146 - 60

EDWARD COHEN,

Director del proyecto y asociado con
Ammann & Whitney, ingenieros
consultores de New York

auditorio público en Pittsburgh

En la zona urbana de Pittsburgh, denominada el Triángulo de Oro, recientemente urbanizada, se ha construido el auditorio objeto de este artículo.

Esta estructura se llevó a cabo después de prolongados estudios por parte de Ammann & Whitney y otros. Su coste, que se eleva a 22 millones de dólares, ha sido aportado por diferentes instituciones privadas y oficiales.

El auditorio está destinado a diversas actividades artísticas y deportivas. Su forma, circular en planta, se ha cubierto con una gran cúpula subdividida en ocho sectores, dos fijos y seis móviles, deslizables, que permitirán descubrir los graderíos al aire libre y, en invierno y tiempo lluvioso, cerrar la cúpula. La capacidad es de 7.500 a 13.600 espectadores, de acuerdo con el tipo de espectáculo o exposición que se celebre.

La cúpula cubre una superficie circular de 128 m de diámetro y deja unos 33 m de altura libre, y se apoya en un anillo de hormigón armado construido a unos 10 m de altura sobre el suelo. Con objeto de sostener los sectores, después de correrlos, tres de cada lado, y dejarlos sobre los dos fijos, se ha construido un gran brazo que, formando un gran voladizo siguiendo la forma de la cúpula, será capaz de resistir a los esfuerzos que estos sectores crean al reunirlos por corrimiento sobre los dos fijos.

sección transversal

planta

Cada sector tiene un ángulo de 45° en la parte superior de la cúpula, un radio de 63 m y 300 toneladas de peso. El desarrollo de su parte curva en la base es de unos 50 m. La distancia desarrollada desde la parte central donde se halla el pivote de giro hasta el anillo que soporta el carril del tren de corrimiento es de 76 m. Cada sector tiene un espesor de 0,90 m y contiene el techo o intradós y la chapa de cubrición, de acero inoxidable. Las operaciones de apertura y cierre de la cúpula, realizados mecánicamente, se verifican en dos minutos y medio.

Materiales de cobertura y juntas

Como se dijo anteriormente, la parte externa de la cúpula es de chapa de acero inoxidable. Para evitar una interacción diferencial, las juntas radiales en estas chapas tienen luz suficiente para permitir las dilataciones. Con objeto de no hacerlas visibles se han colocado cubrejuntas.

El techo o intradós de la cúpula se ha suspendido del entramado resistente, y está constituido por placas perforadas de acero revestidas con lámina de zinc esmaltada. En el interior se ha formado una capa de aislante acústico de 5 cm de espesor. En esta parte también se han dejado las correspondientes juntas de dilatación.

Estructura

Cada una de las hojas o sectores que cierran el auditorio o forman la cúpula está constituida por un entramado metálico cuyos elementos se han solidarizado por medio de soldaduras.

Los elementos se han preparado en el taller, por lo que el montaje en la obra se ha realizado por medio de tornillos.

planta de sector

Los nervios de las hojas se han espaciado a 8 m en la base. Debido a la convergencia de estos nervios en el vértice, a cierta distancia de la base se ha suprimido un nervio alternativamente.

sección de sector

Cada uno de los sectores transmite al pivote de apoyo un empuje del orden de 350 toneladas, esfuerzo que ha de absorber el brazo en voladizo que sostiene al pivote.

Entre la parte extrema superior y el pivote se ha interpuesto una rótula que permite el giro del sector, asegurando así la articulación necesaria entre pivote y sector.

Cada una de las hojas se une al pivote por medio de una rótula esférica como la anteriormente citada. Estas rótulas se han alojado en seis departamentos dispuestos en el pivote a seis diferentes alturas. Un pasador de 0,30 m de diámetro permite todo movimiento de sectores durante la maniobra de apertura o cierre de la cúpula.

Las cargas utilizadas para proyectar la cúpula han sido de dos tipos, una corriente, uniformemente repartida, de 73 kg/m^2 correspondiente al peso propio y una sobrecarga de igual presión. El otro tipo de carga ha sido la del peso propio, más una de 244 kg/m^2 , uniforme, sobre la mitad de la cúpula, más otra de 97 sobre la otra mitad.

Cuando la diferencia de cargas debidas a la nieve entre uno y otro lado de la cúpula es del orden de 146 kg/m^2 , el pivote central de giro experimenta una traslación de 0,30 m lateralmente y como límite superior.

Las correas, metálicas, son laminados espaciados a 2,30 metros. Para arriostrar y dar rigidez se han montado diagonales entre las correas y los nervios principales. Estos arriostramientos solidarizados en la obra por medio de tornillos, se acoplan a cartelas. El haber soldado estas cartelas a los nervios principales en el taller ha supuesto una gran economía y simplificación en el montaje.

sectores
en posición de cierre

Para las maniobras de cierre y apertura los sectores llevan montados unos trenes de ruedas en su base. Cada uno de ellos lleva dos ruedas con doble pestaña, a excepción de las extremidades de las bases intermedias y los extremos de las dos últimas, donde las ruedas son simples. Cada una de estas ruedas, de 75 cm de diámetro, de acero fundido y doble pestaña, está sometida a una carga máxima de 60 toneladas en su propio plano y, además, un esfuerzo transversal de 4 toneladas que han de resistir las pestañas. Al moverse, cada rueda da una reacción de 35 toneladas, un esfuerzo transversal de 2 toneladas que han de absorber las pestañas y otro de tracción de unas 13 toneladas. Cada una de estas ruedas pesa 680 kg y se ha montado sobre chasis de chapa de 55 mm de espesor. El peso del tren de doble rueda y sin motor ni frenos es de 4 toneladas.

