PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Taller Vertical Nº 3 Lafalce – Larroque - García Zúñiga

3.51	**Nivel III. Ficha de lectura Nº 1.** **Roberto Ferreira. "El Estadio Ciudad de La Plata".**

Artículo publicado en la revista "Ingeniería Estructural. Publicación de la Asociación de Ingenieros Estructurales para la información y divulgación de temas científicos y técnicos". *Nº 18, páginas 22 a 29*. Buenos Aires, diciembre de 1999.

EL ESTADIO ciudad de LA PLATA

ROBERTO FERREIRA

ANTECEDENTES

En el año 1990 los clubes Estudiantes de La Plata y Gimnasia y Esgrima La Plata con el apoyo del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires y de la Municipalidad de La Plata toman la iniciativa de construir un Estadio en los terrenos del Centro de Educación Física Nº 2 (Estadio Provincial), ubicados sobre la Av. 532 entre la calle 21 y la Av. 25. A tales efectos, el 21 de abril de 1992 se constituye la Fundación Estadio Ciudad de La Plata, institución integrada por representantes de ambos clubes de fútbol, quien convoca a un Concurso Nacional de Anteproyectos.

En el mes de abril de 1993, sobre un total de 79 trabajos presentados, el Jurado resuelve otorgar el primer premio a la propuesta presentada por el estudio Arq. Roberto Ferreira y Asociados. A partir de septiembre de 1993, se comienza a desarrollar el proyecto y la elaboración de los documentos de licitación para contratar la ejecución del estadio, con una capacidad prevista de 32.000 espectadores.

Con posterioridad, el Gobierno Provincial, dentro del plan de obras para rejerarquizar la ciudad de La Plata y la Provincia, resuelve adecuar el proyecto original a fin de convertir al Estadio en un espacio polifuncional cubierto que por sus características no registra antecedentes en el ámbito de América Latina. Para tal fin sanciona una Ley que establece que el Poder Ejecutivo Provincial será el administrador y ejecutor de las obras, y establece los alcances de la jerarquización del Proyecto ampliando su capacidad e incorporando al mismo la cubierta completa del Estadio, un campo de juego basado en la tecnología de césped transportable y la remodelación de las instalaciones del Centro de Educación Física Nº 2 (Fig. 1 Planta de Conjunto).

