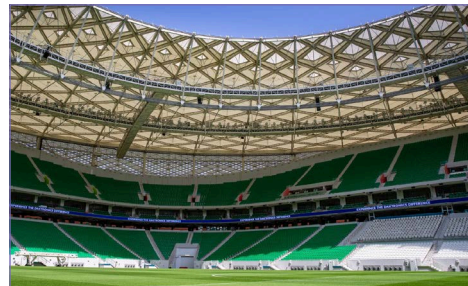


Figura 4.5.338: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia

Figura 4.5.339: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al Thumama

Figura 4.5.340: Interior de la cubierta textil del estadio Al Thumama

ESTADIO ÚNICO MADRE DE CIUDADES

Arquitecto: Lombardi y Luciani A.A.; Lorenzo Ponce, Arq. C. Eloy Perez, Arq. René Gutierrez

Ubicación: Santiago del Estero, Argentina

Año de construcción: 2018 - 2021

Localización	Centro urbano
Geometría	Circular
Capacidad	30.000
Altura	2 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	18.673 m ²
Long y Ancho	212 m x 212 m
Ejes radiales	48 ejes
L _{máx} y L _{mín}	40 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:
Estadio dividido en 16 secciones y 16 franjas de membrana oscura y clara. Se trata de una estructura prefabricada compuesta por 48 cerchas tri-dimensionales arqueadas en voladizo y dos anillos que las conectan. Se dispone una subestructura anular de arcos que tensan la membrana.

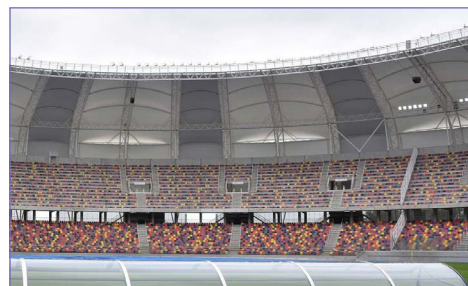


Figura 4.5.341: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia

Figura 4.5.342: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Único Madre de Ciudades

Figura 4.5.343: Interior de la cubierta textil del estadio Único Madre de Ciudades

ESTADIO NACIONAL MORODOK

Arquitecto: China IPPR Internacional Engineering CO., LTD.

Ubicación: Phnom Penh, Camboya

Año de construcción: 2017 - 2021

Localización	Periferia
Geometría	Media Luna
Capacidad	60.000
Altura	40-99, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	290 m x 276 m
Ejes radiales	38 ejes
L_{\max} y L_{\min}	65 m y 15 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Estructura compuesta por dos altos mástiles de hormi-gón en cada extremo. Una red de cables en forma de abanico se tensa desde los mástiles hasta la membrana. La cubierta se suspende gracias a estos cables y a 70 pilares y vigas curvadas dobles.

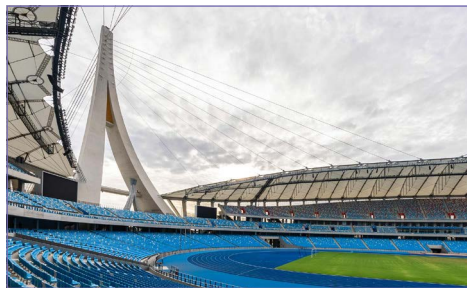
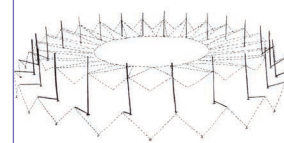
TIPO: MÁSTIL

Figura 4.5.344: Icono tipología de mástil. Elaboración propia

Figura 4.5.345: Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional Morodok

Figura 4.5.346: Interior de la cubierta textil del estadio nacional Morodok

ESTADIO OMNISPORT PAUL BIYA

Arquitecto: Studio Shesa y Arch. Eloy Suarez; MJW Structures y MAEG

Ubicación: Yaoundé, Camerún

Año de construcción: 2017 - 2021

Localización	Periferia
Geometría	Ovalada
Capacidad	60.000
Altura	46 m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	35.000 m ²
Long y Ancho	300 m x 245 m
Ejes radiales	68 ejes
L_{\max} y L_{\min}	45 m
Material textil	Poliéster + PVC

Estructura cubierta:

Cubierta basada en anillos en suspensión. Anillo exterior, apoyado en 68 pilares separados 40m, conectado mediante vigas y cables radiales a dos anillos de tracción interiores. La subestructura se compone vigas radiales superiores (con forma de arco) rigidizadas por 4 cables inferiores y 2 postes.

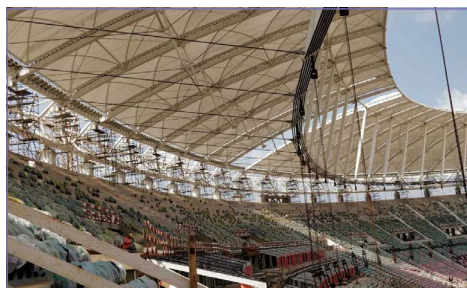
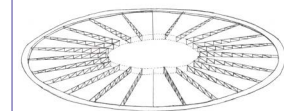
**TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS**

Figura 4.5.347: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia

Figura 4.5.348: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Omnisport Paul Biya

Figura 4.5.349: Interior de la cubierta textil del estadio Omnisport Paul Biya

ESTADIO ÇOTANAK SPOR KOMPLEKSI

Arquitecto: Bora Soykut y Azaksu Mimarlik; Siyahkalem Eng. Construction

Ubicación: Giresún, Turquía

Año de construcción: 2016 - 2021

Localización	Periferia
Geometría	Elíptica
Capacidad	22.028
Altura	6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	25.000 m ²
Long y Ancho	222 m x 176 m
Ejes radiales	68 ejes
L_{\max} y L_{\min}	40 m
Material textil	PS+PVC, ETFE

Estructura cubierta:

Estructura compuesta por cerchas en voladizo cuyos elementos son de perfil tubular. Todos los elementos se diseñaron para ser atornillados y montados rápidamente. La subestructura, que tensa la membrana, se compone de unos perfiles anulares en forma de arco, que aportan estabilidad.

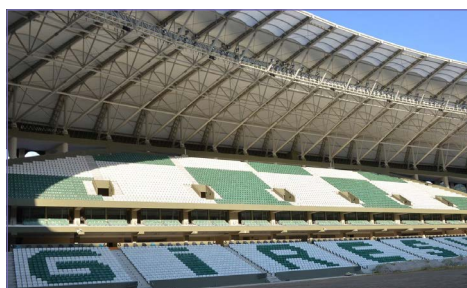
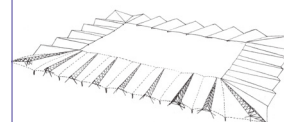
**TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: CERCHAS**

Figura 4.5.350: Icono tipología de voladizo (cerchas). Elaboración propia

Figura 4.5.351: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Çotanak Spor Kompleksi

Figura 4.5.352: Interior de la cubierta textil del estadio Çotanak Spor Kompleksi

ESTADIO ALSANCAK MUSTAFA DENIZLI

Arquitecto: Alper Aksoy Mimarlik

Ubicación: Esmirna, Turquía

Año de construcción: 1959, demolido en 2015, reconstruido en 2017 - 2021

Localización	Centro urbano
Geometría	Cuadrada
Capacidad	15.000
Altura	5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	-
Long y Ancho	145 m x 145 m
Ejes radiales	28 ejes
L_{\max} y L_{\min}	25 m y 16 m
Material textil	-

Estructura cubierta:

Estructura prefabricada compuesta por cerchas tridimensionales arqueadas en voladizo y una subestructura anular que tensa la membrana y permite la estabilidad. Además, se arriostra la estructura frente a la acción del viento con cruces de San Andrés

TIPO: VOLADIZO
SUBTIPO: COSTILLAS

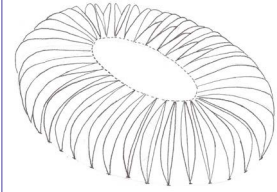


Figura 4.5.353: Icono tipología de voladizo (costillas). Elaboración propia

Figura 4.5.354: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Alsanca Mustafa Denizli

Figura 4.5.355: Interior de la cubierta textil del estadio Alsanca Mustafa Denizli

LUSAIL STADIUM

Arquitecto: AFL Architects, ARUP, Foster + Partners, Manica Architecture

Ubicación: Lusail, Qatar, cubierta más grande y compleja de cables.

Año de construcción: 2017 - 2022

Localización	Periferia
Geometría	Circular
Capacidad	80.000
Altura	55 m, 5 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	45.000 m ²
Long y Ancho	307 m x 307 m
Ejes radiales	48 ejes
L_{\max} y L_{\min}	90 m y 76 m
Material textil	F.vidrio + PTFE

Estructura cubierta:

Cubierta descansa sobre 48 soportes perimetrales en forma de V, sobre los que se apoya el anillo de compresión. Anillo exterior de compresión se conecta a un anillo central de tracción mediante un complejo sistema de puntales diagonales en un sistema de red de cables.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: CABLES

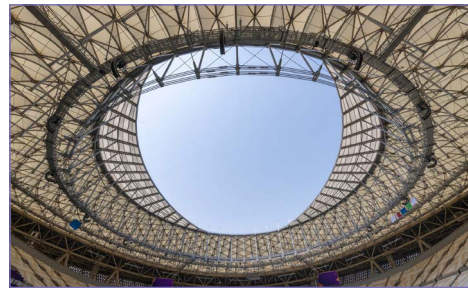
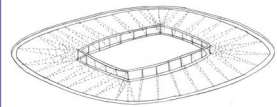


Figura 4.5.356: Icono tipología de anillos (cables). Elaboración propia

Figura 4.5.357: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Lusail

Figura 4.5.358: Interior de la cubierta textil del estadio Lusail

ALLIANZ STADIUM

Arquitecto: Cox Arq., ARUP y ASPECT; Schlaich Bergermann Partner y Aurecon

Ubicación: Sydney, Australia

Año de construcción: 1988, demolido en 2018, reconstruido en 2022

Localización	Centro urbano
Geometría	Rectangular
Capacidad	42.500
Altura	6 plantas
Retráctil	No

S. cubierta	26.700 m ²
Long y Ancho	220 m x 220 m
Ejes radiales	48 ejes
L_{\max} y L_{\min}	59 m y 36 m
Material textil	F.v+PTFE, ETFE

Estructura cubierta:

Sistema de anillos en suspensión. El borde interior de la estructura está estabilizado por un anillo de compresión ensamblado por cuatro cerchas principales, que se apoyan en las esquinas. La viga perimetral exterior actúa como anillo de tracción para la estructura de cerchas radiales.

TIPO: ANILLOS
SUBTIPO: VIGAS

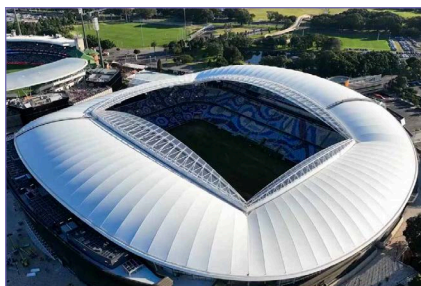
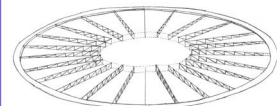


Figura 4.5.359: Icono tipología de anillos (vigas). Elaboración propia

Figura 4.5.360: Aspecto exterior de la cubierta del estadio Allianz

Figura 4.5.361: Interior de la cubierta textil del estadio Allianz

Discusión

Para concluir, sumándose a la tipología final de elaboración propia, se genera un análisis comparativo entre los diferentes tipos de estructuras tensadas característicos de las cubiertas de los estadios de fútbol.

Así, se consigue extraer conclusiones sobre las posibilidades, ventajas y desventajas de los diferentes tipos estructurales.

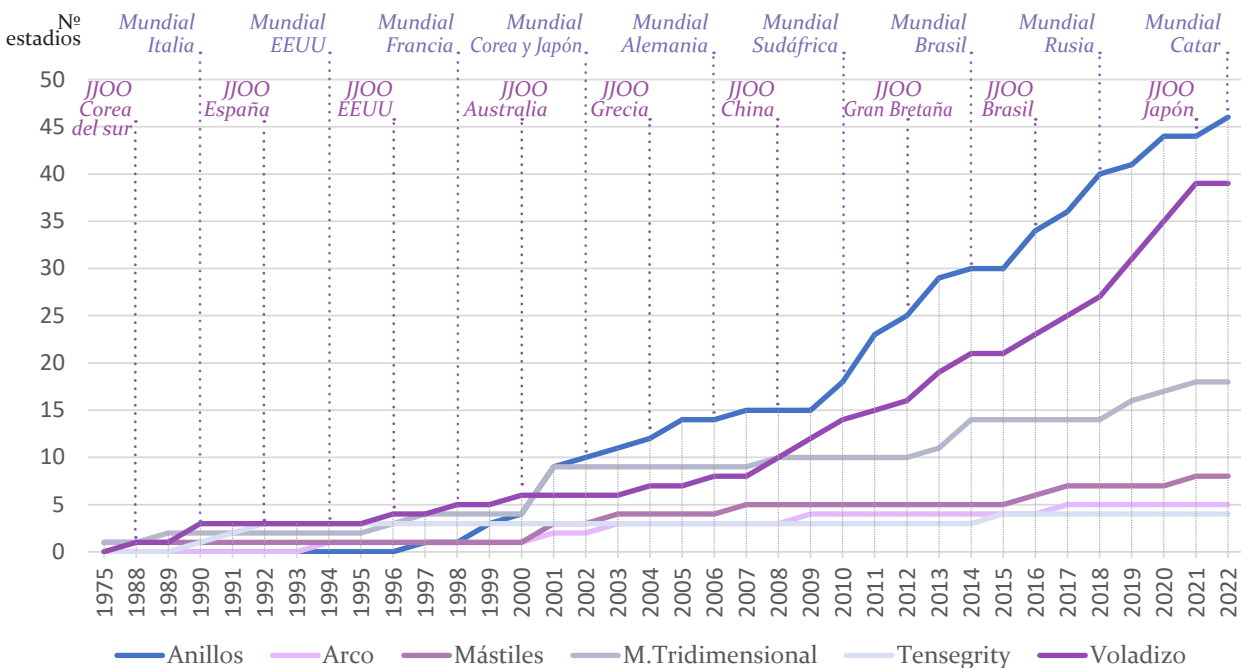
El análisis comparativo se realiza teniendo en cuenta diez aspectos que se describen a continuación.

Primer análisis: Año de construcción de la cubierta textil

Según la fecha de construcción y tipología de las cubiertas tensadas de los estadios de fútbol estudiados:

La gráfica nos muestra cómo han evolucionado la construcción de las diversas tipologías de cubiertas tensadas a lo largo del tiempo, y cómo estos se relacionan con los diferentes acontecimientos relacionados con este deporte.

Tabla 1: Evolución de la tipología de las cubiertas tensadas. Elaboración propia.



Se demuestra que la tipología de cubierta menos utilizada desde 1975 hasta la actualidad es *Tensegrity*, puesto que solo hay 5 ejemplos y fueron construidos en los primeros años. Esto se debe a la complejidad de su comportamiento estructural, que hace que sea menos práctico constructivamente hablando. Lo mismo ocurre con los tipos *Arco* y *Mástil*, de los cuales solo se han encontrado un total de 5 y 8 estadios respectivamente.

Sin embargo, con los tipos *Anillos* y *Voladizo* ocurre lo contrario. En los primeros años prácticamente no existen ejemplos y hoy en día son los más comunes. Esto se ve favorecido por su comportamiento estructural eficaz y su facilidad constructiva. Se tratan de estructuras más simples, donde la producción del material se optimiza.

El tipo de *Membrana tridimensional* sufre durante los años 2000 y 2001 un incremento en su utilización. No obstante, no ha llegado a ser la tipología más común debido a su complejidad estructural y a la mayor cantidad de estructura empleada. Esto supone que sea la tipología de cubierta menos económica.

En la gráfica anterior también se puede estudiar el aumento del número de estadios en relación a la fecha en la que la cubierta fue construida. Pues surgen dos grandes incrementos en el número de cubiertas tensadas construidas durante los años 2000 - 2001 y 2009 - 2015, coincidiendo con los mundiales de Japón, Sudáfrica y Brasil. Dada la escasez de estadios anteriores a estas fechas o el mal estado de estos, se tuvieron que construir nuevas instalaciones para que las competiciones tuvieran lugar.

Sin embargo, en 1998 y 2006, previo a los mundiales de Francia y Alemania, no se produce este aumento en vista del buen estado de los estadios y la buena economía del país. En otras palabras, en los países más desarrollados se aprovechan los estadios construidos para estos eventos deportivos, mientras que en los países menos industrializados, se necesita una nueva construcción.

Se puede concluir que cuando el acontecimiento deportivo se realiza en un país europeo, no se produce una excesiva reforma o construcción de nuevos estadios. Por el contrario, al ubicar estos eventos en países menos desarrollados, se necesita un mayor porcentaje de construcción y diseño de estadios y, con ello, de sus cubiertas.

Segundo análisis: Localización del estadio

Según la ubicación de los estadios de fútbol con cubiertas tensadas:

El emplazamiento es una cualidad que condiciona cualquier proyecto arquitectónico. Se debe tener en cuenta el ambiente interior generado y, con ello, la posibilidad de generar un espacio con efecto invernadero.

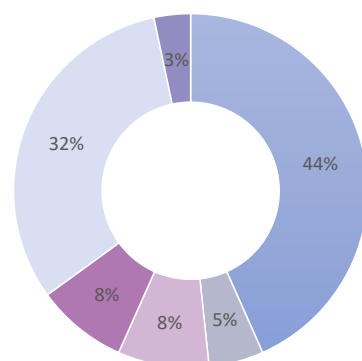
Para que no se generen altas temperaturas en el interior será necesario controlar la ventilación, así como el riesgo de condensación.

También la localización de la cubierta influye en el riesgo de acumulación de nieve o hielo. Estas condiciones atmosféricas pueden ocasionar un embolsamiento en la membrana o una depresión acumulando el agua derretida o de lluvia, que cambiarían las tensiones de la membrana convirtiendo la superficie de anticlástica a sinclástica.

Por ello, en los países con grandes nevadas, como pueden ser Japón, Canadá y Estados Unidos se debe estudiar con detenimiento y hacer ensayos en la fase de diseño. Sus diseños deberán estar basados en los modelos de «crestas y valles» pues son los modelos que desaguan mejor.

