

PLANETARIOS, POR M. RZ. AVIAL AZCÚNAGA, ARQ.

El planetario es un edificio de carácter pedagógico y popular con forma principal de cúpula, en el interior de la cual se proyecta la esfera celeste con los movimientos aparentes de los astros, aumentando sus velocidades relativas y salvando así el inconveniente de la aparente lentitud de aquellos movimientos en la observación directa. La palabra planetario se aplica también al aparato proyector empleado para representar la esfera celeste.

Sabida es la ignorancia de la gran masa del pueblo en asuntos astronómicos. Varias causas influyen en esto. La mayor parte de los hombres viven en grandes grupos, y cuando por la noche encienden las luces de la ciudad, se deslumbran y es difícil observar el cielo. En cambio, durante el día es el Sol quien nos oculta el cielo estrellado y no se pueden observar las relaciones entre su movimiento y los de los demás astros. Los medios

de enseñanza en las escuelas son muy escasos en este punto. Otra de las principales dificultades es, como hemos dicho antes, la extraordinaria lentitud con que transcurren estos fenómenos.

Ya sabemos que el cinematógrafo, mediante la proyección en "movimiento retardado", hace claramente visibles sucesos que en la naturaleza tienen lugar con mucha rapidez. Precisamente lo contrario se consigue con el Planetario Zeiss, que nos ofrece los fenómenos de un día o de un año en pocos minutos.

Los planetarios surgieron con objeto de ilustrar a las masas en los conocimientos astronómicos.

No hay antecedentes históricos de esta clase de edificios, ya que su desarrollo arquitectónico se inicia en 1913, yendo desde entonces ligado a los perfeccionamientos técnicos del aparato Zeiss.

En 1913, el señor doctor von Miller pidió a la casa Carl Zeiss la fabricación de un modelo del cielo; éste fué instalado en una sala cilíndrica de 12 metros de diámetro y 2,80 metros de altura; en el centro, el Sol, en forma de esfera de cristal con una lámpara incandescente en su interior; los planetas se representaron por esferas más pequeñas, que se movían eléctricamente alrededor del Sol; debajo de la Tierra, y con igual velocidad que ella, se movía una tribuna de observación, la cual daba una vuelta entera sobre el piso en doce minutos (igual a un año). Sentado en la tribuna y mirando por el periscopio se observaba el aspecto del cielo según la estación.

Aunque podían hacerse muchas observaciones con aquella instalación, resultaba imperfecta y muy distinta de la naturaleza; además, las dimensiones de los astros y las distancias entre ellos no guardaban la relación verdadera y se adquiría una idea errónea sobre la cantidad de materia luminosa en el Universo, que es muy pequeña.

El modelo no satisfizo al doctor von Miller, quien propuso a la casa Zeiss que construyese otro modelo que mostrara el cielo tal como lo vemos en la naturaleza. Es decir, quería representar el cielo en el interior de una gran esfera giratoria de chapa, la bóveda de las estrellas fijas (que por efecto de la rotación de la Tierra parece que gira alrededor del eje terrestre prolongado); los planetas, mediante mecanismos especiales, recorrerían sus órbitas aparentes dentro de la esfera.

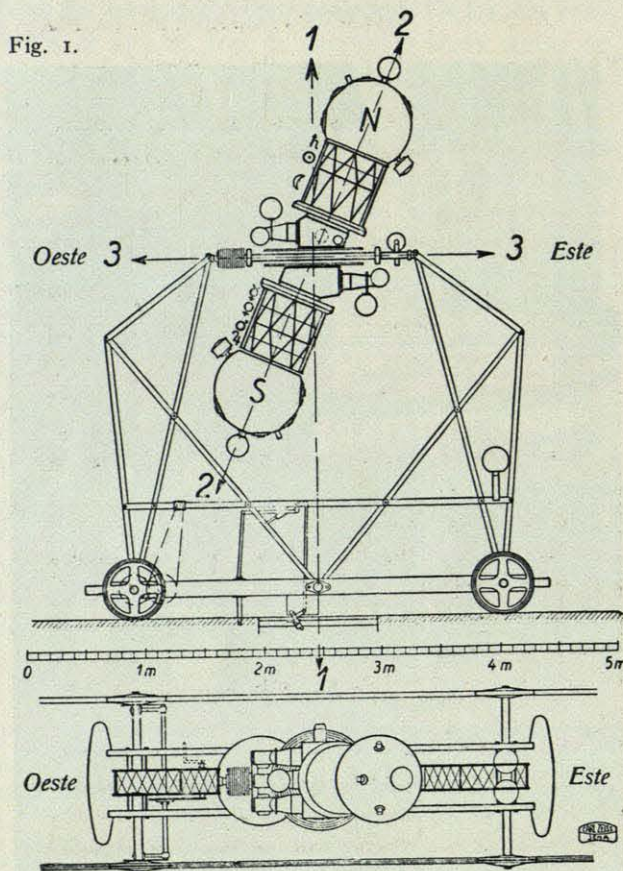


Fig. 1.