Los motores y frenos se han montado entre estos trenes y transmiten sus movimientos a las ruedas por medio de cadenas y catalinas. De estos trenes sólo una rueda es tractora, pero los frenos actúan en todas. En cada extremidad de cada uno de los sectores móviles se ha montado un parachoques hidráulico.

Durante los movimientos, dos de los sectores maniobran simétricamente, y otro tanto sucede a los otros dos pares. Los dispositivos de control regulan los movimientos diferenciales de los distintos pares de sectores. El cuadro de controles e indicadores de seguridad constituye un complicado dispositivo eléctrico.

Controles

Las dos estaciones o puestos de maniobra se hallan situadas: una a un nivel superior al de las localidades reservadas al público, con objeto de tener un amplio campo de observación, y la otra, en el sótano o planta inferior, y están constituidas por unos pupitres donde se hallan los cuadros de mando y control. Estas dos estaciones, unidas telefónicamente, permiten un control riguroso de todos los movimientos de los sectores.

Toda la maniobra de apertura es automática, alcanzando su máxima velocidad, de 1,22 m/s, rápidamente. La maniobra se realiza escalonadamente, pues se inicia con dos sectores, y al tener éstos un 70 % de la velocidad máxima, se inicia el movimiento de otros dos, y otro tanto ocurre con los últimos respecto de los intermedios.

brazo en voladizo

Una serie de lámparas piloto dan la posición de los sectores, lo que permite al operador seguir la maniobra minuciosamente.

Para la tracción de estos sectores se han montado cinco motores de 25, 20 y 10 HP. en los dos superiores, intermedios y bajos, respectivamente.

Brazo soporte del pivote

El pivote central de giro está sostenido por un enorme brazo metálico, en voladizo, que se extiende siguiendo el perfil de la cúpula. Su forma, triangular en sección, se compone de tres nervios principales convenientemente arriostrados. El nervio correspondiente a la parte más baja tiene una sección rectangular de $2,4 \times 5,2$ m. Para seguir el perfil de la cúpula se ha subdividido en trozos.

Sobre este nervio inferior van los otros dos superiores, también subdivididos en trozos y formando cajón de $0,90 \times 1,00$ m de sección. El objeto de estos nervios superiores es el de actuar de tirante.

Así constituido el brazo, anclado a unos 33 m hacia atrás del anillo de base del auditorio sobre un gran bloque de hormigón, ha de ser capaz de absorber los esfuerzos que se concentran en el pivote.

detalle de nudos soldados

Estos esfuerzos, con la cúpula abierta, que constituye el caso más desfavorable, son del orden de 1.500 toneladas para el empuje horizontal y un 3 % de esta carga para la componente vertical.

El arriostramiento de diagonales y elementos formando K son del tipo cajón, de $0,6 \times 0,75$ m de sección, y se han dispuesto de tal forma que pueden resistir favorablemente a los efectos de torsión. Puesto que el nervio inferior se ancla rigidamente en el macizo, la estructura resulta ser hiperestática.

Como los elementos que componen esta estructura son de grandes dimensiones y en ciertos nudos concurren hasta siete de ellos, se comprenderá la dificultad que esto ha planteado. Por todo ello, se hizo un estudio previo de las distintas uniones, así como de las que debían hacerse durante el montaje y las reservadas al taller.

Cuando todos los sectores se hallan empaquetados, es decir, con la cúpula abierta, el brazo sufre un movimiento horizontal de 75 mm y de 15 cm en el sentido vertical. En el caso más desfavorable, con sobrecarga de nieve no equilibrada, este corrimiento, máximo en estas circunstancias, es de unos 30 centímetros.

El nervio inferior tiene roblonados los trozos de que se compone. Su interior, hueco, se ha aprovechado para montar en él una escalera que dé acceso a un torno instalado en el pivote y, además, se ha utilizado para paso de las canalizaciones del alumbrado artificial del auditorium.

Los dos miembros superiores del brazo, sometidos a tracciones, han de resistir esfuerzos del orden de 2.100 toneladas en el caso más desfavorable.

Estructura de hormigón

El anillo circular que rodea al auditorium constituye la base del mismo y la plataforma de apoyo de las tres vías habilitadas para el movimiento y maniobra de cierre y apertura de la cúpula. Una cuarta vía ha sido utilizada para los andamios durante el montaje.

Los dos sectores fijos, que cubren la cuarta parte del auditorio, se han anclado a este anillo de base que, a su vez, descansa sobre 48 soportes.

El anillo tiene una anchura máxima de 6 m y una pendiente de 13° respecto a la horizontal y hacia el interior del auditorium. Para dar libertad a los movimientos de dilatación se han dejado una serie de juntas a lo largo de este anillo.