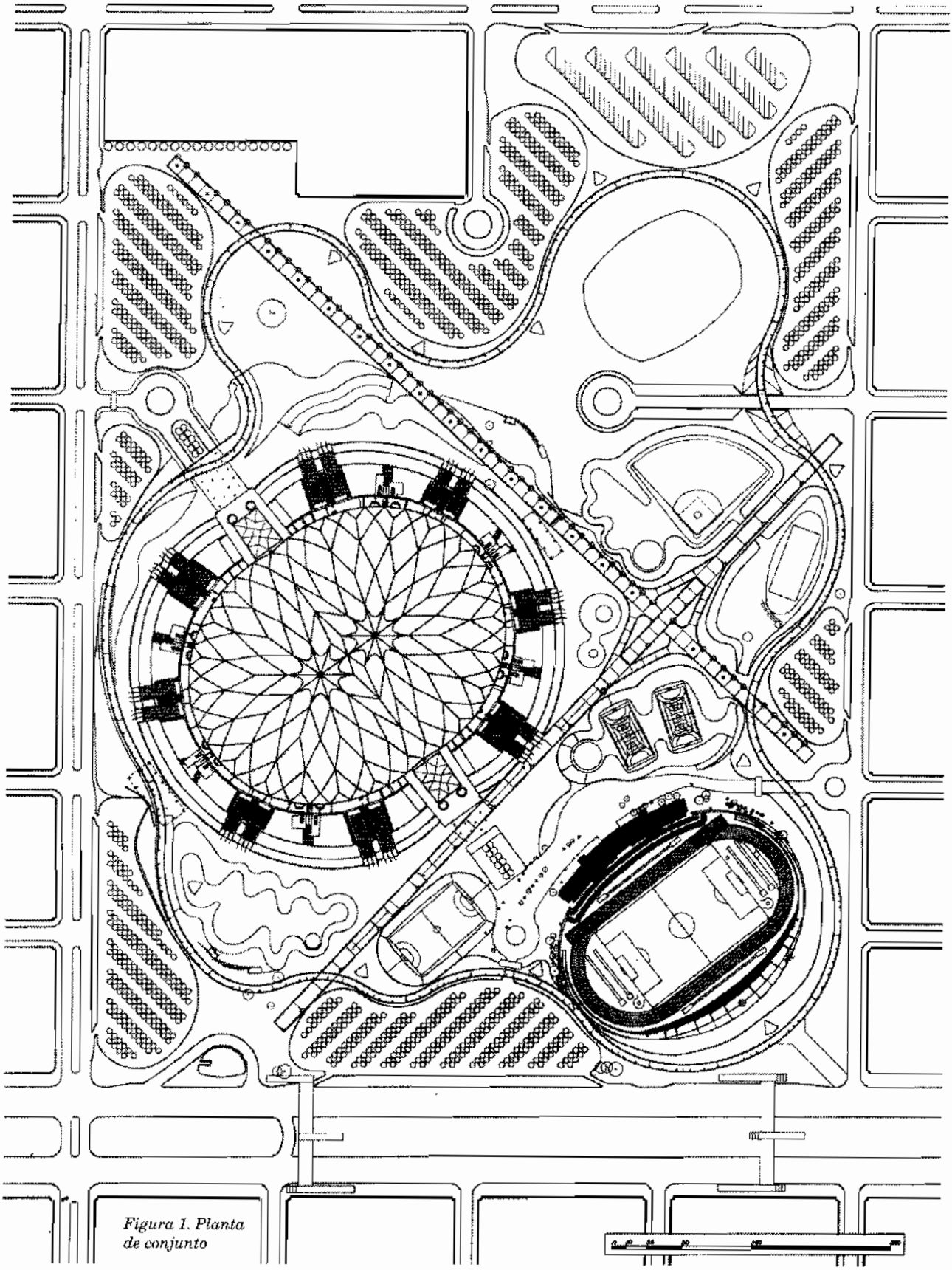


Figura 1. Planta de conjunto

http://procesosconstructivos123.wordpress.com/

Figura 2. Foto aérea general de la construcción

LA OBRA

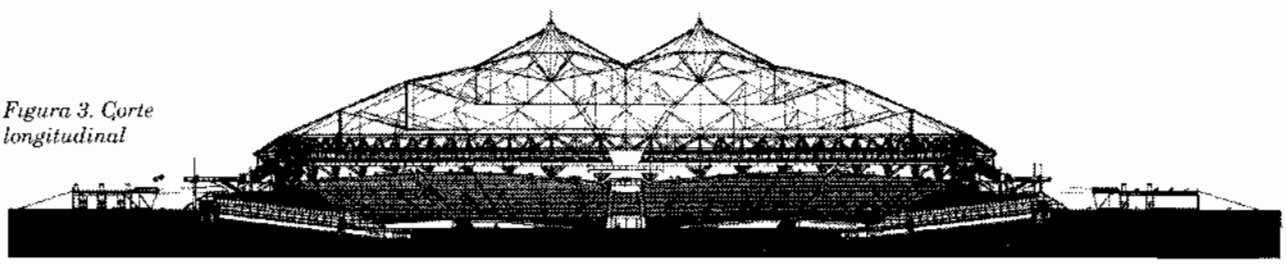
La obra del Estadio Ciudad de La Plata se desarrolla en la capital de la Provincia de Buenos Aires, a 55 kilómetros al sur de la Capital Federal. El terreno donde se construye el Estadio se emplaza sobre el borde norte de la ciudad, en la Avenida de Circunvalación (532) entre la calle 21y la Avenida 25. (Fig. 2 Foto Aérea Gral.).

Un camino sinuoso de trazado perimetral y dos diagonales transversales conforman los ejes con los que se organiza el conjunto. Sobre una superficie total de 36 ha, el proyecto incluye los siguientes componentes:

1) el sector propio del Estadio Ciudad de La Plata.
2) áreas de expansión frente a los accesos al Estadio.
3) el sector del Centro de Educación Física Nro. 2.
4) espacios libres, equipados para su utilización como parque público.
5) las zonas de estacionamiento, en los bordes del terreno.