Tabla 2: Ubicación por continentes de las cubiertas tensadas. Elaboración propia.

- Asia
- África
- América del Norte
- América del Sur
- Europa
- Oceanía



Gracias al análisis de los 120 estadios, se concluye que los continentes con mayor número de estadios textiles tensados son Asia (44%) y Europa (32%).

Esto se debe a las buenas condiciones climáticas, así como al mayor número de eventos deportivos en estos continentes.

También está influenciado por la economía de los países que componen el continente y lo popular que sea este deporte. Así se obtiene que Oceanía (3%), África (5%), América del Norte y del Sur (8%) tienen una menor cantidad de estadios textiles aunque su clima pudiera ser idóneo.

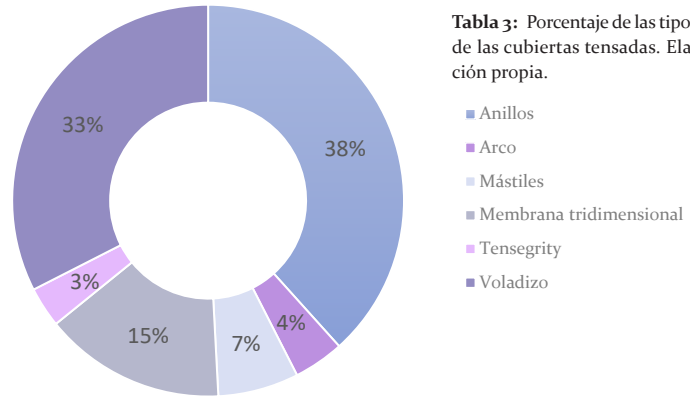
Tercer análisis: Tipología y subtipología de las cubiertas textiles

Según la tipología elaborada:

La estructura de todos los ejemplos de estadios de fútbol estudiados se compone de una masa, que supone la construcción de las tribunas, a la que se adhiere una cubierta textil, que quiere ofrecer un aspecto más moderno. Normalmente, se trata de sistemas de graderíos pesados que contrastan con la ligereza de la cubierta textil. Estas cubiertas se componen de una estructura que se basa en la repetición radial de elemen-

tos ligeros, y construyen un perímetro permeable y amigable que parece flotar en el terreno.

A partir de la clasificación en tipos de los 120 estadios con cubierta tensada se obtiene que la tipología más utilizada es la de *Anillos* (38%) debido a la efectividad en su comportamiento estructural. Esto se debe al trabajo conjunto de los elementos del perímetro para contener los esfuerzos.



En segundo lugar, se encuentra el tipo de *Voladizo* (33%) que, al tratarse de ejemplos más simples constructivamente, están basados en cerchas, vigas trianguladas o tridimensionales que vuelan o sobresalen en relación con el resto del conjunto. Son estructuras compuestas por elementos rígidos donde el apoyo o pilar está colocado estratégicamente para favorecer la estabilidad.

La siguiente tipología más utilizada es el tipo de *Membrana tridimensional* (15%). Resulta la tipología menos económica por la gran cantidad de material empleado. Al tratarse de estructuras espaciales basadas en un armazón compuesto por numerosos elementos metálicos, se permite salvar una mayor luz en comparación con los tipos *Anillos* y *Voladizo*.

Por el contrario, entre las tipologías menos construidas se encuentran la de *Mástil* (7%) y *Arco* (4%) pues se basan en un sistema estructural más sofisticado y menos óptimo. Las cubiertas textiles se encuentran suspendidas mediante cables tensados que van desde el mástil o arco hasta la membrana. Esto supone un mayor pretensado, mayor longitud y diámetro de cable y mayor cuidado en el diseño y comportamiento estructural.

Por último, el tipo de *Tensegrity* (3%) es el menos usado, puesto que estructuralmente es el ejemplo más complejo. La estabilidad de la cubierta *Tensegrity* no depende únicamente de las membranas textiles, sino del balance de fuerzas entre los elementos rígidos (mástiles flotantes) trabajando a compresión y los elementos estáticos (tensores o red de cables) que trabajan a tracción. Esto dificulta el montaje e instalación, creando una cubierta extremadamente rígida.

Según la clasificación de subtipos:

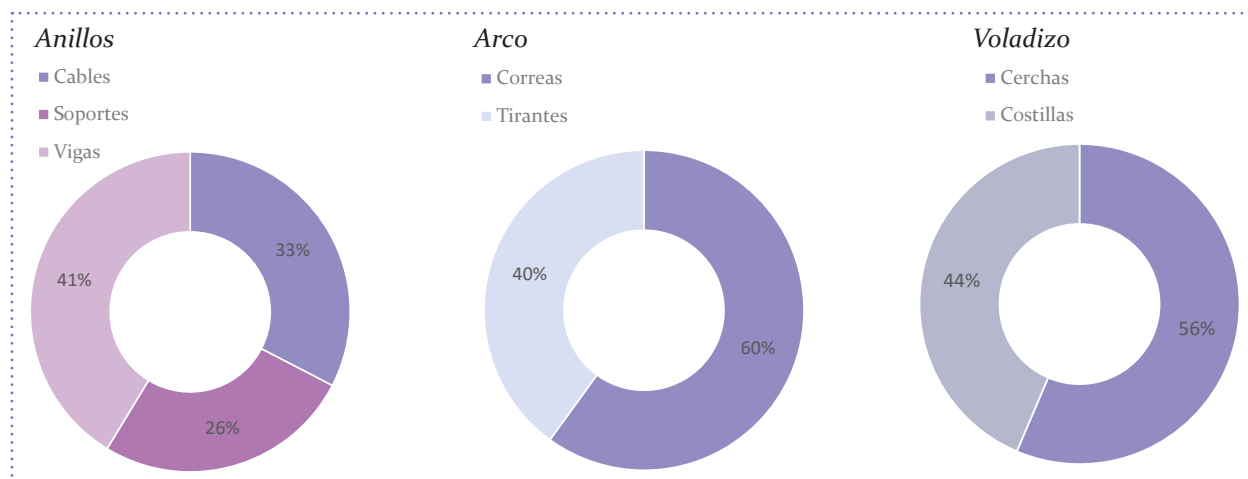
Para la correcta clasificación en tipologías de cubierta tensada se ha necesitado subdividir determinados tipos.

En relación con la tipología de *Anillos*, se obtienen tres subtipos que tienen un porcentaje de utilización bastante similares, pues existen bastantes ejemplos construidos. El subtipo *Soportes* (26%) es el menos utilizado. Esto puede deberse a la particularidad de disponer dos cables en planos verticales que están conectados a soportes autoportantes de grandes dimensiones, lo que genera una mayor complejidad en el comportamiento estructural del conjunto. Los otros dos subtipos de *Anillos*, *Vigas* (41%) y *Cables* (33%), son soluciones más convencionales dentro de la arquitectura tensada. Se disponen los cables o vigas de manera radial conectando los anillos perimetrales que contienen los esfuerzos. De esta manera, el conjunto se vuelve una estructura autoportante y eficaz gracias a la tensión ejercida por la membrana.

El tipo *Arco* se divide en dos subtipos, entre los cuales se encuentra el de *Correas* que supone un 60% de estos estadios. Constructivamente son estadios más simples que el otro subtipo, *Tirantes*, pues las cerchas o correas apoyan directamente sobre el arco constituyendo un modelo de viga doblemente apoyado. Sin embargo, el subtipo *Tirantes* (40%) se compone de un arco del que parten los cables que tensan la membrana, es decir, se trata de un arco monumental estabilizado mediante una red de cables.

Para terminar con el análisis de la subtipología de cubiertas tensadas, se debe nombrar el tipo *Voladizo* que también se divide en dos subtipos; *Costillas* y *Cerchas*. Ambos se han construido en la misma proporción relativamente, un 44% y 56%, respectivamente. Se tratan de dos sistemas estructurales idóneos para el cubrimiento de estadios de fútbol, pero el segundo requiere una estructura secundaria para sustentar la membrana tensada. Otra diferencia es que el subtipo *Costillas* integra la solución para el cerramiento de la cubierta y la fachada con un mismo elemento, por lo que protege de la intemperie y simplifica el conjunto estructural. Además, hay que tener en cuenta que ambos subtipos necesitarán un arriostramiento de las cerchas para estabilizar la cubierta ante la acción del viento.

Tabla 4: Porcentaje de los subtipos de las cubiertas tensadas. Elaboración propia.



Cuarto análisis: Estado del estadio

Según el estado del estadio de fútbol:

Las reformas en los estadios no suelen deberse únicamente a deterioros en las cubiertas, sino a los cambios para el cumplimiento de las normativas, puesto que cada día la comodidad y las necesidades de los usuarios son más exigentes, así como las normas relacionadas con la accesibilidad, la seguridad y la prevención ante incendios.

Es interesante analizar cómo los estadios en los que se remodela la cubierta, haciendo un cerramiento textil, cambian por completo el aspecto exterior, es decir, muy pocos mantienen la misma apariencia que el estadio anterior. Esto se logra mediante la horizontalidad de la cubierta, es decir, cuanto menos sobresalga la estructura textil del estadio, menos cambiará el aspecto exterior del mismo. Un ejemplo de ello es el estadio Maracanã situado en Brasil (América del Sur).

Prácticamente la mitad de los estadios estudiados (49%) son de nueva construcción, pero es importante tener en cuenta la reutilización de los materiales. La mayoría de los estadios reconstruidos (22%) han reciclado elementos del anterior estadio, como pueden ser las tribunas, el campo de juego o elementos de la fachada, pero ninguno de los ejemplos aprovechan la cubierta existente. Esto puede estar relacionado con la necesidad de aportar una nueva e innovadora imagen al estadio y a la ciudad.

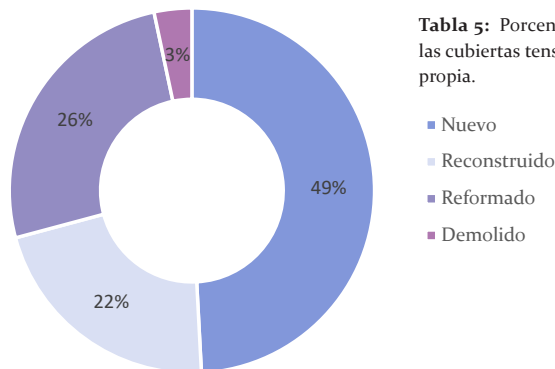


Tabla 5: Porcentaje del estado de las cubiertas tensadas. Elaboración propia.

- Nuevo
- Reconstruido
- Reformado
- Demolido

Entre los estadios de nueva construcción llama la atención que 36 de los 59 se sitúan en Asia, pues son construidos en dos periodos; entre 1999 y 2001, coincidiendo con el mundial de Corea y Japón y entre 2017 y 2022, debido a los Juegos Olímpicos de Japón y al último mundial en Catar.

Europa tiene el mayor número de estadios reconstruidos o reformados, llegando a un total de 28 de los 57 estadios renovados, lo que demuestra la afirmación anteriormente mencionada; cuando se realiza un evento deportivo en los países más desarrollados no se construye una nueva instalación, sino que se reutiliza la anterior.

En cuanto a los estadios demolidos, se ha obtenido un total de 4 estadios, de los cuales 3 se encuentran ubicados en Estados Unidos, América del Norte.

Haciendo un análisis del estado de los estadios en relación con la tipología de cubierta y con los continentes en el que se ubican, se puede concluir que:

De los 46 estadios de tipología *Anillos*, 20 son de nueva construcción, en comparación con los 15 reformados y 11 reconstruidos. Esto demuestra la continua evolución que sufre esta tipología, pues es la más numerosa y más óptima en cuanto al comportamiento estructural, al contener todos los esfuerzos en el perímetro.

De los 18 estadios de tipología de *Membrana tridimensional*, 13 son de nueva construcción, frente a 2 reconstruidos, 2 reformados y 1 demolido. Esto supone una dificultad en la mejora y renovación de este tipo, pues su sistema estructural es mucho más rígido.

De los 39 estadios de tipología de *Voladizo*, 18 son de nueva construcción, 11 son reconstruidos, 8 reformados y 2 demolidos. Se demuestra así la poca variabilidad de esta tipología, pues la cantidad de estadios reformados es bastante inferior a los estadios de nueva construcción y a los reconstruidos a partir de uno anterior.

Quinto análisis: Dimensiones y superficie de cubierta

Según las dimensiones y tipologías de las cubiertas:

Las medidas del estadio están directamente relacionadas con la estructura de este y su geometría. Aunque a primera vista puede parecer que no varían demasiado entre las distintas tipologías, hay algunas diferencias.

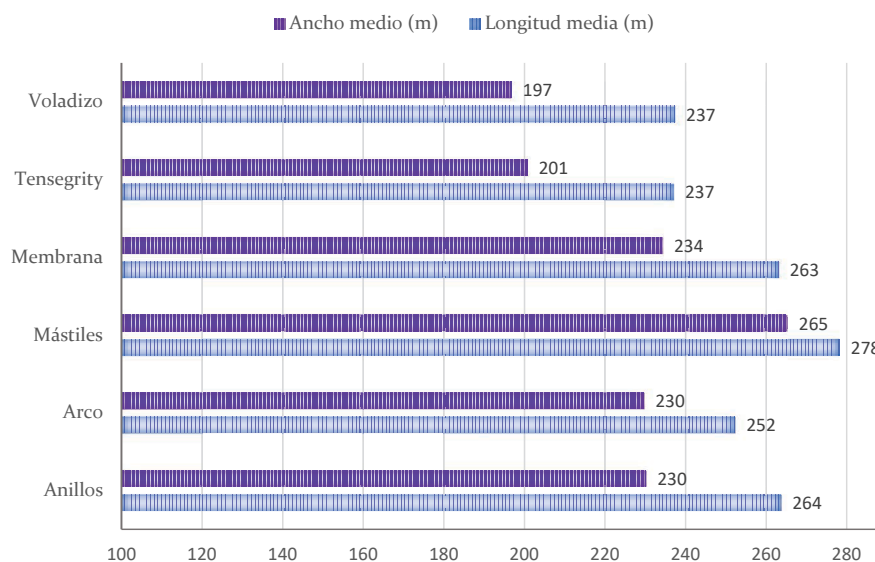


Tabla 6: Dimensiones de los estadios de fútbol por tipologías. Elaboración propia.

Los estadios de mayor tamaño son los de tipo *Mástil*, pues su característica principal es generar un apoyo interior para la membrana, lo que permite una mejor distribución de las fuerzas y una mayor luz a salvar.

El segundo tipo con mayores dimensiones es el de *Membrana tridimensional*, lo cual certifica que el empleo de un armazón estructural, es decir, módulos de cerchas tridimensionales, favorece la estabilidad y rigidez del conjunto, permitiendo un mayor tamaño de estadio.

Cabe destacar que a mayor diferencia entre la longitud y la anchura de las cubiertas de los estadios, menor es el número de estadios circulares construidos y mayor el porcentaje de estadios rectangulares.

La tipología con unas dimensiones menores es la de *Voladizo*, pues las condiciones constructivas son más restrictivas al tener un único apoyo. Además, es el tipo con mayor diferencia entre el ancho y la longitud media, lo que apoya la existencia de un mayor porcentaje de ejemplos rectangulares y menor cantidad de estadios con geometría circular.

Las dimensiones de la tipología de *Tensegrity* son bastantes similares a las de *Voladizo*, a pesar de tener una membrana que cubre todo el espacio del estadio. Esto se debe a que el balance de fuerzas entre los elementos rígidos (mástiles flotantes) y los elementos estáticos (tensores) no permite establecer muchos anillos concéntricos situados en altura creciente. De esta manera, están condicionados a un máximo de 4 alturas y, con ello, a unas dimensiones de estadio en planta menores.

Según la superficie y tipologías de cubierta (en m²):

En relación con el gráfico anterior, el tipo *Membrana tridimensional* tiene una mayor superficie de membrana al caracterizarse por poseer unas mayores dimensiones en los estadios y tener un alto porcentaje de membranas retráctiles.

Así mismo, las superficies menores de membrana textil están relacionadas con la tipología de *Voladizo*, al tener una luz de viga mucho más

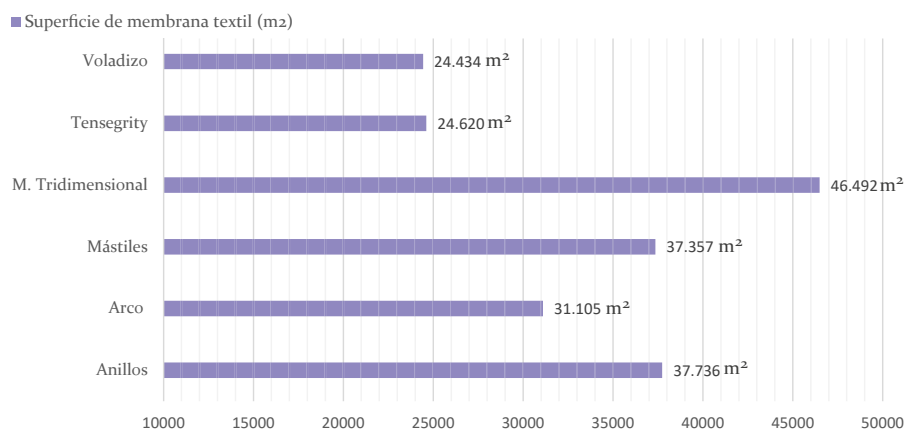


Tabla 7: Superficie de las cubiertas tensadas por tipologías. Elaboración propia.

restrictiva, y con la de *Tensegrity*, pues sus condiciones constructivas, debido a un máximo de cuatro anillos concéntricos situados en altura creciente, impiden un tamaño de cubierta grande.

Sexto análisis: Luces y ejes radiales de las cubiertas

Según las luces y tipologías de las cubiertas textiles:

En función de la luz a salvar, la solución estructural al problema de sostener el voladizo será distinta para cada caso.