Se intentaron varias construcciones sin resultado, hasta que el doctor ingeniero Bauersfeld tuvo la feliz idea de proponer que la gran esfera quedase fija y su interior sirviese de pantalla de proyección para una serie de proyectores móviles colocados en el centro de la esfera, de modo que las imágenes obtenidas reprodujeran en posición y movimiento las estrellas y los planetas tal como acostumbramos a verlos en la naturaleza.

Al cabo de cinco años de duro trabajo se consiguió reproducir una imagen perfecta del cielo en el interior de una cúpula de 16 metros de diámetro, instalada sobre la cubierta de la fábrica Zeiss, superando el resultado todas las esperanzas.

Fundamento y breve descripción del aparato.

Desde la construcción del instrumento de Munich, la instalación se ha perfeccionado notablemente hasta llegar al actual planetario Zeiss, cuyo esquema se reproduce en la figura 1.

El aparato tiene tres ejes de giro: el eje 1-1 o eje polar perpendicular al ecuador terrestre; eje 2-2, eje de la eclíptica, perpendicular al plano de la órbita terrestre, y eje 3-3, que sirve para variar el cielo proyectado, según la latitud geográfica.

Los proyectores de las estrellas fijas están repartidos en las dos semiesferas, norte y sur; entre ellas se encuentra el esqueleto planetario con los proyectores y mecanismos de los planetas.

Por Astronomía sabemos que la inclinación respecto al horizonte del eje polar celeste 1-1 (eje del giro de la tierra prolongado) es igual a la latitud del lugar; girando el aparato alrededor del eje 3-3 se obtiene la representación del cielo para cualquier lugar terrestre, haciendo que la inclinación del eje 1-1 sea igual a la latitud del lugar. Este libre giro alrededor del eje horizontal impuso, para evitar pesos superfluos, una disposición absolutamente simétrica, como vemos en la figura.

Por efecto del movimiento de la Tierra alrededor de su eje, nos parece ver que es la esfera celeste la que gira alrededor de dicho eje prolongado. Para reproducir este movimiento aparente, la instalación es susceptible de girar alrededor del eje 1-1, siendo accionada por electromotores. En la naturaleza, un día dura veinticuatro horas; en el cielo artificial se efectúa el movimiento en cincuenta segundos, 2 ó 4 minutos.

El esqueleto planetario está afectado por el movimiento de giro alrededor de 1-1, puesto que también todos los planetas toman parte en el movimiento aparente diurno de la bóveda celeste. Pero al mismo tiempo, en la naturaleza vemos desde la Tierra al Sol y a los planetas desplazarse respecto a las estrellas como consecuencia de los movimientos de la Tierra y demás pla-

netas alrededor del Sol. También vemos desplazarse a la Luna por efecto de su órbita alrededor de la Tierra. Los mecanismos del esqueleto planetario están dispuestos para reproducir esos movimientos. Sabemos que los planos de las órbitas de los planetas difieren poco del plano de la órbita terrestre; luego el eje de giro propio del esqueleto planetario será el 2-2 normal al plano de la órbita terrestre, que forma con el eje polar un ángulo de 23 grados y medio (inclinación de la eclíptica).

Como los movimientos de los planetas son muy lentos en relación al movimiento diurno, el aparato tiene una disposición que suspende el movimiento diurno y acelera los de los planetas. De este modo, el giro aparente del Sol alrededor de la Tierra se efectúa en siete segundos, un minuto o cuatro minutos. La Luna y los planetas recorren sus órbitas en los tiempos correspondientes.

Dada esta breve idea del instrumento o planetario Zeiss, ocupémonos de lo que más nos interesa, o sea del edificio desde el punto de vista arquitectónico; del funcionamiento y de la construcción.

Emplazamiento.

Es conveniente la situación en lugares de fácil acceso, dada la gran cantidad de personas que pueden acudir a las representaciones. Lo más conveniente es que estén aislados, con lo cual gana también su aspecto arquitectónico.

La mayor parte de los construídos han sido emplazados en jardines o parques públicos o en terrenos de exposiciones.

Utilización de los planetarios.