Como objetivo principal, se ha proyectado un estadio para la práctica del fútbol profesional, tanto en el ámbito nacional como internacional, que responde a las más estrictas normas de seguridad de la FIFA y la UEFA, con capacidad para 40.000 espectadores sentados. Una cubierta translúcida integral lo configurará además como un singular edificio polifuncional. La cubierta presenta la forma de un domo con dos picos, y refleja la idea rectora del proyecto que simboliza las identidades de los dos clubes platenses que lo utilizarán (Fig. 3 Corte Longitudinal).

Figura 3. Corte longitudinal



http://procesosconstructivos123.wordpress.com/ 3

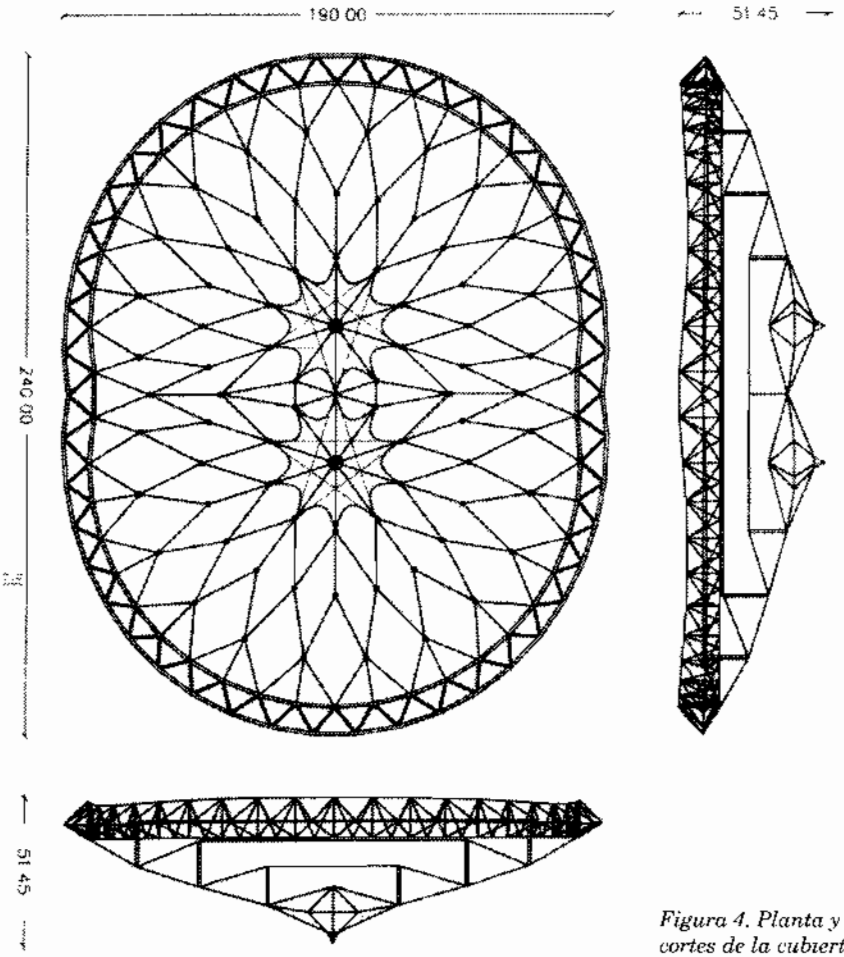


Figura 4. Planta y cortes de la cubierta

LA CUBIERTA DEL ESTADIO

La forma en planta de la cubierta deriva de la intersección de dos círculos de 85 m de radio, con una distancia de 48 m entre sus dos centros. (Fig 4 Planta y Cortes de la Cubierta)

En su perímetro se instala una viga que actúa como anillo de compresión -de sección variable entre 8 y 10m de ancho y de 12 a 15m de altura- conformada por un reticulado triangular de tubos de acero. Los tramos verticales de este reticulado de compresión forman una galería sobre el camino superior que remata las gradas donde se ubican los espectadores. Dentro del espacio del anillo de compresión se ubican los palcos y cabinas de transmisión y control del Estadio.