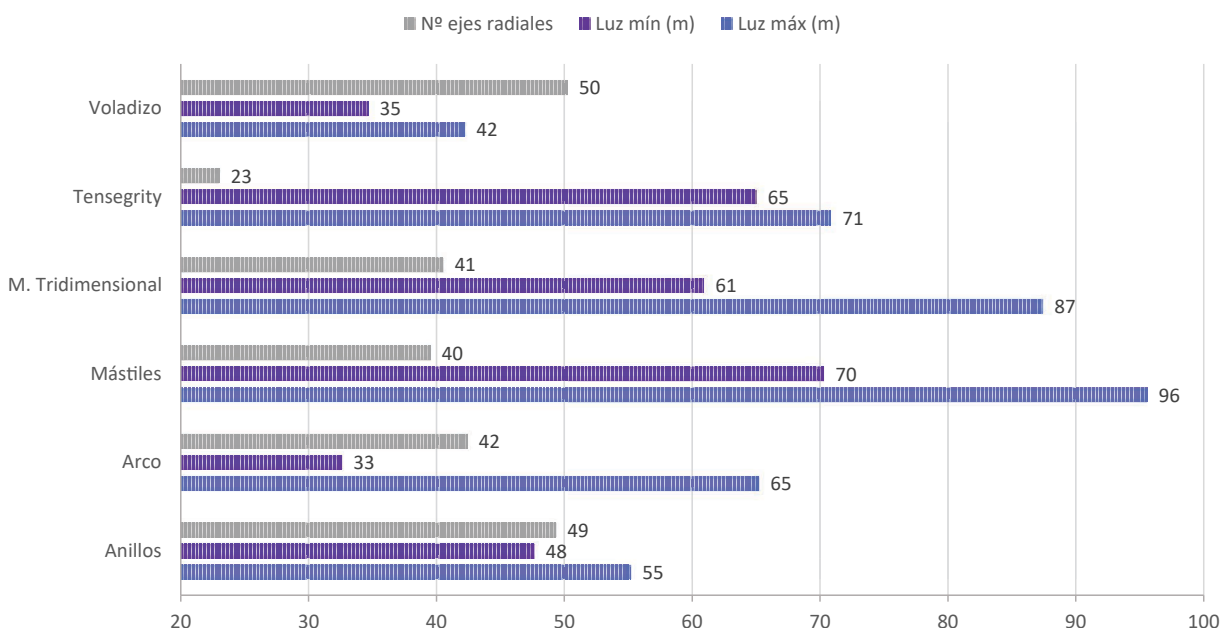
Para solucionar las mayores luces y superficies de cubierta se emplea la tipología de *Mástil* ya que dispone de apoyos intermedios. Por el contrario, el tipo *Voladizo* es la solución de cerchas para salvar luces menores, pues solo consta de un único apoyo.

Cabe destacar que la mayor diferencia entre la luz mínima y la luz máxima en una misma tipología, se debe a la predominancia de la geometría de media luna en los ejemplos de cubiertas tensadas. Esto ocurre con el tipo *Arco*, pues su luz mínima es de 33m, en comparación con los 65m de máxima. Esta última es claramente superior al estar constituida por un elemento monumental principal de arco a compresión que salva una cuantiosa luz.

El número de ejes radiales solo indica que el tipo *Tensegrity* se compone de menos elementos dispuestos radialmente al constituirse de cables con grandes longitudes.

Ocurre lo contrario con la tipología de *Voladizo*, que necesita mayor número de ejes al constituirse por elementos con un único apoyo, que ten-

Tabla 8: Dimensiones de las luces de los elementos que conforman las cubiertas tensadas de los estadios de fútbol por tipologías. Elaboración propia.



drán menores dimensiones. Se puede concluir que el número de ejes radiales es bastante uniforme, sin muchas variaciones entre los diversos tipos.

Séptimo análisis: Peso de la cubierta

El peso de las estructuras de cables no queda en muchos casos de estudio determinado por lo que no se puede hacer una evaluación objetiva. A pesar de ello, se puede concluir que cuánto más compleja sea la solución aportada, mayor será su cantidad de estructura y necesitarán mayor proporción de material. Así, se determina que las cubiertas de tipología de *Membrana tridimensional* son las de mayor peso, y las de *Voladizo* son las menos pesadas al tener menor superficie de membrana y estar compuestas por vigas o cerchas que llevan su esfuerzo al apoyo.

Octavo análisis: Cubiertas móviles

Según si la tipología contiene membrana retráctil:

El porcentaje de cubrición va altamente ligado a la existencia o no de cubiertas retráctiles, puesto que estas permiten poseer un cerramiento en el interior del espacio. Así, se consigue que todos los espectadores se encuentren bajo un techo en caso de condiciones ambientales adversas y que se cubra el campo de juego. Hay que tener en cuenta que estas soluciones pueden no ser las más acertadas debido a que la apertura y cierre de la membrana suponen un gran gasto de energía.

Los tipos de *Tensegrity* y *Voladizo* son incompatibles con las membranas retráctiles por su imposibilidad constructiva. Sin embargo, los tipos de *Membrana tridimensional* y *Mástil* poseen un alto porcentaje de cubierta móvil (33% y 25%) gracias a la condición de estabilidad y mayor cantidad de elementos constructivos. De esta manera, se permite una mayor facilidad de enganche de los raíles por donde corre la membrana retráctil. Solo un 9% de los estadios de tipo *Anillos*, o sea 4 de los 46, poseen una membrana retráctil en la parte interior de la cubierta. Esto determina

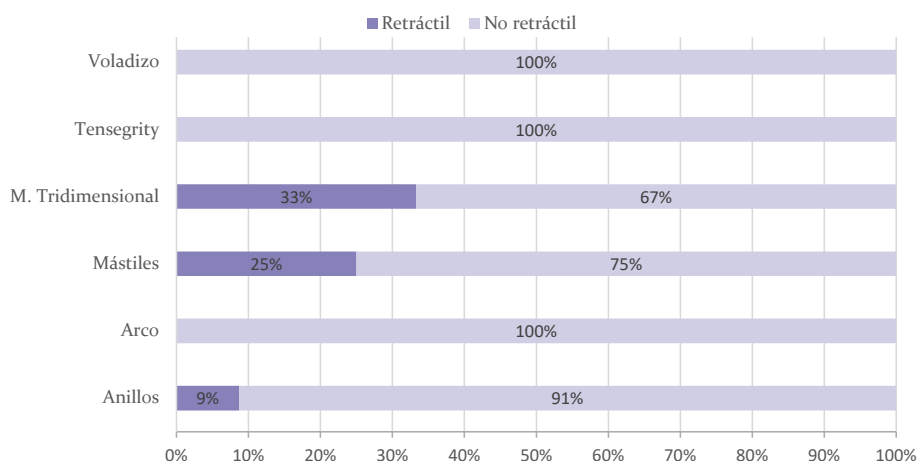


Tabla 9: Porcentaje de cubiertas tensadas retráctiles por tipologías. Elaboración propia.

que la solución de cubierta móvil no se considera tan apropiada en comparación con el aumento en el coste que supone.

Noveno análisis: Geometría

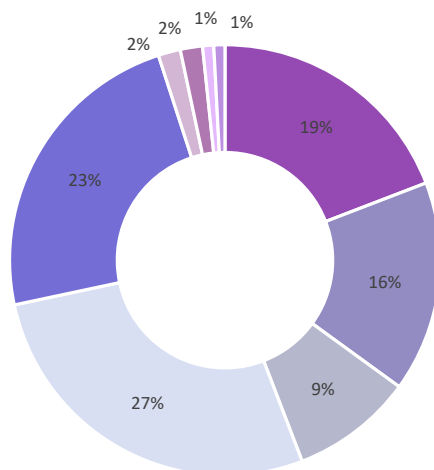
Según la geometría de la cubierta tensada:

Todos los estadios están condicionados por las dimensiones del campo de juego que en partidos internacionales se trata de una longitud aproximada entre 100 y 110m y un ancho de entre 64 y 75m.

Estas dimensiones rectangulares hacen que la solución de geometría circular sea la más difícil de solventar, pero a la vez la más atractiva. Supone un total de 23 estadios de los 120 analizados (19%).

Tabla 10: Porcentaje de las diferentes geometrías de las cubiertas tensadas. Elaboración propia.

- Circular
- Elíptica
- Media Luna
- Ovalada
- Rectangular
- Octogonal
- Doble Circular
- Cuadrada
- Otras



La geometría ovalada es la más empleada (27%), aunque compite en poca diferencia con la rectangular (23%), la cual suele tener las esquinas redondeadas.

Esto se debe únicamente a facilidades constructivas, pues como se tratan de estructuras radiales siempre se tiende a curvar los perímetros del conjunto.

Además, la disposición ovalada, elíptica o circular de las gradas para los espectadores mejora la visión desde todos los puntos del estadio. La finalidad principal de las tribunas es intentar acercar lo máximo posible el campo de juego al usuario.

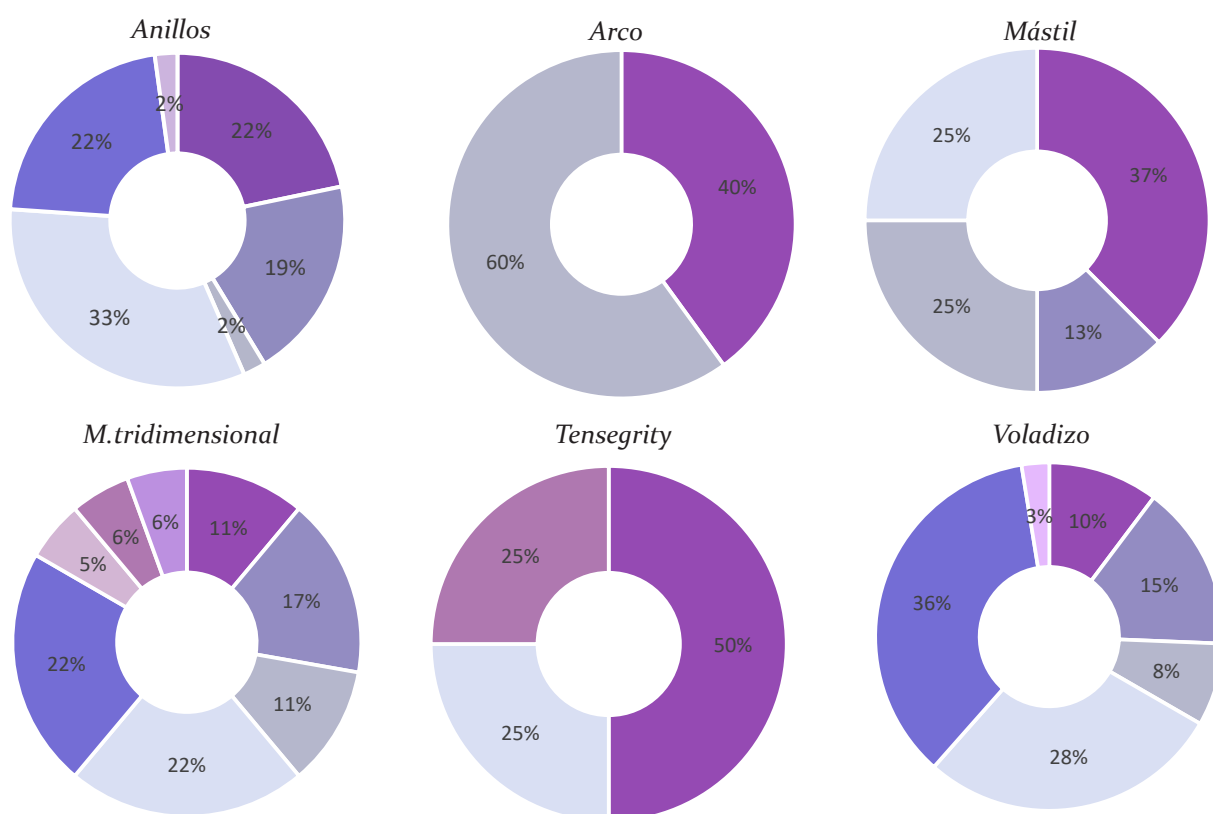
La tipología de *Cuadrada* es la menos común debido a las condiciones rectangulares del campo de juego y solo se encuentra un estadio de los 120 con estas características, el estadio Alsancak Mustafa Denizli situado en Turquía (Asia).

Según la geometría y tipología de la cubierta:

La geometría de los estadios está directamente relacionada con el comportamiento estructural y el sistema constructivo empleado, por lo que se debe hacer un análisis según las diferentes tipologías y su predominancia sobre las determinadas geometrías.

La geometría circular supone una clara predominancia en el tipo *Tensegrity* (50%), pues al constituirse por anillos concéntricos en altura creciente facilita su disposición.

■ Circular ■ Elíptica ■ Media Luna ■ Ovalada ■ Rectangular ■ Octogonal ■ Doble Circular ■ Cuadrada ■ Otras



La forma doble circular se compone de la intersección de dos círculos, un ejemplo de ello es el estadio Único de la Plata, situado en Argentina (América del Sur), perteneciente a la tipología *Tensegrity*. Este tipo al solo agrupar 4 de los 120 estadios tiene un alto porcentaje de esta geometría con solo un estadio doble circular.

Tabla 11: Porcentaje de las diferentes geometrías de las cubiertas tensadas por tipologías. Elaboración propia.

En la tipología *Arco* se obtiene un evidente dominio de la geometría de media luna (60%), pues le pertenecen 3 de los 5 ejemplos hallados. Estos, además, pertenecen al subtipo *Correas*, pues la disposición de dos arcos monumentales como estructura principal donde apoyan las vigas de segundo orden, es la única solución viable. Por el contrario, el 40% de estadios circulares se compone de los ejemplos pertenecientes al subtipo *Tirantes*. Esto demuestra la clara relación entre geometría y estructura.

Las demás tipologías tienen una mayor variedad de geometrías, donde siempre predominan la rectangular, circular y ovalada por las razones descritas en el apartado anterior. La forma elíptica se encontraría en el siguiente puesto, ocupando entorno a un 15% de los estadios de las tipologías restantes.

Décimo análisis: Material de las membranas textiles

Según el material de membrana empleado:

El material utilizado para el cerramiento de la cubierta textil es un elemento esencial a tener en cuenta, no solo por las características físicas como translucidez o el color, sino también por la fragilidad en el proceso de corte, confección, proceso de montaje, durabilidad y mantenimiento de la cubierta.

En relación con la fragilidad en el proceso de confección, transporte y posterior montaje se debe tener en cuenta que el poliéster recubierto de PVC (PES/PVC) se puede plegar y enrollar sin dañar el tejido. Mientras que las membranas de fibra de vidrio recubiertas de teflón (GLASS/PTFE) o de silicona y las láminas de ETFE son tejidos que se deben tratar con extremo cuidado desde que se desenrollan para cortar hasta que se instalan en obra. En todo momento deberán estar protegidas para evitar pliegues, elementos punzantes o abrasiones que las dañen.

Los daños que se generen no son recuperables en obra como en el caso del PES/PVC y no solo representan un problema estético sino que comprometen la seguridad estructural de las membranas al afectar a fibras que se pueden partir o dañar.

El material más económico es la membrana de poliéster recubierta de PVC (PES/PVC), puesto que no necesita tanta precaución en su confección, transporte y puesta en obra. Es decir, la puesta en obra de materiales más delicados implica un mayor coste.

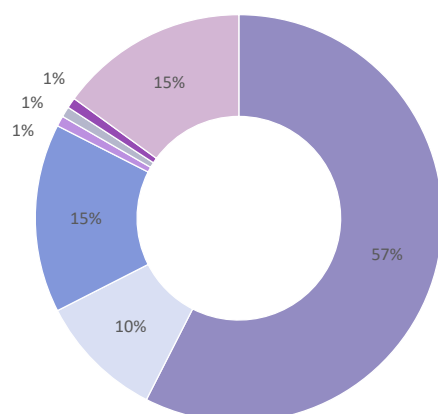
Además, en el coste también influye la cantidad de estructura necesaria para la solución final de la cubierta. Las construidas con fibra de vidrio recubierta de PTFE o silicona necesitan un mayor pretensado, que implica un sobredimensionado de la estructura en comparación con la solución equivalente en PES/PVC.

Lo mismo ocurre con las cubiertas de láminas de ETFE, debido a la baja resistencia a tracción del material, se obliga a una mayor instalación de estructura adicional.

A pesar de constituir el material más barato, el poliéster + PVC solo se emplea en un 15% de los casos de estudio. Esto puede deberse a una menor vida útil y a un mayor mantenimiento del material.

Tabla 12: Porcentaje de los diferentes materiales empleados para el cerramiento de las cubiertas tensadas. Elaboración propia.

- Fibra de vidrio + PTFE (teflón)
- ETFE
- Poliéster + PVC
- Fibra de vidrio + TiO₂
- PVC + TiO₂
- Fibra de vidrio + Silicona
- Sin especificar



Las membranas de fibra de vidrio+ PTFE y las láminas de ETFE poseen una vida útil de la cubierta textil por encima de los 20 años. Además, el PVC debe tratarse superficialmente con acabados que eviten su ensuciamiento y deterioro.

Todos estos aspectos corroboran la menor utilización del material de poliéster + PVC (15%) en comparación con el de fibra de vidrio + PTFE (57%).

El color del material puede igualmente ser otro criterio importante en la selección del material. La industria textil dispone de una amplia gama de colores para membranas de PES/PVC, mientras que las de fibra de vidrio y teflón (GLASS/PTFE) o silicona (GLASS/SILICONE) están disponibles solo en blanco. Las láminas de ETFE pueden confeccionarse desde la transparencia hasta una amplia gama de colores, tanto en masa como impresos, pudiendo igualmente imprimir patrones de sombreado o diseños específicos para cada obra.

Por último, la translucidez del material es otro aspecto esencial relacionado con el tipo de material elegido. Determinados proyectos, siempre en lugares con escaso soleamiento, pueden requerir imperativamente una alta translucidez, en cuyo caso la selección apuntaría al ETFE, que llevará aparejado conjuntamente a un mayor paso de luz (90%) y un sobrecalentamiento del interior por el efecto invernadero.

Otros espacios pueden requerir una elevada iluminación natural (hasta un 40%), protección solar efectiva, y relativa economía, por lo que el PES/PVC sería la elección más razonable.

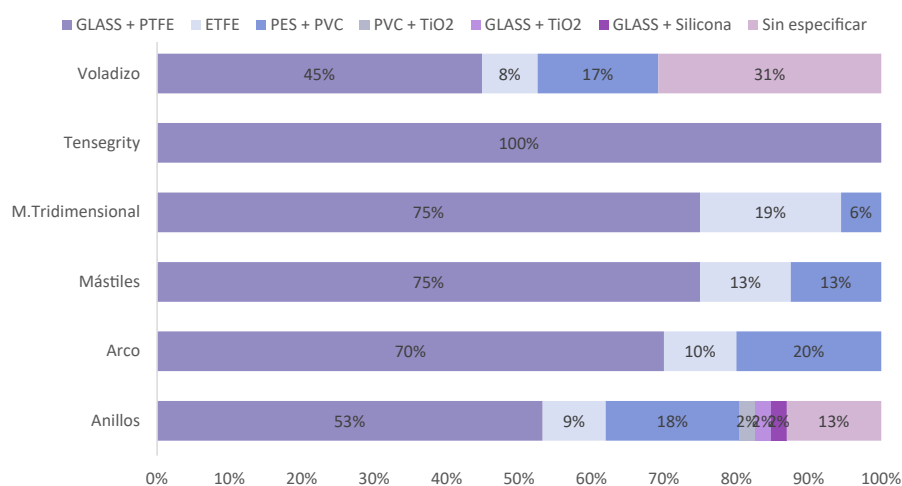
En proyectos donde el criterio imperante debe ser la durabilidad del material, por encima de su coste o su escasa translucidez (hasta un 15%), puede tener sentido seleccionar la membrana de GLASS/PTFE, o de GLASS/SILICONE si se pretende una mayor translucidez (hasta un 40%) a costa de una superficie menos resistente a la suciedad.

Por todas estas razones se puede concluir que el material más empleado para el cerramiento de cubierta textil en estadios de fútbol es la membrana de fibra de vidrio recubierta de PTFE, comúnmente conocida como teflón, por la durabilidad de la membrana y la translucidez de hasta 40% para evitar el sobrecalentamiento del espacio.

Según el material y tipología de cubiertas tensadas:

El tipo de material y la estructura también son aspectos que están relacionados.

Tabla 12: Porcentaje de los diferentes materiales empleados para el cerramiento de las cubiertas tensadas. Elaboración propia.



La tipología de *Anillos*, al poseer un comportamiento estructural más eficiente que el resto, permite una mayor variabilidad en relación con el tipo de material elegido.

Sin embargo, las tipologías catalogadas como conjuntos estructurales más rígidos, es decir, los tipo *Tensegrity*, *Membrana tridimensional* y *Mástil*, muestran una menor variación de ejemplos construidos con materiales diversos.

También cabe destacar que los tipos en los que el porcentaje de cubiertas retráctiles es mayor, coinciden con un mayor uso del ETFE. Su elección se debe a una mayor translucidez del material, pues permite gran paso de luz a pesar de cubrirse el estadio por completo.

Conclusiones

Todos los estadios del estudio suponen un hito que corona el paisaje urbano en el que se inserta, desafiando el aspecto de la ciudad.

La arquitectura textil está en continuo cambio y en busca de innovadoras soluciones que permitan una evolución de los ejemplos ya construidos. La arquitectura tensada no solo supone una mayor eficiencia a nivel estructural, sino que aporta ligereza, plegabilidad y flexibilidad frente al peso o rigidez característica de cualquier otro tipo de construcción. De esta manera, se observa el progreso que esta ha experimentado mediante la evolución histórica de los estadios.

La geometría y dimensiones del estadio y el material de la membrana textil influyen directamente sobre la geometría de la cubierta, su estructura y su proceso constructivo. Se han estudiado todos los tipos de configuración de cubiertas textiles tensadas de los 120 estadios de fútbol construidos hasta la actualidad.

Todos ellos se basan en la disposición de unos elementos organizados radialmente componiendo una estructura basada en el balance de esfuerzos a tracción y compresión que permiten la construcción de grandes luces, sin necesidad de emplear pilares intermedios. Conforman diferentes soluciones basadas en sistemas de redes de cables de acero y paños de membrana de diversos materiales.

Las ventajas que aporta la arquitectura textil no solo están relacionadas con la optimización del comportamiento estructural del conjunto arquitectónico, sino que además establece una mejora del ambiente interior de este. Permite una mayor transmisión luminosa, desde un 0% hasta un 50% de la luz, siendo lo más habitual entre un 15% y un 20%.

Una de las desventajas es la posibilidad de generar un espacio con efecto invernadero, así como el riesgo de condensación pero se solventa fácilmente gracias a una correcta ventilación del espacio.

Para la obtención de las tensoestructuras, estructuras basadas en la unión de membranas textiles y cables, se necesita un proceso de industrialización, fabricación y construcción adecuado y milimétrico. Debe ser altamente preciso para lograr el izado y la instalación de esa estructura ligera compleja, que caracteriza a todas estas cubiertas.

En este trabajo de investigación se cumple el objetivo propuesto de proponer una tipología para las cubiertas textiles de los estadios de fútbol. Como resumen se concluye que las cubiertas tensadas se pueden clasificar en seis tipos: *Anillos*, *Arco*, *Mástil*, *Voladizo*, *Membrana tridimensional* y *Tensegrity*. A su vez, algunas tipologías se dividen en subtipos como el de *Anillos* compuesto por tres subgrupos: *Soportes*, *Cables* y *Vigas*, el tipo *Arco* que está formado por los subtipos: *Tirantes* y *Correas* y, por último, la tipología *Voladizo*, que consta de los subtipos: *Cerchas* y *Costillas*.

Tras la discusión y comparación los diez análisis propuestos, se puede concluir que la tipología con un comportamiento estructural y constructivo más óptimo es la de *Anillos*, debido al trabajo conjunto que ejercen los elementos del perímetro para contener los esfuerzos. En segunda posición, se encuentra el tipo *Voladizo* pues se trata de estructuras constructivamente más simples al tener una menor luz que salvar y, con ello, una menor superficie de membrana.

Asimismo, se deduce que la fecha y ubicación son determinantes a la hora de construir estadios, pues están ligados con los acontecimientos deportivos. Al estos desarrollarse en los países más industrializados se suelen aprovechar los estadios construidos, mientras que en los países menos desarrollados se necesita una nueva construcción.

En cuanto al empleo de los materiales, se corrobora que la más destacada con diferencia es la membrana de fibra de vidrio recubierta de PTFE, comúnmente conocido como teflón. Por el contrario, el poliéster recubierto de PVC, a pesar de ser el más económico, no se utiliza tanto pues se emplean solo en un 15% de los casos estudiados.

En relación con la geometría de la cubierta, se determina que los tipos con mayor rigidez estructural (*Arco*, *Tensegrity*, *Mástil*) tienen una menor variabilidad de formas, mientras que el resto adquieren un porcentaje más equitativo entre todas las distintas geometrías. Las soluciones redondeadas son las más empleadas pues permiten una mayor facilidad constructiva al ser radiales y favorecer la cercanía entre campo de juego y usuario.

Otra conclusión generada a partir de la discusión es que los estadios de mayor tamaño y con mayores luces son los de tipo *Mástil*, pues generan un apoyo interior para la membrana. El segundo tipo con mayores dimensiones es el de *Membrana tridimensional*, gracias al empleo del armazón estructural que favorece la estabilidad y rigidez del conjunto. Al contrario ocurre con el tipo *Voladizo*, constituyen las cubiertas con menores superficies y luz a salvar debido a su condición estructural más restrictiva.

Para terminar, los tipos de *Membrana tridimensional* y *Mástil* poseen un alto porcentaje de cubierta móvil (33% y 25%) gracias a la condición de estabilidad y mayor cantidad de elementos constructivos. De esta manera, se permite una mayor facilidad de enganche de los raíles por donde corre la membrana retráctil.

Durante el análisis de las cubiertas tensadas se ha profundizado en el estudio de los diferentes comportamientos estructurales, que determinan una gran variedad de soluciones para el planteamiento de un mismo problema, solo se debe estudiar cuál es la más idónea en cada caso.

Fuentes

Bibliografía y recursos digitales

BIBLIOGRAFÍA

FOSTER, B. Arquitectura textil : guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas. Madrid, 2009.

PARRA, J. T. Construir con membranas. Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción, n. 36, p. 4-19, 2011.

ENGEL, H. Sistemas de estructuras. Madrid, 1970.

MONJO CARRIÓ, Juan. La docencia de la Arquitectura Textil. 2011.

MONJO CARRIÓ, Juan. Introducción a la arquitectura textil : [cubiertas colgadas]. Madrid, 1991.

FERRARI, S.D. Ferrari-Architecture composite textiles & membranes, 2012.

ESGRIG, JÜIX; VALCÁRCEL, JUAN P. ÉREZ; ARQUITECTOS, DRS. Conceptos básicos para el diseño y análisis de estructuras ligeras tensadas. Revista de Edificación. Junio, 1989, no 6, p. 41. SASTRE SASTRE, R. «El PVC en la arquitectura textil».

HINCAPIÉ LÓPEZ, Jhon, et al. Arquitectura tensada: evolución y aplicaciones. 2021.

GUZMÁN, Carlos César Morales. Prototipo de diseño de una cubierta retráctil tensada. Revista de Arquitectura (Bogotá), 2013, vol. 15, no 1, p. 102-110.

RIVAS REYERO, Carolina. Matices tensados: evolución y nuevas aplicaciones de las estructuras tensadas. 2018.

BING, W. B. Free-standing tension structures : from tensegrity systems to cable-strut systems. London and New York, 2004.

PAREJA ABIA, José. La arquitectura de los estadios. Análisis estructural de los estadios deportivos. Trabajo Fin de Grado UPM. 2020.

FERNÁNDEZ RODRÍGUES, Alba M^a. Arquitectura deportiva: cubiertas simbólicas, experiencias memorables. Trabajo Fin de Grado UPM. 2017.

BRUNETE GARCÍA, Jorge. Por la escuadra: un análisis arquitectónico de los estadios de fútbol y su ambiente. Trabajo Fin de Grado UPM. 2002

RECURSOS DIGITALES

Tensinet. Sitio web dedicado a las estructuras de membrana textil, <https://www.tensinet.com/> Consultado el 15 de octubre de 2022.

Stadium DataBase. Principal sitio web del mundo dedicado a los estadios de fútbol, <http://stadiumdb.com/stadiums/> Consultado el 15 de octubre de 2022.

Arquitectura Viva. Revista española de arquitectura. <https://arquitectura-viva.com/> Consultado el 15 de octubre de 2022.

Tectónica. Revista de arquitectura que relaciona las soluciones constructivas. <https://tectonica.archi/> y <https://www.tectonica.es/>, consultado el 02 de enero de 2023.

Stadium Guide. Sitio web dedicado a estadios de fútbol, <https://www.stadiumguide.com/> Consultado el 15 de octubre de 2022.

Birdair. Empresa coladoradora en el diseño de proyectos textiles, <https://www.birdair.com/> Consultado el 15 de octubre de 2022.

Mak max. Empresa dedicada al diseño de membranas textiles. <https://www.makmax.com/> Consultado el 15 de octubre de 2022.

World Construction Network, <https://www.worldconstructionnetwork.com/projects>, consultado el 02 de enero de 2023.

Billinger + Grohmann, <https://www.bollinger-grohmann.com/en.projects.arena-fonte-nova.htm>, consultado el 02 de enero de 2023.

Itapa, <https://www.itaipavaarenafontenova.com.br/estrutura/>, consultado el 02 de enero de 2023.

Archdaily, <https://www.archdaily.com/>, consultado el 02 de enero de 2023.

Schlaich Bergermann Partner, <https://www.sbp.de/>, consultado el 02 de enero de 2023.

GMP Projects, <https://www.gmp.de/en/>, consultado el 02 de enero de 2023.

Structurae, base de datos sobre obras de ingeniería. <https://structurae.net/en/>, consultado el 02 de enero de 2023.

Architectural Record, <https://www.architecturalrecord.com/>, consultado el 02 de enero de 2023.

Arkiv, <http://www.arkiv.com.tr/proje/inonu-stadi/6013>, consultado el 02 de enero de 2023.

Construir Acier, <https://www.construiracier.fr/architectures/equipements-sportifs/stade-velodrome-de-marseille/>, consultado el 02 de enero de 2023.

Pfeifer Isofer, compañía experta en obras de construcción, <https://isofer.pfeifer.info/en/home/>, consultado el 02 de enero de 2023.

Hmong, <https://hmong.es/wiki/Beira-Rio>, consultado el 02 de enero de 2023.

Architizer, manual de proyectos de arquitectura, <https://architizer.com/projects/q/>, consultado el 12 de enero de 2023.

AECOM, industria dedicada a la construcción, <https://aecom.com/za/projects/>, consultado el 12 de enero de 2023.

ARQA, <https://arqa.com/arquitectura>, consultado el 12 de enero de 2023.

PTW, estudio de especialistas en la construcción de proyectos a gran escala, <https://ptw.com.au/projects>, consultado el 12 de enero de 2023.

Paragon Group, <https://www.paragon.co.za/content/cape-town-stadium>, consultado el 12 de enero de 2023.

German Architects, <https://www.german-architects.com/en/gmp-architekten-von-gerkan-marg-und-partner-hamburg/project/estadio-mineirao>, consultado el 12 de enero de 2023.

ARUP, diseñadores de proyectos con membranas <https://www.arup.com/>, consultado el 12 de enero de 2023.

Estudio LAMELA, <https://www.lamela.com/en/>, consultado el 12 de enero de 2023.

MJW Structures, <https://www.majowiecki.com/en/s/inex>, consultado el 12 de enero de 2023.

Architen Landrell, <https://www.architen.com/>, consultado el 12 de enero de 2023.

Taiyo Kogyo Corporation, <http://www.taiyokogyo.com/>, consultado el 12 de enero de 2023.

HighTex Maintenance, <https://hightex-maintenance.de/en/>, consultado el 12 de enero de 2023.

The Institution of Structural Engineers, <https://www.istructe.org/structural-awards/>, consultado el 12 de enero de 2023.

Fuentes

Procedencia de las ilustraciones

Arquitectura Tensada

- 2.01. Portada del libro Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Tomado de <https://www.abebooks.com/Arquitectura-textil-Gu%C3%ADa-Europea-dise%C3%B1o-estructuras/19183719878/bd>; consultado el 11.01.2023.
- 2.02. Portada de la revista Tectónica. Nº 36. Artículo: Construir con membranas escrito por Javier Tejera. Tomado de <https://veredes.es/blog/tectonica-36-arquitectura-textil/>; consultado el 11.01.2023.
- 2.03. Arquitectura Textil en estadios de fútbol. Estadio Bao'an. En 2011, Shenzhen, China. Tomado de <https://veredes.es/blog/tectonica-36-arquitectura-textil/>; consultado el 11.01.2023.
- 2.04. Ejemplo de diseño orgánico de arquitectura tensada. Estadio Vélodrome. En 2014, Marsella, Francia. Tomado de <https://veredes.es/blog/tectonica-36-arquitectura-textil/>; consultado el 11.01.2023.
- 2.05. Diagramas de las tensiones aplicadas en un ejemplo de estructura tenso-traccionada. Escaneado del libro Introducción a la arquitectura textil, consultado el 05.10.2022.
- 2.06. Diagrama de las presiones sobre la superficie de una estructura hinchada o neumática. Tomado de TFG: Estructuras neumáticas. Habitar en situaicones de emergencia. Autora: María Valtueña Tinoco. https://oa.upm.es/50510/1/TFG_Valtueña_Tinoco_Maria.pdf; consultado el 11.01.2022.
- 2.07. Diagramas de las tensiones aplicadas en la arquitectura textil. Escaneada del libro Introducción a la arquitectura textil, consultado el 24.10.2022.
- 2.08. Diagramas de las tensiones aplicadas en un ejemplo de superficie anticlástica. Escaneada del libro Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas, consultado el 24.10.2022.
- 2.09. Diagramas de las tensiones aplicadas en un ejemplo de superficie sinclástica. Escaneada del libro Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas, consultado el 24.10.2022.
- 2.10. Diagramas de estructuras tensadas-traccionadas con curvatura anticlástica. Escaneada del libro Introducción a la arquitectura textil, consultado el 24.10.2022.
- 2.11. Sección de un tejido de poliéster con recubrimiento de PVC. Tomado de Serge Ferrari, consultado el 24.10.2022.
- 2.12. Sección de un tejido de poliéster con recubrimiento de PVC con las dos direcciones de hilado (trama y urdimbre). Tomado de Serge Ferrari, consultado el 24.10.2022.
- 2.13. PES/PVC. Cubierta compuesta por una membrana textil de poliéster recubierto de PVC. Cubierta retráctil del estadio Arena Nacional de Bucarest. 2011, Bucarest, Rumanía. Tomado de <https://es.dreamstime.com/imagen-de-archivo-arena-nacional-bucarest-image29033961>, consultado el 11.01.2023.
- 2.14. GLASS/PTFE. Cubierta compuesta por una membrana textil de fibra de vidrio recubierto de PTFE o teflón. Cubierta tensada del estadio Maracanã. 2013, Río de Janeiro, Brasil. Tomado de https://es.wikiarquitectura.com/maracana_6/, consultado el 11.01.2023.
- 2.15. GLASS/SILICONE. Cubierta compuesta por una membrana textil de fibra de vidrio recubierto de silicona. Cubierta tensada del estadio Vodafone Park. 2016, Estambul, Turquía. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/vodafone_arena, consultado el 11.01.2023.
- 2.16. PES/PVDF. Cubierta compuesta por una membrana textil de poliéster recubierta de PVDF (Kynar). Cubierta tensada del estadio Olympiakos. 2004, Grecia, Atenas. Tomado de <https://www.ttaengineers.com/projects/STADIUM/OLYMPIACOS-NEW-FOOTBALL-STADIUM/>, consultado el 11.01.2023.

- 2.17. PES/PVC + TiO₂. Cubierta compuesta por una membrana textil de poliéster recubierta de PVC y con acabado de TiO₂. Cubierta tensada del estadio Mercedes Benz Arena. 2011, Stuttgart, Alemania. Tomado de <https://kplusseating.com/producto/mercedes-benz-arena/>, consultado el 11.01.2023.
- 2.18. GLASS/PTFE + TiO₂. Cubierta compuesta por una membrana textil de fibra de vidrio recubierta de PTFE (teflón) y con acabado de TiO₂. Cubierta tensada del estadio Mineirao. 2013, Belo Horizonte, Brasil. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/bra/estadio_mineirao, consultado el 11.01.2023.
- 2.19. ETFE. Cubierta compuesta por una lámina textil de ETFE de una sola capa. Cubierta tensada del estadio HDI Arena. 2005, Hannover, Alemania. Tomado de https://es.wikipedia.org/wiki/HDI-Arena#/media/Archivo:2013-08-28_HDI-Arena_Hannover_1.jpg, consultado el 11.01.2023.
- 2.20. Cubierta compuesta por una malla bidireccional de cables. Cubierta tensada del estadio olímpico de Múnich. 1972, Múnich, Alemania. Tomado de https://es.wikipedia.org/wiki/Estadio_Ol%C3%ADmpico_de_M%C3%BAnich, consultado el 11.01.2023.
- 2.21. Direcciones principales de la tensión y del patronaje en conoides, paraboloides e hiperboloides. Tomado del artículo de Tectónica: Construir con membranas escrito por Javier Tejera (2011), consultado el 24.10.2022.
- 2.23. Croquis de una unión cosida. Doble pliegue. Escaneada del libro Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas, consultado el 24.10.2022.
- 2.24. Croquis de una uniones soldadas. Escaneada del libro Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas, consultado el 24.10.2022.
- 2.25. Croquis de una uniones mediante pletinas. Escaneada del libro Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas, consultado el 24.10.2022.
- 2.26. Croquis de los tipos de bordes flexibles y bordes rígidos. Escaneada del libro Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas, consultado el 24.10.2022.