El cordón superior del anillo constituye la línea de arranque para el domo formado por la red de cables triangulada, típica en este tipo de cubiertas. Una serie de tres anillos en estado de tracción se desarrollan hacia adentro y hacia arriba desde el cordón superior del anillo de compresión. El primero de estos anillos está sostenido por cables que bajan en diagonal desde el cordón superior y soportan los postes verticales rígidos que conectan con la red de cables superior. Desde ese punto bajan cables en diagonal para tomar el siguiente anillo de tracción y el proceso se repite hasta llegar a la parte superior del tercer anillo. Desde

http://procesosconstructivos123.wordpress.com/

éste parte un sistema radial de cables con una disposición de tipo diamante para formar la cúpula de cada pico. Las cúpulas consisten en dos superficies solapadas, que permiten el flujo libre del aire a través de aberturas de 15 m de diámetro en la superficie del techo, en coincidencia con cada uno de los picos. Una claraboya corona cada pico enfatizando la idea del proyecto.

A lo largo de los anillos de tracción se colocan pasarelas en las que se ubican los artefactos de iluminación, equipos de sonido y otros equipos para actividades especiales. Entre los anillos hay puentes que conectan las pasarelas y dan soporte al cableado de las instalaciones.

CONCEPTO ESTRUCTURAL

El sistema estructural del domo empleado para la cubierta del Estadio está patentado en los EE UU bajo el nombre de Tenstar Dome; fue desarrollado para cubrir grandes luces con un sistema de membrana de bajo peso, y aplicado por primera vez en el estadio Georgia Dome de la ciudad de Atlanta (EE UU), que fuera utilizado en los Juegos Olímpicos del año 1996. La estructura se basa en el sistema ***tensegrity***, concepto estructural desarrollado en 1954 por Buckminster Fuller, y definido como "un sistema espacial reticulado en estado de autotensión", diseñado estructuralmente para esta obra por el Ing. Matthys Levy. (Fig. 5 Escultura Tensegrity).

El sistema está formado por cuatro elementos: los cables triangulados superiores, los cables triangulados en diagonal, el sistema de anillos de tracción y los postes verticales rígidos. Opera como un reticulado en el cual el cordón inferior se interrumpe y los esfuerzos siguen la línea de los anillos de tracción. Por lo tanto el sistema es tridimensional; en consecuencia tiene el beneficio de la triangulación de los elementos estructurales, mejorando la capacidad para soportar cargas y permitiendo adecuarse a geometrías no convencionales como la del Estadio.

Para evitar que los cables se aflojen bajo ciertos estados de carga, el sistema está pretensado. El nivel de pretensado se establece sobre la base de la combinación de cargas que actúan sobre la cubierta y que podrían hacer que un cable se afloje. El pretensado cumple con el criterio del sistema ***tensegrity*** (autotensión) y reduce la deformación del sistema. Como consecuencia, la cubierta es extremadamente rígida, como si fuera el parche de un tambor.

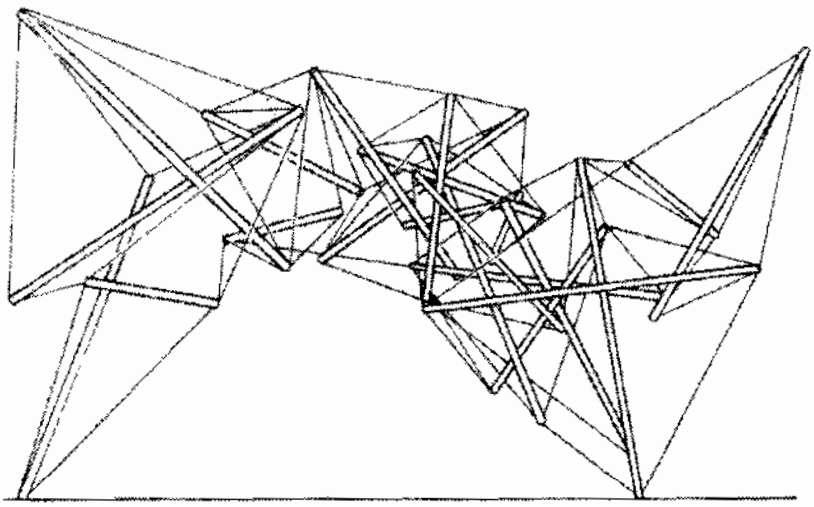


Figura 5. Escultura Tensegrity (sistema espacial reticulado en estado de autotensión)