Casos de estudio

- 4.1.1 Medidas de un campo de fútbol. Tomado de <https://www.goal.com/es/noticias/cuanto-mide-una-cancha-de-futbol-medidas-reglamentarias-minimas-y-maximas/kwgcc1zerb7v19glf2ia8ug7r>; consultado el 13.01.2023.
- 4.1.2 Exterior e interior de la cubierta Raleigh Livestock Arena, 1952, Carolina del Norte. Tomado de <https://arquitecturayempresa.es/noticia/el-legado-arquitectonico-de-matthew-nowicki-dorton-arena> y <https://www.ncstatefair.org/facilities/dortonhistory.htm>; consultado el 13.01.2023.
- 4.1.3 Fotografía de Frei Otto, padre de la arquitectura tensada. Tomado de Arquitectura Viva, <https://arquitecturaviva.com/articulos/frei-otto-1>; consultado el 13.01.2023.
- 4.1.4 Pabellón Alemán para la Expo. de Montreal, 1967, Frei Otto. Tomado de <https://www.archdaily.cl/cl/768540/clasicos-de-arquitectura-pabellon-aleman-expo-67-frei-otto-rolf-gutbrod>; consultado el 13.01.2023.
- 4.1.5 Estadio para los Juegos Olímpicos de Múnich, 1972, Frei Otto. Tomado de <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/estadio-olimpico-de-munich/>; consultado el 13.01.2023.
- 4.1.6 Pabellón de Estados Unidos para la Expo. de Osaka, 1970. Tomado de https://www.roomdiseno.com/centre-pompidou-metz-aerodream-estructuras-hinchables/aerodream-pompidou_metz-roomdiseno11/; consultado el 13.01.2023.
- 4.1.7 Cubierta retráctil del estadio olímpico de Montreal, 1976, Roger Taillibert. Tomado de <http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/TIMELN/montreal/montreal.html>; consultado el 13.01.2023.
- 4.1.8 Detalle de la malla bidireccional de cables del pabellón Alemán para la Expo. de Montreal, 1967, Frei Otto. Tomado de <https://www.modlar.com/photos/4155/munich-olympic-details/>; consultado el 13.01.2023.

Estadio Pontiac Silverdome

- 4.5.2 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Pontiac Silverdome. Tomado de <https://es.besoccer.com/estadio/pontiac-silverdome-6085>; consultado el 01.01.2023.

4.5.3 Interior de la cubierta textil del estadio Pontiac Silverdome. Tomado de <https://www.theguardian.com/sport/2017/dec/01/pontiac-silverdome-demolition-detroit-lions>; consultado el 01.01.2023.

Estadio olímpico de Montreal

4.5.5 Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Montreal. Tomado de <https://www.gettyimages.es/fotos/olympic-stadium-montreal>; consultado el 02.01.2023.

4.5.6 Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Montreal. Tomado de <https://www.sbp.de/en/project/roof-olympic-stadium-montreal>; consultado el 02.01.2023.

Estadio RFK

4.5.8 Aspecto exterior de la cubierta del estadio RFK. Tomado de <https://www.archdaily.com/775083/oma-to-design-rfk-stadium-campus-in-dc>; consultado el 02.01.2023.

4.5.9 Interior de la cubierta textil del estadio RFK. Tomado de <https://uni-engineer.com/portfolio/rfk-stadium-washington-dc/>; consultado el 02.01.2023.

Estadio Akita Skydome

4.5.11 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Akita Skydome. Tomado de Tensinet, <https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=3754>; consultado el 02.01.2023.

4.5.12 Interior de la cubierta textil del estadio Akita Skydome. Tomado de <https://structurae.net/en/structures/akita-skydome>; consultado el 02.01.2023.

Estadio Don Valley

4.5.14 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Don Valley. Tomado de http://stadiumdb.com/news/2014/07/sheffield_school_to_replace_don_valley_stadium; consultado el 02.01.2023.

4.5.15 Interior de la cubierta textil del estadio Don Valley. Tomado de Tensinet, <https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=3829>; consultado el 02.01.2023.

Estadio Tropicana Field

4.5.17 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Tropicana Field. Tomado de <https://wusfnews.wusf.usf.edu/economy-business/2022-08-28/st-petersburg-calls-for-proposals-to-redevelop-gas-plant-neighborhood-around-tropicana-field>; consultado el 02.01.2023.

4.5.18 Interior de la cubierta textil del estadio Tropicana Field. Tomado de <https://frontofficesports.com/tampa-pitches-domed-waterfront-stadium-to-rays/>; consultado el 02.01.2023.

Estadio San Nicola

4.5.20 Aspecto exterior de la cubierta del estadio San Nicola. Tomado de Tensinet, <https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=3762>; consultado el 02.01.2023.

4.5.21 Interior de la cubierta textil del estadio San Nicola. Tomado de http://stadiumdb.com/news/2018/01/italy_four_options_of_going_forward_in_bari; consultado el 02.01.2023.

Estadio Amagi Dome

4.5.23 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Amagi dome. Tomado de Tensinet, <https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=4009>; consultado el 02.01.2023.

4.5.24 Interior de la cubierta textil del estadio Amagi dome. Tomado de <https://structurae.net/en/structures/kano-dome>; consultado el 02.01.2023.

Estadio Georgia Dome

- 4.2.31 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Georgia dome. Tomado de <https://www.birdair.com/birdair-portfolio/georgia-dome/>; consultado el 02.01.2023.
- 4.2.32 Interior de la cubierta textil del estadio Georgia dome. Tomado de <https://www.birdair.com/birdair-portfolio/georgia-dome/>; consultado el 02.01.2023.

Estadio del gobierno de Hong Kong

- 4.2.49. Aspecto exterior de la cubierta del estadio del gobierno de Hong Kong. Tomado de Tensinet, <https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=3916>; consultado el 02.01.2023.
- 4.2.50 Interior de la cubierta textil del estadio del gobierno de Hong Kong. Tomado de https://www.wikiwand.com/en/Hong_Kong_Stadium#Media/File:Hong_Kong_Stadium-1.jpg; consultado el 02.01.2023.

Estadio Yanmar Nagai

- 4.5.32 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Yanmar Nagai. Tomado de http://www.taiyokogyo.com/wc_stadium/stadium_e/eng/match/nagai/index.html; consultado el 02.01.2023.
- 4.5.33 Interior de la cubierta textil del estadio Yanmar Nagai. Tomado de http://www.taiyokogyo.com/wc_stadium/stadium_e/eng/match/nagai/index.html; consultado el 02.01.2023.

Estadio Gerland o Matmut

- 4.5.35 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Gerland. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/fra/stade_de_gerland; consultado el 01.01.2023.
- 4.5.36 Interior de la cubierta textil del estadio Gerland. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/fra/stade_de_gerland; consultado el 01.01.2023

Estadio Shanghai

- 4.5.38 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Shanghai. Tomado de https://es.wikipedia.org/wiki/Estadio_de_Shangh%C3%A0i; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.39 Interior de la cubierta textil del estadio Shanghai. Tomado de <https://www.birdair.com/birdair-portfolio/shanghai-stadium>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Odate Dome

- 4.5.41 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Odate dome. Tomado de <https://www.archdaily.com/348732/ad-classics-odate-dome-toyo-ito>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.42 Interior de la cubierta textil del estadio Odate dome. Tomado de <https://www.archdaily.com/348732/ad-classics-odate-dome-toyo-ito>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Toulouse

- 4.5.44 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Toulouse. Tomado de <https://www.stadiumguide.com/stadiumdetoulouse/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.45 Interior de la cubierta textil del estadio de Toulouse. Tomado de https://www.kardham.com/fr/References/Stadium_Euro_2016_-_Toulouse-00239; consultado el 05.01.2023.

Estadio de La Cartuja

- 4.2.10. Aspecto exterior de la cubierta del estadio de La Cartuja. Tomado de <https://arquitecturaviva.com/obras/estadio-olimpico-sevilla>; consultado el 05.01.2023.
- 4.2.11. Interior de la cubierta textil del estadio de La Cartuja. Tomado de <https://www.sbp.de/en/project/olympic-stadium-seville/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de HongKou

- 4.5.50 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de HongKou. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/chn/hongkou_stadium; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.51 Interior de la cubierta textil del estadio de HongKou. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/chn/hongkou_stadium; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Paul Brown

- 4.5.53 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Paul Brown. Tomado de <https://www.birdair.com/birdair-portfolio/paul-brown-stadium/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.54 Interior de la cubierta textil del estadio de Paul Brown. Tomado de Tensinet, <https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=4175>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de HSH Nordbank Arena

- 4.5.56 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de HSH Nordbank Arena. Tomado de https://es.wikipedia.org/wiki/Volksparkstadion#/media/Archivo:RK_1009_9831_Volksparkstadion.jpg; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.57 Interior de la cubierta textil del estadio de Paul Brown. Tomado de <https://www.birdair.com/birdair-portfolio/hsh-nordbank-arena/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Incheon Munhak

- 4.5.59 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Incheon Munhak. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/kor/incheon_munhak_stadium; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.60 Interior de la cubierta textil del estadio de Incheon Munhak. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/kor/incheon_munhak_stadium; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Kobe Wing

- 4.5.62 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Incheon Munhak. Tomado de <https://www.yamashitasekkei.co.jp/en/project/shinamagidome/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.63 Interior de la cubierta textil del estadio de Incheon Munhak. Tomado de <https://www.yamashitasekkei.co.jp/en/project/shinamagidome/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Seoul World Cup Stadium

- 4.5.65 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Seoul World Cup. Tomado de <https://aeworldmap.com/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.66 Interior de la cubierta textil del estadio de Seoul World Cup. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/world_cup/2002/seoul_world_cup_stadium; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Saitama

- 4.5.68 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Saitama. Tomado de http://www.taiyokogyo.com/wc_stadium/stadium_e/eng/match/saitama/index.html; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.69 Interior de la cubierta textil del estadio de Saitama. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/world_cup/2002/saitama_stadium_2002; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Busan Asiad

- 4.5.72 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Busan Asiad. Tomado de <https://es.besoccer.com/estadio/asiad-main-stadium-3228>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.73 Interior de la cubierta textil del estadio de Busan Asiad. Tomado de <https://www.livefutbol.com/estadios/busan-asiad-stadium-busan/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio DE SHIZUOKA ECOPA

- 4.5.75 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Shizuoka Ecopa. Tomado de <https://www.ecopa.jp/english/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.76 Interior de la cubierta textil del estadio de Shizuoka Ecopa. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/world_cup/2002/shizuoka_ecopa_stadium; consultado el 05.01.2023.

Estadio DE DENKA BIG SWAN

- 4.5.78 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Denka Big Swan. Tomado de <https://es.besoccer.com/estadio/denka-big-swan-stadium-2359>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.79 Interior de la cubierta textil del estadio de Denka Big Swan. Tomado de <https://www.stadiumguide.com/bigswanstadium/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio DE OITA

- 4.5.81 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Oita. Tomado de <https://www.nippon.com/en/guide-to-japan/gu90011006/oita-stadium-2019-rugby-world-cup.html>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.82 Interior de la cubierta textil del estadio de Oita. Tomado de <https://www.shutterstock.com/es/editorial/image-editorial/2019-rugby-world-cup-quarterfinal-oita-stadium-kyushu-island-japan-19-oct-2019-10450372h>; consultado el 05.01.2023.

Estadio DE VELTINS ARENA

- 4.5.84 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Veltins Arena. Tomado de <https://www.stadiumguide.com/arenaaufschalke/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.85 Interior de la cubierta textil del estadio de Veltins Arena. Tomado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Veltins-Arena>; consultado el 05.01.2023.

Estadio DE DAEGU

- 4.5.87 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Daegu. Tomado de <https://www.opsstructures.co.uk/projects/daegustadium>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.88 Interior de la cubierta textil del estadio de Daegu. Tomado de <https://www.opsstructures.co.uk/projects/daegustadium>; consultado el 05.01.2023.

Estadio DE SAPPORO DOME

- 4.5.90 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Sapporo Dome. Tomado de <https://es.besoccer.com/estadio/sapporo-dome-1497>; consultado el 05.01.2023.

4.5.91 Interior de la cubierta textil del estadio de Sapporo Dome. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/world_cup/2002/sapporo_dome; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Kashima Soccer

4.5.93 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Kashima Soccer. Tomado de <https://es.besoccer.com/estadio/kashima-soccer-stadium-1099>; consultado el 05.01.2023.

4.5.94 Interior de la cubierta textil del estadio de Kashima Soccer. Tomado de <https://www.hunterindustries.com/en-metric/site-study/future-looks-bright-japans-kashima-stadium>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Jeonju World Cup

4.5.96 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Jeonju World Cup. Tomado de <https://es.besoccer.com/estadio/jeonju-world-cup-stadium-655>; consultado el 05.01.2023.

4.5.97 Interior de la cubierta textil del estadio de Jeonju World Cup. Tomado de <https://www.stadiumguide.com/jeonjuworldcupstadium/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Volkswagen Arena

4.5.99 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Volkswagen Arena. Tomado de <https://es.besoccer.com/estadio/volkswagen-arena-68>; consultado el 05.01.2023.

4.5.100 Interior de la cubierta textil del estadio de Volkswagen Arena. Tomado de Tensinet, <https://www.tensinet.com/index.php/projects-database/companies?view=project&id=4273>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Jeju World Cup

4.5.102 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Jeju World Cup. Tomado de <https://www.justgola.com/a/jeju-world-cup-stadium-4698420>; consultado el 05.01.2023.

4.5.103 Interior de la cubierta textil del estadio de Jeju World Cup. Tomado de <https://designforbyofkorea.com/2017/01/16/jeju-world-cup-stadium/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio de Algarve

4.5.105 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Algarve. Tomado de <https://www.stadiumguide.com/algarve/>; consultado el 05.01.2023.

4.5.106 Interior de la cubierta textil del estadio de Algarve. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/euro/2004/estadio_algarve; consultado el 05.01.2023.

Estadio de D.Afonso Henriques

4.5.108 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de D.Afonso Henriques. Tomado de <https://es.besoccer.com/estadio/estadio-dom-afonso-henriques-106>; consultado el 05.01.2023.

4.5.109 Interior de la cubierta textil del estadio de D.Afonso Henriques. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/euro/2004/estadio_dom_afonso_henriques; consultado el 05.01.2023.

Estadio Olympiakos

4.5.111 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Olympiakos. Tomado de <http://stadiumdb.com/stadiums/gre/karaiskaki>; consultado el 05.01.2023.

4.5.112 Interior de la cubierta textil del estadio Olympiakos. Tomado de <https://www.ttaengineers.com/images/upload/ProjectsDet10-TTA-KARAIKAKI2-8587140288362558992-s2.jpg>; consultado el 05.01.2023.

Estadio olímpico de Berlín

- 4.5.114 Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Berlín. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/world_cup/2006/olympiastadion_berlin; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.115 Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Berlín. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/461/deutsche-bank-park>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Commerzbank

- 4.2.22 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Commerzbank. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/ger/waldstadion_frankfurt; consultado el 05.01.2023.
- 4.2.23 Interior de la cubierta textil del estadio Commerzbank. Tomado de <https://www.sbp.de/en/project/deutsche-bank-park/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio HDI Arena

- 4.5.120 Aspecto exterior de la cubierta del estadio HDI Arena. Tomado de <https://en.wikipedia.org/wiki/Niedersachsenstadion>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.121 Interior de la cubierta textil del estadio HDI Arena. Tomado de <https://en.wikipedia.org/wiki/Niedersachsenstadion>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Saracoglu

- 4.5.123 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Saracoglu. Tomado de <https://www.temsan.com.tr/stadyumlar/sukru-saracoglu-stadi-trubun-catilar-i-2006>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.124 Interior de la cubierta textil del estadio Saracoglu. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/sukru_saracoglu_stadyumu/; consultado el 05.01.2023.

Estadio O2 Millenium Dome

- 4.5.126 Aspecto exterior de la cubierta del estadio O2 Millennium Dome. Tomado de <http://www.howardkingsnorth.com/new/2016/9/2/the-o2-millennium-dome-at-sunrise>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.127 Interior de la cubierta textil del estadio O2 Millennium Dome. Tomado de <https://www.bbc.com/news/uk-64116797/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio olímpico de Roma

- 4.5.129 Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Roma. Tomado de <https://www.majowiecki.com/olympic-stadium/s5e79d67d>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.130 Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Roma. Tomado de <https://www.elpais.com.co/deportes/olimpico-de-roma.html>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Skilled Park Gold Coast

- 4.5.132 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Skilled Park Gold Coast o Cbus Super stadium. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/aus/robina_stadium; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.133 Interior de la cubierta textil del estadio Skilled Park Gold Coast o Cbus Super stadium. Tomado de <https://www.austadiums.com/stadiums/cbus-stadium>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Auguste-Delaune

- 4.5.135 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Auguste-Delaune. Tomado de <https://www.michelremon.com/fr/projet/stade-de-football-stade-auguste-delaune-reims-mop>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.136 Interior de la cubierta textil del estadio Auguste-Delaune. Tomado de <https://www.michelremon.com/fr/projet/stade-de-football-stade-auguste-delaune-reims-mop>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Beijing National

- 4.5.138 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Beijing National. Tomado de <https://edition.cnn.com/style/article/ai-weiwei-winter-olympics-2022-christiane-amanpour/index.html>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.139 Interior de la cubierta textil del estadio Beijing National. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/chn/beijing_national_stadium; consultado el 05.01.2023.

Estadio Moses Mabhida

- 4.2.40 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Moses Mabhida. Tomado de <https://www.sbp.de/en/project/moses-mabhida-stadium/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.141
- 4.2.41 Interior de la cubierta textil del estadio Moses Mabhida. Tomado de [https://www.sbp.de/en/project/](https://www.sbp.de/en/project/moses-mabhida-stadium/)
- 4.5.142 [moses-mabhida-stadium/](https://www.sbp.de/en/project/moses-mabhida-stadium/); consultado el 05.01.2023.

Estadio Nelson Mandela Bay

- 4.2.43 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Nelson Mandela. Tomado de <https://aecom.com/za/projects/nelson-mandela-bay-stadium/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.144
- 4.2.44 Interior de la cubierta textil del estadio Nelson Mandela. Tomado de [https://aecom.com/za/projects/](https://aecom.com/za/projects/nelson-mandela-bay-stadium/)
- 4.5.145 [nelson-mandela-bay-stadium/](https://aecom.com/za/projects/nelson-mandela-bay-stadium/); consultado el 05.01.2023.

Estadio Soccer City

- 4.5.147 Aspecto exterior de la cubierta del estadio soccer city o FNB. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/world_cup/2010/soccer_city; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.148 Interior de la cubierta textil del estadio soccer city o FNB. Tomado de <https://www.architonic.com/en/project/boogertman-partners-architects-soccer-city-stadium-the-melting-pot-/5100577>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Cape Town

- 4.2.52 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Cape town. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/rsa/cape_town_stadium; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.150
- 4.2.53 Interior de la cubierta textil del estadio de Cape Town. Tomado de [http://stadiumdb.com/stadiums/](http://stadiumdb.com/stadiums/rsa/cape_town_stadium)
- 4.5.151 [rsa/cape_town_stadium](http://stadiumdb.com/stadiums/rsa/cape_town_stadium); consultado el 05.01.2023.

Estadio Red Bull USA

- 4.5.153 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Red Bull USA. Tomado de <https://www.birdair.com/birdair-portfolio/red-bull-arena/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.154 Interior de la cubierta textil del estadio Red Bull USA. Tomado de <https://www.birdair.com/birdair-portfolio/red-bull-arena/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Kuwait National o Jaber Al-Ahmad Al-Sabah

- 4.5.156 Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Kuwait. Tomado de <https://www.zonabogotadc.com/2021/05/estadio-internacional-jaber-al-ahmad.html>; consultado el 05.01.2023.

4.5.157 Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Kuwait. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/kuw/jaber_al_ahmad_stadium; consultado el 05.01.2023.

Estadio INEA

4.5.159 Aspecto exterior de la cubierta del estadio INEA. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/euro/2012/stadion_lecha_poznan; consultado el 05.01.2023.

4.5.160 Interior de la cubierta textil del estadio INEA. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/euro/2012/stadion_lecha_poznan; consultado el 05.01.2023.

Estadio Akron

4.5.162 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Akron. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/mex/estadio_omnilife; consultado el 05.01.2023.

4.5.163 Interior de la cubierta textil del estadio de Akron. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/mex/estadio_omnilife; consultado el 05.01.2023.

Estadio Arena Nacional de Bucarest

4.2.25 Aspecto exterior de la cubierta del estadio de Arena nacional. Tomado de <https://co.pinterest.com/pin/103723597647659292/>; consultado el 05.01.2023.

4.2.26 Interior de la cubierta textil del estadio Arena nacional. Tomado de <http://www.sbp.de/en/project/national-stadium-bucharest/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio olímpico de Kiev

4.2.13 Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Kiev. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/520/olympic-stadium-kiev>; consultado el 05.01.2023.

4.2.14 Interior de la cubierta textil del estadio de olímpico de Kiev. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/520/olympic-stadium-kiev>; consultado el 05.01.2023.

Estadio del ejército polaco

4.5.171 Aspecto exterior de la cubierta del estadio del ejército polaco. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/pol/stadion_wojska_polskiego; consultado el 05.01.2023.

4.5.172 Interior de la cubierta textil del estadio de ejército polaco. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/pol/stadion_wojska_polskiego; consultado el 05.01.2023.

Estadio Mercedes Benz Arena

4.5.174 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Mercedes Benz Arena. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/world_cup/2006/gottlieb_daimler_stadion; consultado el 05.01.2023.

4.5.175 Interior de la cubierta textil del estadio Mercedes Benz Arena. Tomado de <https://www.sbp.de/en/project/gottlieb-daimler-stadium/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Bao'an

4.5.177 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Bao'an. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/539/bao-an-stadium>; consultado el 05.01.2023.

4.5.178 Interior de la cubierta textil del estadio Bao'an. Tomado de <https://www.sbp.de/en/project/baoan-stadium-shenzhen/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio BC Place Vancouver

- 4.5.180 Aspecto exterior de la cubierta del estadio BC Place Vancouver. Tomado de <https://www.archiexpo.es/prod/fabritec-structures/product-151879-1750064.html>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.181 Interior de la cubierta textil del estadio BC Place Vancouver. Tomado de <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/bc-place/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio nacional de Varsovia

- 4.2.4 Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Varsovia. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/519/national-stadium-in-warsaw>; consultado el 05.01.2023.
- 4.2.5 Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Varsovia. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/euro/2012/stadion_narodowy; consultado el 05.01.2023.

Estadio Lublin Arena

- 4.5.186 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Lublin Arena. Tomado de <https://www.lapstudio.com.pl/portfolio/stadion-lublin-2/?lang=en>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.187 Interior de la cubierta textil del estadio Lublin Arena. Tomado de <https://www.lamela.com/en/proyectos/lublin-stadium-poland/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Bukit Jalil National

- 4.5.189 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Bukit Jalil National. Tomado de <https://www.sbp.de/en/project/nsc-roof-outdoor-stadium-kuala-lumpur/>; consultado el 05.01.2023.
- 4.5.190 Interior de la cubierta textil del estadio Bukit Jalil National. Tomado de <https://catonic.my/portfolio/bukit-jalil-national-stadium/>; consultado el 05.01.2023.

Estadio Maracaná

- 4.2.1 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Maracaná. Tomado de <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/remodelacion-estadio-jornalista-mario-filho-estadio-maracana/>; consultado el 01.01.2023.
- 4.2.2 Interior de la cubierta textil del estadio Maracaná. Tomado de <http://stadiumdb.com/stadiums/bra/maracana>; consultado el 01.01.2023.

Estadio Fonte Nova

- 4.2.19 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Fonte Nova. Tomado de <https://www.sbp.de/en/project/nsc-roof-outdoor-stadium-kuala-lumpur/>; consultado el 06.01.2023.
- 4.2.20 Interior de la cubierta textil del estadio Fonte Nova. Tomado de <https://www.archdaily.mx/mx/02-351923/arena-fonte-nova-schulitz-architekten-plus-tetra-arquitetos>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Nacional de Brasilia

- 4.2.28 Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Brasilia. Tomado de https://www.archdaily.cl/cl/970624/estadio-nacional-de-brasilia-mane-garrincha-schlaich-bergemann-und-partner-plus-castro-mello-arquitetos-plus-gmp-architects?ad_medium=gallery; consultado el 06.01.2023.
- 4.2.29 Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Brasilia. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/536/national-stadium-mane-garrincha>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Mineirao

- 4.5.201 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Mineirao. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/bra/estadio_mineirao; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.202 Interior de la cubierta textil del estadio Mineirao. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/534/estadio-mineirao>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Transcosmos Stadium Nagasaki

- 4.5.204 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Transcosmos Stadium Nagasaki. Tomado de <https://www.ostadium.com/stadium/1079/transcosmos-stadium-nagasaki>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.205 Interior de la cubierta textil del estadio Transcosmos Stadium Nagasaki. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/jpn/nagasaki_athletic_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Mersin Arena

- 4.5.207 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Mersin Arena. Tomado de <https://archello.com/project/mersin-stadium>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.208 Interior de la cubierta textil del estadio Mersin Arena. Tomado de <https://archello.com/project/mersin-stadium/>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Hazza Bin Zayed

- 4.5.210 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Hazza Bin Zayed. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/uae/hazza_bin_zayed_stadium; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.211 Interior de la cubierta textil del estadio Hazza Bin Zayed. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/uae/hazza_bin_zayed_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Allianz Riviera

- 4.5.213 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Allianz Riviera. Tomado de <https://www.goalzz.com/?stadium=5489>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.214 Interior de la cubierta textil del estadio Allianz Riviera. Tomado de <https://archello.com/project/allianz-riviera-stadium>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Beira Río

- 4.2.37 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Beira Río. Tomado de https://www.archdaily.mx/751223/modernizacion-del-estadio-beira-rio-hype-studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab; consultado el 06.01.2023.
- 4.2.38 Interior de la cubierta textil del estadio Beira Río. Tomado de <https://architizer.com/projects/beira-rio-stadium/>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Vélodrome

- 4.5.219 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Vélodrome. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/fra/stade_velodrome; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.220 Interior de la cubierta textil del estadio Vélodrome. Tomado de <https://www.dezeen.com/2016/07/04/scau-stade-velodrome-stadium-marseille-uefa-euro-2016-undulating-roof/>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Al-Jawhara

- 4.5.222 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al-Jawhara. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/ksa/king_abdullah_stadium_jeddah; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.223 Interior de la cubierta textil del estadio Al-Jawhara Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/ksa/king_abdullah_stadium_jeddah; consultado el 06.01.2023.

Estadio Nagyerdei

- 4.5.225 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Nagyerdei. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/hun/nagyerdei_stadion; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.226 Interior de la cubierta textil del estadio Nagyerdei. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/hun/nagyerdei_stadion; consultado el 06.01.2023.

Estadio Singapore

- 4.5.228 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Singapore. Tomado de <https://www.archdaily.com/523365/singapore-sportshub-dparchitects>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.229 Interior de la cubierta textil del estadio Singapore. Tomado de <https://architizer.com/blog/projects/singapore-sports-hub/>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Arena da Amazonia

- 4.5.231 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Arena da Amazonia. Tomado de <https://martifer.es/en/projects/arena-amazonia>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.232 Interior de la cubierta textil del estadio Arena da Amazonia. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/535/arena-da-amazonia>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Único de la Plata

- 4.2.46 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Único de la Plata. Tomado de <http://cargocollective.com/4.5.234/rfarq/ESTADIO-CIUDAD-DE-LA-PLATA-Y-PARQUE-URBANO>; consultado el 06.01.2023.
- 4.2.47 Interior de la cubierta textil del estadio Único de la Plata. Tomado de <https://www.archdaily.com/183538/estadio-unico-ciudad-de-la-plata-roberto-ferreira-arquitectos-asociados>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Rey Fahd

- 4.2.16 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Rey Fahd. Tomado de http://stadiumdb.com/designs/ksa/king_fahd_international_stadium; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.237 Interior de la cubierta textil del estadio Rey Fahd. Tomado de http://stadiumdb.com/designs/ksa/king_fahd_international_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Vodafone Park

- 4.5.240 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Vodafone Park. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/vodafone_arena; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.241 Interior de la cubierta textil del estadio Vodafone Park. Tomado de <https://www.trt.net.tr/espanol/programas/2017/09/13/vodafone-park-el-estadio-del-besiktas-805764>; consultado el 06.01.2023.

Estadio FC Krasnodar

- 4.5.243 Aspecto exterior de la cubierta del estadio FC Krasnodar. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/rus/stadion_fk_krasnodar; consultado el 06.01.2023.

4.5.244 Interior de la cubierta textil del estadio FC Krasnodar. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/rus/stadion_fk_krasnodar; consultado el 06.01.2023.

Estadio Olímpico de Londres

4.5.246 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Olímpico de Londres. Tomado de <https://seele.com/references/olympic-stadium>; consultado el 06.01.2023.

4.5.247 Interior de la cubierta textil del estadio Olímpico de Londres. Tomado de <https://www.archdaily.com/247935/london-olympic-stadium-populous>; consultado el 06.01.2023.

Estadio San Mamés

4.5.249 Aspecto exterior de la cubierta del estadio San Mamés. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/esp/san_mames_barria; consultado el 06.01.2023.

4.5.250 Interior de la cubierta textil del estadio San Mamés. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/esp/san_mames_barria; consultado el 06.01.2023.

Estadio Medical Park

4.5.252 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Medical Park. Tomado de http://stadiumdb.com/news/2017/02/stadium_of_the_year_2016_reason_15_medical_park_arena; consultado el 06.01.2023.

4.5.253 Interior de la cubierta textil del estadio Medical Park. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/senol_gunes_stadyumu; consultado el 06.01.2023.

Estadio olímpico de Linxia

4.5.255 Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Linxia. Tomado de <http://en.dutsdesign.com/index.php?id=25>; consultado el 06.01.2023.

4.5.256 Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Linxia. Tomado de <https://www.archdaily.com/906302/linxia-olympic-sports-center-stadium-dust-design>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Cívitas Metropolitano

4.2.7 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Cívitas Metropolitano. Tomado de <http://quadro.es/portfolio/estadio-wanda-metropolitano-madrid/>; consultado el 06.01.2023.

4.2.8 Interior de la cubierta textil del estadio Cívitas Metropolitano. Tomado de https://www.2playbook.com/clubes/atleti-libera-metropolitano-hipotecas-con-slim-cancelar-102-millones-deuda_6066_102.html; consultado el 06.01.2023.

Estadio Khalifa International

4.5.261 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Khalifa International. Tomado de <https://www.birdair.com/birdair-portfolio/khalifa-international-stadium/>; consultado el 06.01.2023.

4.5.262 Interior de la cubierta textil del estadio Khalifa International. Tomado de <https://ptw.com.au/project/khalifa-stadium-redevelopment>; consultado el 06.01.2023.

Estadio olímpico de Ashgabat

4.5.264 Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Ashgabat. Tomado de <https://www.fcacoustics.com/ashgabat-olympic-village-turkmenistan/?lang=en>; consultado el 07.01.2023.

4.5.265 Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Ashgabat. Tomado de <https://www.top-rated.online/cities/Ashgabat/place/p/5279131/Ashgabat+Olympic+Stadium>; consultado el 07.01.2023.

Estadio Imam Reza

- 4.5.267 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Imam Reza. Tomado de <http://catalogo.disano.it/en/applications/sport/imam-reza-stadium-in-mashhad?language=ESL>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.268 Interior de la cubierta textil del estadio Imam Reza. Tomado de <http://www.azaranind.com/en/ProjectDetails/10060>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Yeni Sakarta

- 4.5.270 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Yeni Sakarta. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/yeni_sakarya_ataturk_stadyumu; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.271 Interior de la cubierta textil del estadio Yeni Sakarta. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/yeni_sakarya_ataturk_stadyumu; consultado el 06.01.2023.

Estadio Zenit Arena

- 4.5.273 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Zenit Arena. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/rus/krestovskiy_stadion; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.274 Interior de la cubierta textil del estadio Zenit Arena. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/rus/krestovskiy_stadion; consultado el 06.01.2023.

Estadio Haikou Wuyuan

- 4.5.276 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Haikou Wuyuan. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/3241/haikou-wuyuan-river-sports-park>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.277 Interior de la cubierta textil del estadio Haikou Wuyuan. Tomado de <https://www.dezeen.com/2019/05/17/wuyuanhe-stadium-gmp-architekten-china/>; consultado el 06.01.2023.

Estadio olímpico de Suzhou

- 4.5.279 Aspecto exterior de la cubierta del estadio olímpico de Suzhou. Tomado de <https://www.gmp.de/en/projects/686/suzhou-olympic-sport-center>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.280 Interior de la cubierta textil del estadio olímpico de Suzhou. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/chn/suzhou_olympic_sports_centre_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Philips

- 4.5.282 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Philips. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/euro/2000/philips_stadion; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.283 Interior de la cubierta textil del estadio Philips. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/euro/2000/philips_stadion; consultado el 06.01.2023.

Estadio Rostov Arena

- 4.5.285 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Rostov Arena. Tomado de http://stadiumdb.com/tournaments/world_cup/2018/rostov_arena; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.286 Interior de la cubierta textil del estadio Rostov Arena. Tomado de http://stadiumdb.com/constructions/rus/rostov_arena; consultado el 06.01.2023.

Estadio Volgograd Arena

- 4.5.288 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Volgograd Arena. Tomado de <https://www.mehler-texnologes.com/en/casestudies/volgograd-arena/>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.289 Interior de la cubierta textil del estadio Volgograd Arena. Tomado de <https://www.archdaily.com/927552/volgograd-arena-football-stadium-pi-arena>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Al - Maktoum

- 4.5.291 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al - Maktoum. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/uae/al_maktoum_stadium; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.292 Interior de la cubierta textil del estadio Al - Maktoum. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/uae/al_maktoum_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Al Janoub

- 4.5.294 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al Janoub. Tomado de <https://www.maegspa.com/en/portfolio/al-janoub-stadium>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.295 Interior de la cubierta textil del estadio Al Janoub. Tomado de la revista Arquitectura Viva, <https://arquitecturaviva.com/works/al-janoub-stadium-in-al-wakrah>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Al Bayt

- 4.5.287 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al Bayt. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/qat/al_bayt_stadium; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.298 Interior de la cubierta textil del estadio Al Bayt. Tomado de <https://www.metalocus.es/en/news/al-bayt-stadium-opened-one-eight-stadiums-will-host-world-cup-2022>; consultado el 06.01.2023.

Estadio fiscal de Talca

- 4.5.300 Aspecto exterior de la cubierta del estadio fiscal de Talca. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/chi/estadio_fiscal_de_talca; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.301 Interior de la cubierta textil del estadio fiscal de Talca. Tomado de <https://espaciocubierto.com/proyecto/estadio-fiscal-de-talca/>; consultado el 06.01.2023.

Estadio CommBank

- 4.5.303 Aspecto exterior de la cubierta del estadio CommBank. Tomado de <https://www.austadiums.com/stadiums/commbank-stadium>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.304 Interior de la cubierta textil del estadio CommBank. Tomado de http://stadiumdb.com/news/2020/05/sydney_bankwest_stadium_scores_leed_gold; consultado el 06.01.2023.

Estadio Tehelné pole

- 4.5.306 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Tehelné pole. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/svk/stadion_tehelne_pole; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.307 Interior de la cubierta textil del estadio Tehelné pole. Tomado de <https://www.tekla.com/bim-awards/slovak-national-soccer-stadium>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Queensland Country Bank

- 4.5.309 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Queensland Country Bank. Tomado de <https://www.cpoint.com.au/queensland-country-bank-stadium>; consultado el 06.01.2023.