http://procesosconstructivos123.wordpress.com/ 5

El anillo de compresión, que soporta el domo de cables, está diseñado para transmitir a sus fundaciones las cargas de gravedad de la cubierta y las cargas producidas por el viento actuando normalmente a la superficie del techo. Esto determina la aparición de esfuerzos laterales entre el anillo y la fundación. Al mismo tiempo, la estructura de la cubierta está sometida a dilataciones y contracciones debido a las variaciones de temperatura. Para aliviar las posibles tensiones internas en el anillo debido a deformaciones por temperatura, cuatro elementos del anillo de compresión están apoyados en su base sobre cojinetes de deslizamiento que permiten movimientos circunferenciales pero restringen los desplazamientos radiales.

CONEXIONES

El diseño del domo adopta como premisa la eliminación del ajuste en el largo de los cables. Esto implica que todos los cables se fijarán en los nodos mediante terminales anclados al cable. Los elementos de conexión de los anillos de tracción están diseñados para que haya cables continuos y cables discontinuos en las líneas diagonales de intersección. Desde la parte superior de la cubierta, alrededor de las dos aberturas centrales y hasta el cordón superior del anillo de compresión se utilizan terminales fijos.

Los terminales inferiores están diseñados para permitir que los cables radiales conformen un conjunto único. Los cables en diagonal que terminan en los terminales de los anillos de tracción son fijos y de tipo encastre. Los elementos de conexión (nudos) se construyen con chapas de acero y tubos soldados eléctricamente. El principio que rige la concepción de estas estructuras evita que las soldaduras estén sometidas a esfuerzos de tracción.

MEMBRANA

La estructura se cubre con paneles conformados con una membrana de fibra de vidrio recubierta con teflon que se fija a los cables mediante elementos de unión constituidos de aluminio de alta resistencia, bulones y espárragos de acero inoxidable, con elementos de neopreno que actúan como sello. Una característica del domo es que la estructura de cables es completamente estable y su estabilidad no depende de esa membrana, que es simplemente una cobertura. En el diseño se han considerado dos fases constructivas; la primera abarca los dos anillos exteriores, cubriendo el sector de tribunas; para este caso se incorpora un cable adicional para el cerramiento en el segundo anillo. La segunda etapa prevé finalmente completar la cobertura total de la estructura con la membrana.

FUNDACIONES

Sobre la base de la combinación más desfavorable de cargas verticales y horizontales dadas por la cubierta, y a los resultados de los estudios geotécnicos realizados in situ, se han diseñado los 46 elementos de fundación del anillo de compresión. Cuatro de esos elementos son fundaciones directas, coincidentes con los muros extremos de los edificios emplazados en coincidencia con el eje transversal del Estadio. Los restantes 42 apoyos se constituyen como conjuntos de cuatro pilotes de Ø 0,60 m inclinados a 20°, que convergen a un cabezal de hormigón armado. La longitud de los pilotes es variable entre 10 y 20 m, en función del estado de carga máximo en cada caso. En los cabezales se disponen los