4.5.310 Interior de la cubierta textil del estadio Queensland Country Bank. Tomado de <https://archello.com/es/story/79717/attachments/photos-videos/3>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Wuhan Five Rings

4.5.312 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Wuhan Five Rings. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/chn/wuhan_five_rings_sc_stadium; consultado el 06.01.2023.

4.5.313 Interior de la cubierta textil del estadio Wuhan Five Rings. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/chn/wuhan_five_rings_sc_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Batumi o Adjarabet Arena

4.5.315 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Batumi o Adjarabet Arena. Tomado de http://stadiumdb.com/constructions/geo/batumi_stadium; consultado el 06.01.2023.

4.5.316 Interior de la cubierta textil del estadio Batumi o Adjarabet Arena. Tomado de <https://alchimicaprojects.com/2020/07/02/batumi-stadium-georgia/>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Ahmad Bin Ali

4.5.318 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Ahmad Bin Ali. Tomado de <https://arqa.com/en/architecture/ahmad-bin-ali-stadium.html>; consultado el 06.01.2023.

4.5.319 Interior de la cubierta textil del estadio Ahmad Bin Ali. Tomado de <https://arqa.com/en/architecture/ahmad-bin-ali-stadium.html>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Yeni Adana

4.5.321 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Yeni Adana. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/yeni_adana_stadyumu; consultado el 06.01.2023.

4.5.322 Interior de la cubierta textil del estadio Yeni Adana. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/yeni_adana_stadyumu; consultado el 06.01.2023.

Estadio Sultan Ibrahim

4.5.324 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Sultan Ibrahim. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/mas/sultan_ibrahim_stadium; consultado el 06.01.2023.

4.5.325 Interior de la cubierta textil del estadio Sultan Ibrahim. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/mas/sultan_ibrahim_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Allegiant

4.5.327 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Allegiant. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/usa/allegiant_stadium; consultado el 06.01.2023.

4.5.328 Interior de la cubierta textil del estadio Allegiant. Tomado de <https://architizer.com/blog/projects/allegiant-stadium/>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Ramón Estay Saavedra

4.5.330 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Ramón Estay Saavedra. Tomado de <https://www.mas.cl/Estadio-Tierra-de-Campeones>; consultado el 06.01.2023.

4.5.331 Interior de la cubierta textil del estadio Ramón Estay Saavedra. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/chi/estadio_tierra_de_campeones; consultado el 06.01.2023.

Estadio Kanseki Tochigi

- 4.5.333 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Kanseki Tochigi. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/jpn/kanseki_stadium_tochigi; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.334 Interior de la cubierta textil del estadio Kanseki Stadium Tochigi. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/jpn/kanseki_stadium_tochigi; consultado el 06.01.2023.

Estadio nacional de la côte d'ivoire

- 4.5.336 Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de la côte d'ivoire. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/civ/stade_olympique_debimpe; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.337 Interior de la cubierta textil del estadio nacional de la côte d'ivoire. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/civ/stade_olympique_debimpe; consultado el 06.01.2023.

Estadio Al Thumama

- 4.5.339 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Al Thumama. Tomado de <https://arquitecturaviva.com/works/estadio-al-thumama-en-doha>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.340 Interior de la cubierta textil del estadio Al Thumama. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/qat/al_thumama_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Único Madre de Ciudades

- 4.5.342 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Único Madre de Ciudades. Tomado de <https://www.archdaily.cl/cl/973920/estadio-unico-madre-de-ciudades-luciani-asociados-arquitectos>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.343 Interior de la cubierta textil del estadio Único Madre de Ciudades. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/arg/estadio_unico_madre_de_ciudades; consultado el 06.01.2023.

Estadio nacional de Morodok

- 4.5.345 Aspecto exterior de la cubierta del estadio nacional de Morodok. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/cam/morodok_techo_national_stadium; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.346 Interior de la cubierta textil del estadio nacional de Morodok. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/cam/morodok_techo_national_stadium; consultado el 06.01.2023.

Estadio Omnisport Paul Biya

- 4.5.348 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Omnisport Paul Biya. Tomado de <https://www.maegspa.com/en/portfolio/paul-biya-stadium>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.349 Interior de la cubierta textil del estadio Omnisport Paul Biya. Tomado de <https://www.majowiecki.com/paul-biya-stadium/s8f32d81e>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Çotanak Spor Kompleksi

- 4.5.351 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Çotanak Spor Kompleksi. Tomado de http://stadiumdb.com/news/2021/01/new_stadium_the_hazelnut_stadium_of_giresun_officially_opened; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.352 Interior de la cubierta textil del estadio Çotanak Spor Kompleksi. Tomado de http://stadiumdb.com/stadiums/tur/giresun_cotanak_stadyumu; consultado el 06.01.2023.

Estadio Alsancak Mustafa Denizli

- 4.5.354 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Alsancak Mustafa Denizli. Tomado de <https://www.cumhuriyet.com.tr/spor/altayin-yeni-stadinin-adi-alsancak-mustafa-denizli-stadyumu-oldu-1887957>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.355 Interior de la cubierta textil del estadio Alsancak Mustafa Denizli. Tomado de <https://www.turktime.com/haber/alsancak-stadi-na-efsanenin-ismi-verildi/597470>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Lusail

- 4.5.357 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Lusail. Tomado de <https://arquitecturaviva.com/obras/estadio-lusail-para-catar-2022>; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.358 Interior de la cubierta textil del estadio Lusail. Tomado de <https://arquitecturaviva.com/works/estadio-lusail-catar>; consultado el 06.01.2023.

Estadio Allianz

- 4.5.360 Aspecto exterior de la cubierta del estadio Allianz. Tomado de http://stadiumdb.com/news/2022/09/australia_renovated_allianz_stadium_in_sydney_finally_open; consultado el 06.01.2023.
- 4.5.361 Interior de la cubierta textil del estadio Allianz. Tomado de <https://www.coxarchitecture.com.au/perspective/allianz-stadium-officially-opens/>; consultado el 06.01.2023.

Anexo

Tabla resumen de los estadios de fútbol

El análisis de todos los estadios se resume en una tabla elaborada a partir de la herramienta Excel, donde se incorporan todos los datos estudiados para poder realizar una comparación. Supone una parte imprescindible para la realización de las gráficas del apartado de la discusión.

Cabe destacar que todos los datos escritos en color morado se han obtenido a partir de imágenes, plantas o secciones pertenecientes a los estudios de arquitectura correspondientes, pues ante la imposibilidad de extraer estas dimensiones se ha procedido a deducirlas.

Esto ha seguido dos procesos, el primero a través de la herramienta de medición de Google Earth aportando una dimensión general y el segundo paso a través de los planos insertados en el programa Rhinoceros, a partir de una dimensión dada y escalando el plano, se deducen el resto de longitudes.

También, se debe mencionar que el color azul de algunos datos de las luces a salvar por la cubierta hace referencia a la parte móvil o retráctil.

A continuación, se adjunta la tabla resumen en la que los estadios se encuentran ordenados según el año de construcción de su cubierta y se destacan las celdas que hacen referencia a la tipología elaborada de las cubiertas tensadas.

Nombre	Arquitecto	Arquitecto membrana	País	Ciudad	Año	Año cubierta	Localización ciudad	Estado	Nº plantas	Capacidad (pers.)	Superficie cubierta (m2)	Geometría	Altura (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Luz máx (m)	Luz mín (m)	Ejes radiales	Peso (tn)	Retráctil	Membrana	Tipo	Subtipo
Pontiac Silverdome	Charles Donald Davidson y Carl Luckenbach		EE.UU.	Detroit	1975	1975	Periferia	Demolido (2017)	5	80000	34928	Octogonal	61.6							No	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	
Estadio Olímpico de Montreal	Roger Taillibert		Canadá	Montreal	1976	1976	Centro Urbano	Reformado	5	56000	20000	Elíptica	168	313	262	200	140			Sí	Poliéster + PVC	Mástiles	
RFK Stadium	George Dahl	OMA	EE.UU.	Washington DC	1961	1988	Periferia	Demolido (2021)		46000		Circular		220	220	24	24			No		Voladizo	Cerchas
Akita Skydome	Kajima Design		Japón	Akita	1989	1989	Periferia	Nuevo	1	71474	12200	Rectangular	32.2	131	101	131	101	18		No	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	
Don Valley	Sheffield City Council		Reino Unido	Sheffield	1990	1990	Periferia	Demolido (2013)		23000	6000	Media Luna	25							No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Cerchas
Tropicana Field	HOK Sport, Lescher & Mahoney Sports, Criswell, Blizzard & Blouin Architets		EE.UU.	Florida	1990	1990	Centro Urbano	Reformado		42735	24280	Circular	69	236	236	110	110	24		No	Fibra de vidrio + PTFE	Tensegrity	
San Nicola	Renzo Piano	ARUP Sport	Italia	Bari	1990	1990	Periferia	Reformado		58270	13250	Ovalada		290	225	27	14	26		No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas
Amagi Dome o Kano Dome	Yamashita Sekkei		Japón	Shizuoka	1991	1991	Periferia	Nuevo			2298	Circular	22.6			51.5	42	16		No	Fibra de vidrio + PTFE	Tensegrity	
Georgia Dome	Scott W.Braley		EE.UU.	Atlanta	1992	1992	Centro Urbano	Demolido		74228	34800	Ovalada	83	235	186			26		No	Fibra de vidrio + PTFE	Tensegrity	
Gobierno de Hong Kong	Hellmuth, Obata y Kassabaum Inc.		China	Hong Kong	1953	1994	Periferia	Reconstruido		40000	16000	Media Luna	55	240	195	55	40	28		No	Fibra de vidrio + PTFE	Arco	Correas
Yanmar Nagai	Showa Sekkei		Japón	Osaka	1964	1996	Centro Urbano	Reformado	5	50000	15876	Media Luna		270	233	45	22			No	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	
Stade Gerland	Tony Garnier	AIA Architects	Francia	Lyon	1926	1996	Centro Urbano	Reconstruido		40494		Media Luna		315	163	41	32	12		No		Voladizo	Cerchas
Shanghai Stadium	Shangai Inst. of Architectural Design and Research		China	Shangai	1997	1997	Centro Urbano	Nuevo		80000	28900	Circular	62.5	280	287	73	24	32		No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas
Odate Dome	Toyo Ito & Associates		Japón	Akita	1997	1997	Periferia	Nuevo	1	15000		Ovalada	52	178	157	178	60	24		No	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	
Anterior Stadium de Toulouse	Jean Montariol	Pierre Ferret, Francis Cardete y Gérard Huet	Francia	Toulouse	1938	1998	Centro urbano	Reformado	2	35472		Ovalada	20	230	167	28	28	46		No	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Voladizo	Cerchas
Cartuja	Cruz y Ortiz Arquitectos		España	Sevilla	1999	1999	Centro Urbano	Reformado		57619	25000	Ovalada		290	245	46	46	44		No	Poliéster + PVC	Anillos	Cables
Hongkou			China	Shangai	1999	1999	Centro Urbano	Nuevo	5	33060	22530	Circular		215	205	60	36	22		No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas
Paul Brown o Cincinnati Bengals			EE.UU.	Ohio	2000	2000	Centro Urbano	Nuevo	7	65000	5000	Media Luna	48	250	274	35	22	36	7500	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Cerchas
HSH Nordbank Arena o Volksparkstadion	Manfred O. Steuerwald		Alemania	Hamburg	2000	2000	Centro Urbano	Reconstruido		57274	35000	Rectangular	58	280	237	70	70	40	2760	No	Poliéster + PVC	Anillos	Soportes
Kobe Wing Stadium	Obayashi Corp y Kobe Steel		Japón	Kobe	1970	2001	Centro Urbano	Reconstruido		30132				214	220					Sí	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	
Incheon Munhak	Adome Architects and Engineers	Jorg Schlaich	Corea del Sur	Incheon	2001	2001	Periferia	Nuevo	4	49084	32500	Ovalada	52	257	249	56	40	24		No	Fibra de vidrio + PTFE	Mástiles	
Seoul World Cup	Ryu Choon-soo		Corea del Sur	Seoul	2001	2001	Periferia	Nuevo	7	68476	40890	Octogonal	49.4	304	279	52	30	45		No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas
Busan Asiad	Space Group Architects, SBP y Jorg Schlaich		Corea del Sur	Busan	2001	2001	Periferia	Nuevo	5	55982	59000	Circular		241	227	35	35	48		No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables
Shizuoka Ecopa	AXA SATOW Inc. y Masao Saitoh		Japón	Shizuoka	2001	2001	Periferia	Nuevo	7	50889	23000	Ovalada		286	246	50	36	56		No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas
Denka Big Swan	Nikken Sekkei Co.Ltd		Japón	Niigata	2001	2001	Periferia	Nuevo	5	42300	23500	Ovalada	57.8	277	256	56	33	20		No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas
Saitama	Azusa Sekkei Co		Japón	Urawa	2001	2001	Periferia	Nuevo	6	63700	29000	Media Luna		317	256	112	20	62		No	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	
Oita	KT Group		Japón	Oita	2001	2001	Periferia	Nuevo	5	43000	23000	Elíptica	57.5	274	274	60 145	10 111			Sí	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	
Daegu	Kang Cheol-Hee e Idea Image Institute of Architects & Planners (IIA)	WS Atkins	Corea del sur	Daegu	2001	2001	Periferia	Nuevo	1	65754		Media Luna	28.3	273	259	66	25	24		No	Fibra de vidrio + PTFE	Arco	Correas
Veltins Arena	Hentrich - Petschnigg & Partner (HPP)		Alemania	Gelsenkirchen	2001	2001	Periferia	Nuevo	4	53804		Rectangular	53.5	225	187			40	7760	Sí	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	

Sapporo Dome	Hiroshi Hara y Atrie Bunku		Japón	Sapporo	2001	2001	Periferia	Nuevo	6	41484	53000	Doble circular	68	245	215				No	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional				
Jeonju World Cup Stadium	POS A.C.		Corea del Sur	Jeonju	2001	2001	Periferia	Nuevo	7	42477	20000	Ovalada	63	235	205	45	45	60	No	Fibra de vidrio + PTFE	Mástiles				
Kashima Soccer Stadium	Nikken Sekkei	Chukoh	Japón	Kashima	1993	2001	Periferia	Reformado	4	42000		Ovalada		232	214	40	20	80	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas			
Volkswagen Arena	HPP, Dusseldorf, nb+b y Wolfsburg	Büro Hpp	Alemania	Wolfsburg	2002	2002	Centro urbano	Nuevo		30000	25500	Rectangular	36	197	193	40	32	32	No	Poliéster + PVC	Anillos	Vigas			
Jeju World Cup Stadium	Ilkun Architects		Corea del Sur	Seogwipo	2001	2003	Centro urbano	Reformado		35657	16000	Media Luna		220	220	71	20	19	No	Fibra de vidrio + PTFE	Mástiles				
Algarve Estadio D.Afonso Henriques	Populous (HOK Sport) y AARQ Atelier de Arquitectura	CENO TEC GmbH	Portugal	Loulé	2003	2003	Periferia	Nuevo	1	30002	10168	Media Luna	73	215	185	50	30	16	No	Poliéster + PVC	Arco	Correas			
	Eduardo Guimaraes		Portugal	Guimaraes	1965	2003	Centro urbano	Reformado		30452		Rectangular		200	182	28	28	73	No		Anillos	Vigas			
Olympiakos	Stelios Aghiostratitis		Grecia	Atenas	1895	2004	Centro Urbano	Reconstruido		33296	21840	Rectangular	37	217	180	42	42	70	1.35 Kg/m ²	No	Poliéster + PVDF	Voladizo	Costillas		
Olímpico de Berlín	Werner March, Albert Speer y Friedrich Wilhelm Krane	GMP Architects	Alemania	Berlín	1936	2004	Periferia	Reformado	6	76000	33006	Ovalada	22	304	230	68	68	76	3500	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas		
Commerzbank	GMP Architects		Alemania	Frankfurt	1925	2005	Periferia	Reconstruido		51500	35100	Rectangular	65	210	190	61	140	55	90	44	2500	Sí	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables
HDI Arena	Frits Leonhardt, Rudolf Hillebrecht, Richard Konwiarz y Heinz Goesmann	SCHULITZ Architekten	Alemania	Hannover	1954	2005	Centro Urbano	Reformado		44652	11000	Ovalada		245	208	50	50			No	ETFE	Anillos	Soportes		
Saracoglu	Zehra Aksu y Adnan Aksu		Turquía	Estambul	1908	2006	Centro Urbano	Reformado		50530	22300	Rectangular		201	164	46	43	58	3800	No		Voladizo	Cerchas		
O2 Millennium Dome	Richard Rogers	HOK Sport	Reino Unido	Londres	1999	2007	Centro Urbano	Reformado	3	23000	100000	Circular	100	365	365	182	182	72	4500	No	Fibra de vidrio + PTFE	Mástiles			
Olímpico de Roma	Enrico Del Debbio, Luigi Moretti y Annibale Vitellozzi	MEIS architects	Italia	Roma	1953	2007	Periferia	Reformado	4	72698	50000	Elíptica	36.5	308	237	50	50	78	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Soportes			
Skilled Park Gold Coast o Cbus Super stadium	HOK SVE		Australia	Gold Coast	2008	2008	Periferia	Nuevo	1	27690		Rectangular		217	152	26	26	68	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas			
Beijing National Stadium	Herzog & de Meuron, China Architectural Design & Research Group	ARUP Sport	China	Pekín	2008	2008	Centro urbano	Nuevo	6	80000	50000	Ovalada	69	333	296	80	80	24	#####	No	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Membrana tridimensional			
Stade Auguste-Delaune	Michel Rémon & Associés	ARCORA	Francia	Reims	1955	2008	Centro urbano	Reconstruido	4	20519	11000	Rectangular		173	140	25	25	50	No	Poliéster + PVC	Voladizo	Cerchas			
Moses Mabhida	Gerhard le Roux		Sudáfrica	Durban	2009	2009	Centro Urbano	Nuevo	6	70000	46500	Circular	105	290	290	85	28	52	700 (cable)	No	Fibra de vidrio + PTFE	Arco	Tirantes		
Nelson Mandela Bay	GMP Architects		Sudáfrica	Puert Elizabeth	2009	2009	Centro Urbano	Nuevo	5	48000	34000	Rectangular	35	260	200	45.8	45.8	36	2400	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas		
Soccer City o FNB Stadium	Boogertman Urban Edge & Partners y HOK Sport (Populous)	Schlaich Bergermann Partner	Sudáfrica	Johannesburg	1989	2009	Periferia	Reconstruido	6	88460	50000	Elíptica	40	320	302	36	36	61	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas			
Cape Town o Green Point	GMP Architects		Sudáfrica	Ciudad del Cabo		2010	Centro Urbano	Reformado	6	55000	45000	Circular	38	290	265	65	65	72	6300	No	Poliéster + PVC	Anillos	Vigas		
Red Bull Arena USA	Rossetti Architects		EE.UU.	Nueva Jersey	2010	2010	Centro Urbano	Nuevo	5	25189	29940	Elíptica		217	174	40	40	41	9000	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas		
Kuwait National o Jaber Al-Ahmad Al-Sabah	Mohammed Abdulmohsin Al Kharafi and Sons		Kuwait	Al-Ardiya	2010	2010	Periferia	Reformado		64000	13700	Circular		275	312	82	54	52	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables			
INEA Stadion o Municipal Stadium	Modern Construction Design Sp. Zo.o.		Polonia	Poznan	1980	2010	Periferia	Reconstruido	7	42004		Rectangular		228	212	74	60	53	No		Voladizo	Cerchas			
Estadio Akron	HOK Mexico, VFO, Studio Massaud Pouzet	Luis Bozzo	Méjico	Guadalajara	2010	2010	Periferia	Nuevo	4	49850	48000	Rectangular	41	280	250	35	35	58	3300	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas		
Arena Nacional	GMP Architects		Rumanía	Bucarest	1953	2011	Periferia	Reconstruido		55634	38900	Elíptica	50	240	200	70	134	65	93	40	3980	Sí	Poliéster + PVC	Anillos	Soportes
Olímpico de Kiev	GMP Architects		Ucrania	Kiev	1923	2011	Centro Urbano	Reconstruido		70050	51000	Ovalada	51	306	236	65	65	80	No	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Anillos	Soportes			
Ejército Polaco	JSK Architekci		Polonia	Varsovia	1930	2011	Centro Urbano	Reconstruido		30967	18000	Rectangular	32	205	162	61	43	28	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Cerchas			

Mercedes Benz Arena	Greg Sherlock		Alemania	Stuttgart	1933	2011	Periferia	Reformado		60441	38000	Elíptica		299	245	67	67	40	No	Membrana PVC + TiO2	Anillos	Soportes			
BC Place Vancouver	Phillips Barret Studio y Stantec	Pfeifer Structures	Canadá	Vancouver	1983	2011	Centro Urbano	Reformado		56000	41000	Ovalada	60	261	220	76	132	58	107	36	Sí	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Anillos	Soportes	
Bao'an	GMP Architects		China	Shenzhen	2011	2011	Centro Urbano	Nuevo	2	40050		Circular	39.65	245.8	245.8	53	53	36	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables			
Nacional de Varsovia	JSK Architekci, GMP Architekten, SBP		Polonia	Varsovia	2012	2012	Centro Urbano	Nuevo	9	58580	64800	Ovalada	70	270	240	90	153	86	113	72	1200	Sí	Fibra de vidrio + PTFE, Poliéster + PVC	Anillos	Soportes
Lublin Arena	Estudio Lamela		Polonia	Lublin	2012	2012	Periferia	Reformado	3	15400	11800	Rectangular		30	175	132	22	22	72	No		Voladizo	Cerchas		
Bukit Jalil National Stadium	Arkitek FAA, Schlaich Bergermann Partner, Weidleplan, Populous + RSP KL		Malasia	Kuala Lumpur	1998	2012	Centro urbano	Reformado		87000	38500	Elíptica		285	230	66	66	36	No	Poliéster + PVC	Anillos	Cables			
Maracanã	schlaich bergemann und partner		Brasil	Río de Janeiro	1950	2013	Centro Urbano	Reformado	5	78838	46500	Circular	32	300	260	70	70	60	5000	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables		
Fonte Nova	SENER y Tetraarq Projetos y Schulitz Architects		Brasil	Salvador de Bahía	1951	2013	Centro Urbano	Reconstruido		51708	32000	Elíptica	42	280	220	61	61	36	45 Kg/m	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables		
Nacional de Brasilia	Castro Mello Arquitectos, gmp Architects, schlaich bergemann und partner		Brasil	Brasilia	1960	2013	Periferia	Reconstruido		72800	85000	Circular	61	309	309	95	95	48	#####	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas		
Mineirao	Caspar Garreto y Eduardo Mendes Guimaraes Júnior	BCMF Arquitectos	Brasil	Belo Horizonte	1965	2013	Periferia	Reformado	5	66000	13000	Elíptica	23.6	280	220	65	65	89	No	Fibra de vidrio + TiO2	Anillos	Vigas			
Transcosmos Stadium Nagasaki	Nihon Sekkei		Japón	Isahaya	1969	2013	Centro urbano	Reconstruido		20246		Ovalada		242	176	20	20	66	No		Voladizo	Cerchas			
Mersin Arena	Bahadir Kul Architects	Ingeniería Goktem	Turquía	Mersin	2013	2013	Periferia	Nuevo		25534		Elíptica		250	210	63	50	52	3500	No		Voladizo	Costillas		
Hazza Bin Zayed Stadium	Pattern Design	Schlaich Bergermann Partner	E.A.U.	Abu Dhabi	2013	2013	Centro urbano	Nuevo	6	25000	33200	Ovalada	50	211	192	30	11	60	2520	No	Fibra de vidrio + PTFE, Poliéster + PVC	Voladizo	Cerchas		
Allianz Riviera Stadium	Wilmoth&Associés SA / VINCI Concessions	IASO	Francia	Nice	2013	2013	Periferia	Nuevo	7	35624	49500	Rectangular		240	209	46	46	60	2840	No	Poliéster + PVC, ETFE	Membrana tridimensional			
Beira Rio	Rui Tedesco		Brasil	Porto Alegre	1969	2014	Centro Urbano	Reformado	6	50842		Elíptica	42	288	230	57	57	65	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas			
Vélodrome	Jean-Pierre Buffi		Francia	Marsella	1935	2014	Centro Urbano	Reformado		67394	65000	Elíptica	65	285	274	80	80	60	6000	No	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional			
King Abdullah Sports City Stadium o Al-Jawhara Stadium	ARUP Associates		Arabia Saudí	Jeddah	2014	2014	Periferia	Nuevo	6	60241		Circular		275	262	57	57	24	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Cerchas			
Nagyerdei Stadion	Peter Bordás, Arquitectura BORD	Robert Benke	Hungría	Debrecen	1934	2014	Periferia	Reconstruido	4	20340		Rectangular		208	150				No		Anillos	Vigas			
Singapore Stadium	ARUP Associates, AECOM, DP Architects		Singapur	Singapur	1973	2014	Centro urbano	Reconstruido	6	55000	20580	Circular	80	312	312				Sí	ETFE	Membrana tridimensional				
Arena da Amazonia	GMP Architects	Schlaich Bergermann Partner	Brasil	Manaus	2014	2014	Centro Urbano	Nuevo	4	44351	52000	Ovalada	32	242	201	40	40	36	6670	No	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional			
Único de la Plata	Roberto Ferreira y Arquitectos asociados (RFARq)		Argentina	La Plata	2003	2015	Periferia	Nuevo		40000	37100	Doble circular	60	240	180	51	43	26	No	Fibra de vidrio + PTFE	Tensegrity				
Rey Fahd	Ian Fraser, John Roberts, Michael KC Cheah & Partners		Arabia Saudí	Riad	1887	2016	Periferia	Reformado		68752	55000	Circular	58	247	247	50	50	24	No	Fibra de vidrio + PTFE	Mástiles				
Vodafone Park	Bünyamin Derman y Metin Demir		Turquía	Estambul	1947	2016	Centro Urbano	Reconstruido		41903	22500	Elíptica	41.5	218	160	46	46	42	No	Fibra de vidrio + Silicona	Anillos	Cables			
FC Krasnodar	GMP Architects		Rusia	Krasnodar	2016	2016	Periferia	Nuevo	7	34291	24100	Ovalada	42.8	210	180	45	45	28	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Soportes			
Anterior cubierta Estadio Olímpico de Londres	HOK Sport dirigido por Philip Jonhson	Seele y Balfour Beatty	Reino Unido	Londres	2011	2016	Centro urbano	Reformado	3	60000	24000	Elíptica	58	330	270	28	28	56	994	No	Poliéster + PVC	Anillos	Soportes		
San Mamés	IDOM, ACXT, Mikel Sanz de Prit y César Azkarate		España	Bilbao	2014	2016	Centro urbano	Reformado	5	53331	19500	Rectangular		255	203	50	50	40	No	ETFE	Anillos	Vigas			
Medical Park	ASP Architekten, Faruk Kanca, Azaksu Arquitectura	Ingeniería Erduman e Ingeniería Maffeis	Turquía	Trabzon	2016	2016	Periferia	Nuevo		40782	50000	Rectangular		236	203	58	58	22	6500	No	Fibra de vidrio + PTFE, Poliéster + PVC	Voladizo	Costillas		

Olympic Stadium Linxia	DUTS design	Fang Xiang, Zhang Maoming	China	Linxia	2016	2016	Centro Urbano	Nuevo	4	20410	28400	Ovalada	38	260	220	48	28	36	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas	
Metropolitano	Cruz y Ortiz Arquitectos		España	Madrid	1994	2017	Periferia	Reconstruido	7	67829	45500	Ovalada	57	286	248	65	65	48	6300	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables
Khalifa International	Dar Al-Handasah y PTW Architects	Pfeifer Structures	Catar	Doha	1976	2017	Periferia	Reformado		40000	51752	Circular	72	243	219	70	40	92	4000	No	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Arco	Tirantes
Oímpico de Ashgabat	AFL Architects y Arup		Turkmenistán	Ashgabat	2011	2017	Periferia	Reconstruido		20000	25000	Ovalada	50	300	267	62	35	60	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Cerchas	
Imam Reza Stadium / Emam Reza Stadium	Masoud Ziae		Irán	Mashhad	2017	2017	Centro Urbano	Nuevo		27700	18000	Ovalada		250	168	33	33	48	No		Anillos	Soportes	
YENI SAKARTA ATATURK STADYUMU	Alper Aksoy Mimarlik		Turquía	Sakarya	2017	2017	Periferia	Nuevo	6	28154	41500	Elíptica		272	236	70	60	38	No	Fibra de vidrio + PTFE, poliéster + PVC	Voladizo	Cerchas	
Zenit Arena	Kisho Kurokawa		Rusia	San Petersburgo	1932	2017	Centro Urbano	Reconstruido	9	62315	18000	Circular	110	298	298				Sí	ETFE	Mástiles		
Haikou Wuyuan o Wuyuanhe	GMP Architects		China	Haikou	2018	2018	Periferia	Nuevo	5	41424	90300	Media Luna	43	270	250	65	28	21	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables	
Philips Stadion	A&E Architecten		Países Bajos	Eindhoven	1913	2018	Centro urbano	Reformado		42450		Rectangular		217	175	40	32	17	No		Voladizo	Costillas	
Suzhou Olympic Sport	GMP Architects		China	Suzhou	2018	2018	Centro Urbano	Nuevo		40933		Elíptica	52	260	230	52	52	40	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables	
Rostov Arena	Populous (HOK Sport)		Rusia	Rostov del Don	2018	2018	Periferia	Nuevo	5	43472	60000	Rectangular	51.5	260	220	63	60	44	No	Poliéster + PVC	Anillos	Soportes	
Volgograd Arena	GMP Architekten y PI Arena		Rusia	Volgogrado	2018	2018	Centro Urbano	Nuevo	4	43713	77000	Circular	49.5	303	303	60	50	44	7100	No	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Anillos	Cables
Al - Maktoum Stadium	OBE Architects	Hardco Group	E.A.U.	Dubai	1978	2018	Centro Urbano	Reformado		15000	25000	Rectangular		180	160	50	20	52	4200	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas
Al Janoub Stadium	Zaha Hadid Architects y Patrick Schumacher	Schlaich Bergermann Partner	Catar	Doha	2019	2019	Periferia	Nuevo	5	40000	10800	Ovalada	56	275	225	92	90		7916	Sí	Poliéster + PVC, ETFE	Membrana tridimensional	
Al Bayt Stadium	Dar Al-Handasah y Albert Speer & Partner GmbH	Hightex	Catar	Al Khor	2019	2019	Periferia	Nuevo	7	60000	200000	Rectangular	37	372.5	310				1600	Sí	Fibra de vidrio + PTFE	Membrana tridimensional	
Wuhan Five Rings Stadium	CITIC Architectural Design and Research Institute		China	Wuhan	2019	2019	Centro Urbano	Nuevo	7	30000		Ovalada		240	200	59	40	64	8000	No		Anillos	Vigas
Estadio fiscal de Talca	BiS Arquitectos	R & V Ingenieros	Chile	Talca	1937	2019	Centro Urbano	Reformado	1	16070	7700	Ovalada		226	161	20	10	50	No	Poliéster + PVC	Voladizo	Cerchas	
CommBank Stadium	Populous (HOK Sport)	Aurecon y Lendlease	Australia	Sydney	2019	2019	Centro Urbano	Nuevo	5	30000	28000	Rectangular		230	178	50	47	60	2600	No	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Voladizo	Costillas
Stadion Tehelné pole	Karol Kállay	Tekla	Eslovaquia	Bratislava	1939	2019	Centro urbano	Reconstruido		22500		Rectangular	27.5	246	164	41	35	104	No		Voladizo	Costillas	
Queensland Country Bank Stadium	Cox Architecture y Counterpoint Architecture	Arup y Fabritecture	Australia	Townsville	2019	2019	Centro Urbano	Nuevo		25000	12116	Rectangular		230	180	42	36	36	2500	No	Fibra de vidrio + PTFE, Poliéster + PVC	Voladizo	Costillas
Batumi o Adjarabet Arena	Bahadir Kul Architects		Georgia	Batumi	2020	2020	Centro Urbano	Nuevo	6	20035	35500	Ovalada	38	210	175	43	32	76	3500	No	Poliéster + PVC	Voladizo	Cerchas
Ahmad Bin Ali Stadium	Pattern Design	Schlaich Bergermann Partner	Catar	Doha	2003	2020	Periferia	Reconstruido		40740	30000	Rectangular		235	200	16	10	48	No		Anillos	Vigas	
Allegiant Stadium	MANICA Architecture, HNTB	Freyssinet	EE.UU.	Las Vegas	2020	2020	Centro urbano	Nuevo	10	65000		Elíptica		317	272				No	ETFE	Membrana tridimensional		
Sultan Ibrahim Stadium	Saadon Architect, Beijing Institute of Architectural Design		Malasia	Iskandar Puteri	2020	2020	Periferia	Nuevo	5	35000	36300	Circular	40	233	233	40	40	56	No	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Voladizo	Costillas	
Yeni Adana Stadyumu	DB Architects		Turquía	Adana	2020	2020	Periferia	Nuevo	6	33000	43000	Ovalada		233	188	50	50	40	No		Anillos	Cables	
Kaneki Stadium Tochigi	Kume Sekkei, AIS Comprehensive Design y Motozawa Architectural Design Office JV	Kyoritsu Industries Co. Ltd	Japón	Utsunomiya	2020	2020	Centro Urbano	Nuevo	4	25244	16000	Ovalada		252	200	40	30	66	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Vigas	
Ramón Estay Saavedra	Jorge Pantoja		Chile	Iquique	1993	2020	Centro urbano	Reconstruido	5	13171	10770	Ovalada		223	138	20	12	66	No	ETFE	Voladizo	Costillas	
Stade national de la Côte d'Ivoire	Beijing Institute Architectural Design (BIAD)		Costa de Marfil	Ebimpé	2020	2020	Periferia	Nuevo	5	60012		Ovalada	51.4	290	270	70	33	50	No		Voladizo	Cerchas	

Estadio Único Madre de Ciudades	Enrique Lombardi y Luciani Asociados Arquitectos	Lorenzo Ponce, Arq. Cesar Eloy Perez, Arq. René Gutierrez	Argentina	Santiago del Estero	2021	2021	Centro urbano	Nuevo	2	30000	18673	Circular		212	212	40	40	48	1300	No	Fibra de vidrio + PTFE	Voladizo	Costillas
Stade Omnisport Paul Biya	Studio Shesa y Arch. Eloy Suarez	MJW Structures y MAEG	Camerún	Yaoundé	2021	2021	Periferia	Nuevo	5	60000	35000	Ovalada	46	300	245	45	45	68		No	Poliéster + PVC	Voladizo	Cerchas
Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu	Alper Aksoy Mimarlik		Turquía	Esmirna	1959	2021	Centro urbano	Reconstruido	5	15000		Cuadrada		145	145	25	16	28		No		Voladizo	Costillas
Al Thumama Stadium	Fenwick Iribarren Architects	Schlaich Bergermann Partner	Catar	Doha	2021	2021	Centro urbano	Nuevo	7	40000	35000	Circular	43	240	240	70	70			No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables
Morodok Techo National Stadium	China IPPR Internarional Engineering CO., LTD.		Camboya	Phnom Penh	2021	2021	Periferia	Nuevo	5	60000		Media Luna	40 (99)	290	276	65	15	38		No	Fibra de vidrio + PTFE	Mástiles	
Çotanak Spor Kompleksi	Bora Soykut y Azaksu Mimarlik	Siyahkalem Engineering Construction	Turquía	Giresun	2021	2021	Periferia	Nuevo	6	22028	25000	Elíptica		222	176	40	40	68	2815	No	Poliéster + PVC, ETFE	Voladizo	Cerchas
Allianz Stadium	Cox Architecture, ARUP y ASPECT Studios	Schlaich Bergermann Partner y Aurecon	Australia	Sydney	1988	2022	Centro Urbano	Reconstruido	6	42500	26700	Rectangula r		220	220	59	36	48		No	Fibra de vidrio + PTFE, ETFE	Anillos	Vigas
Lusail Stadium	AFL Architects, ARUP, Foster + Partners, Manica Architecture		Catar	Lusail	2022	2022	Periferia	Nuevo	5	80000	45000	Circular	55	307	307	90	76	48	1E+05	No	Fibra de vidrio + PTFE	Anillos	Cables