http://procesosconstructivos123.wordpress.com/

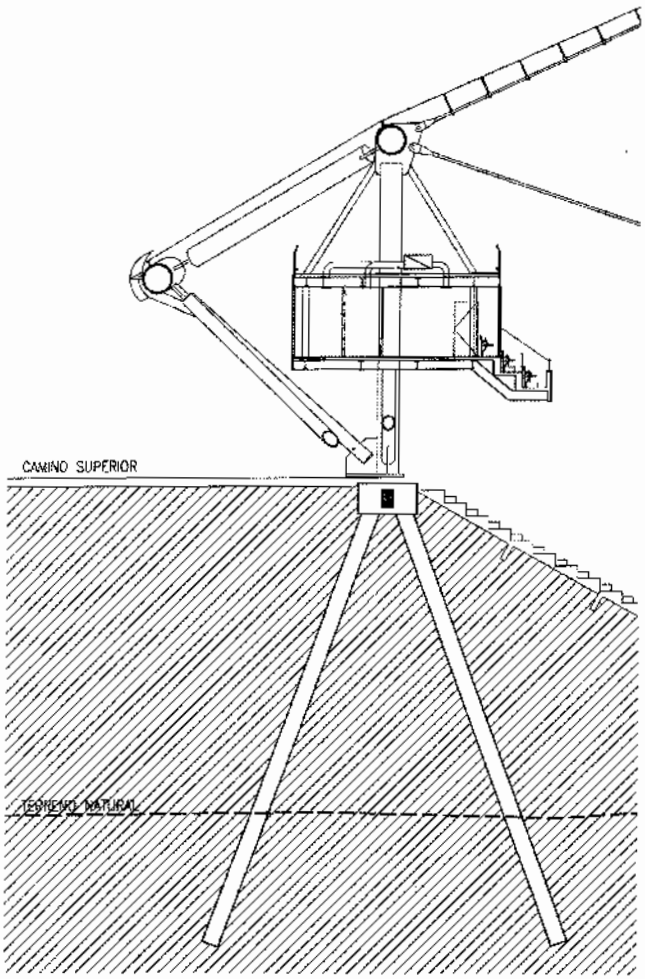


Figura 6. Corte fundaciones anillo perimetral y palcos

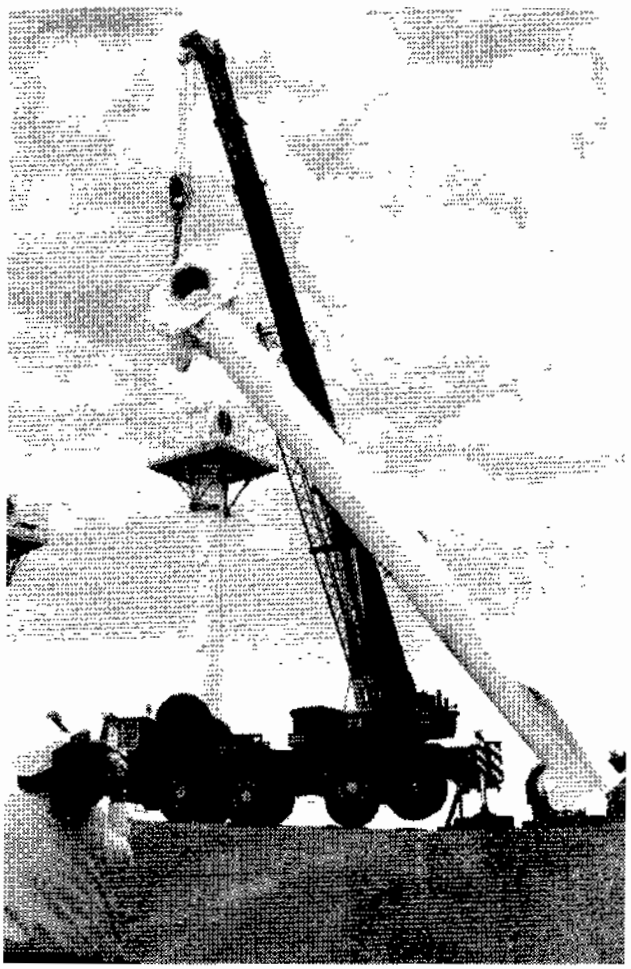


Figura 7. Montaje de anillo de compresión

bulones empotrados en el hormigón para la fijación de las columnas verticales de la viga perimetral (Fig. 6 Corte Fundaciones).

Todos los cabezales están unidos por una viga de forma circunferencial, que actúa como elemento de arriostramiento.

MONTAJE

El montaje de la cubierta se desarrolla una vez completada la estructura de fundación ubicada en el coronamiento del terraplén que sirve de soporte a las gradas del Estadio.

En primer término se monta el Anillo de Compresión reticulado de tubos de acero, tareas que abarcan una duración de seis meses (Fig. 7 Foto Aérea Parcial).

El paso inicial para la construcción del domo es el armado sobre el piso del campo de juego de los dos anillos centrales superiores triangulados de cables. Posteriormente se disponen sobre el terreno los cables diagonales que vinculan estos anillos con el cordón superior del Anillo de Compresión. Esta operación obliga a disponer libremente la totalidad del área del campo de juego y las gradas del Estadio.

Por medio de un sistema de gatos hidráulicos, instalado en dos torres transitorias de 8 x 8 m de sección y 42 m de altura, con el auxilio de

http://procesosconstructivos123.wordpress.com/ 7

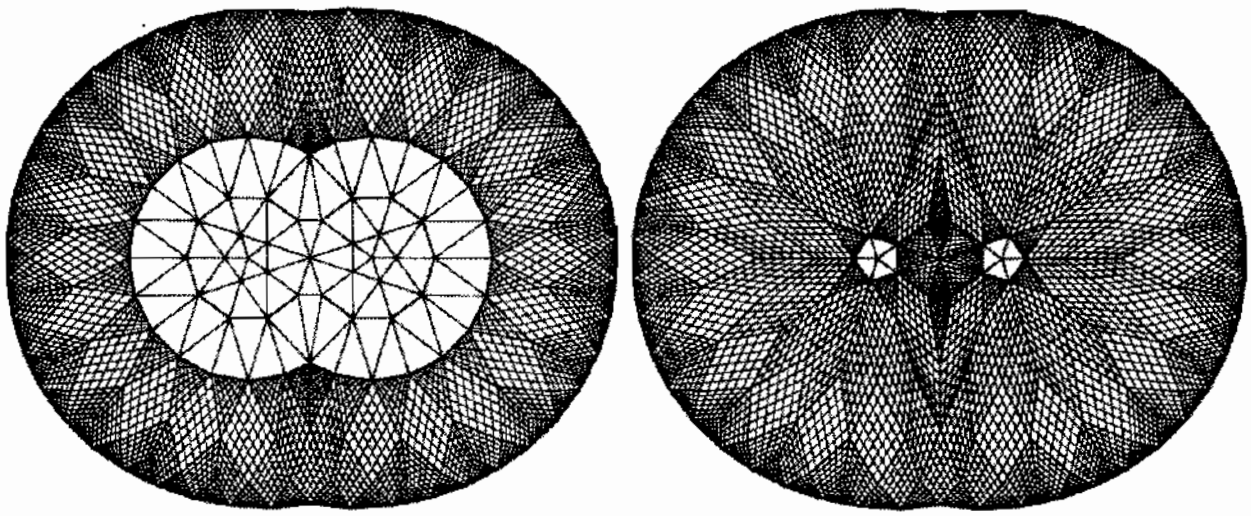


Figura 8. Paneles de la cubierta en su etapa inicial cubriendo las tribunas y en su etapa final cubriendo todo el estadio

cables temporarios se izan los anillos centrales hasta una altura intermedia que permita comenzar a levantar los postes metálicos.

La operación siguiente consiste en colgar desde los anclajes los postes verticales metálicos más próximos al anillo de compresión. Los postes se elevan con grúas y se conectan a las fijaciones dispuestas en la red de cables diagonales.

Puestos en posición la totalidad de los postes que corresponden al anillo de tracción exterior, se arma sobre el piso el haz de cables que lo conforma, con sus conectores. Una vez armado en forma completa se iza el anillo y se lo conecta con los extremos inferiores de los postes metálicos, colocándose seguidamente las pasarelas de servicio que apoyan sobre este anillo. En este punto se tensan a su longitud definitiva los cables diagonales que vinculan el anillo de compresión con el primer anillo de tracción y los postes verticales.

Teniendo en cuenta que el domo está formado por un sistema de tres anillos de tracción concéntricos donde se disponen los postes verticales, se repite la misma operación para los dos anillos interiores hasta obtener la configuración total de la estructura del domo de cables. El plazo estimado para la totalidad de las tareas de montaje del domo es de seis meses.

Un mes antes de concluido el montaje de la estructura se comienza con el montaje de los paneles de membrana, empezando desde el borde exterior hacia el interior. Los paños de membrana se izan enrollados mediante grúas hasta su posición y se despliegan para su fijación a la estructura de cables. Posteriormente se sueldan por calor las juntas adyacentes y se colocan los cierres que vinculan los diversos paneles.

Finalmente se colocan las dos cúpulas con sus claraboyas, el desagüe pluvial perimetral y los diversos elementos de terminación. La duración de las tareas vinculadas a la colocación de la primera fase de la cubierta se estima en siete meses.

Una vez completada la instalación de la cubierta integral, el Estadio Ciudad de La Plata quedará configurado como un edificio polifuncional de características singulares, único en su especie en América Latina, jerarquizando la identidad de la ciudad y generando un espacio de encuentro cultural y deportivo acorde a las demandas del próximo milenio.

http://procesosconstructivos123.wordpress.com/ 8