Además del fin principal, o sea la representación de los astros y de sus movimientos, pueden utilizarse para otros fines. El instrumento va montado sobre un carro y puede correrse a un lado en muy poco tiempo; a veces se esconde en un cuarto especial a este objeto; en algunos planetarios, el aparato se hunde y deja libre la sala.

Esta puede servir para dar *conferencias con proyecciones*, empleando la cúpula de tela como magnífica pantalla de proyección.

También se usan muchas veces los planetarios para *funciones cinematográficas*. Realmente, las representaciones celestes son verdaderas sesiones de cine instructor.

Otro de los usos de los planetarios es como *sala de conciertos*; las disposiciones especiales que se adoptan en los planetarios siempre, para obtener un buen efecto acústico, permiten celebrar con perfecto éxito audiciones musicales.

Zeiss-Planetarium

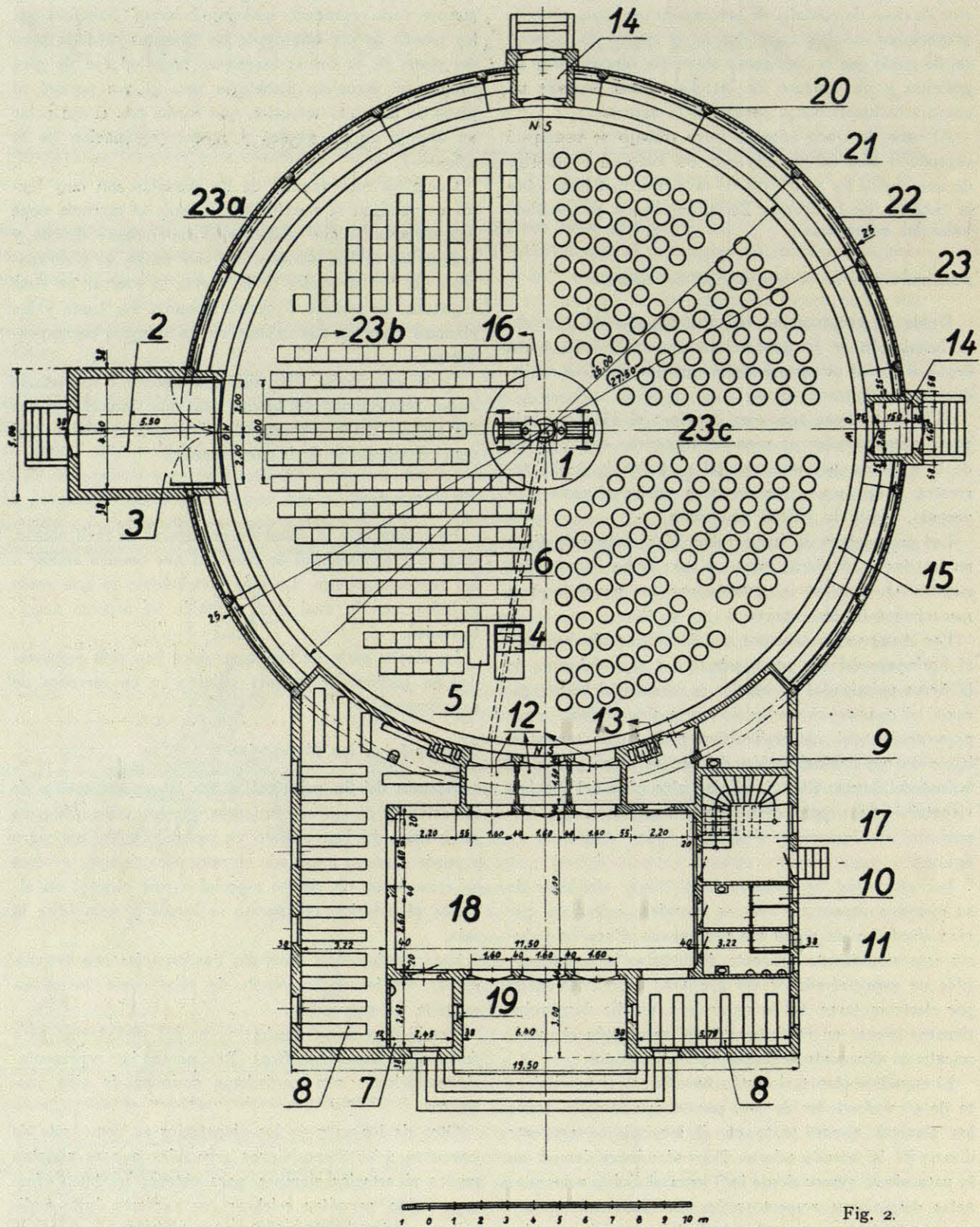
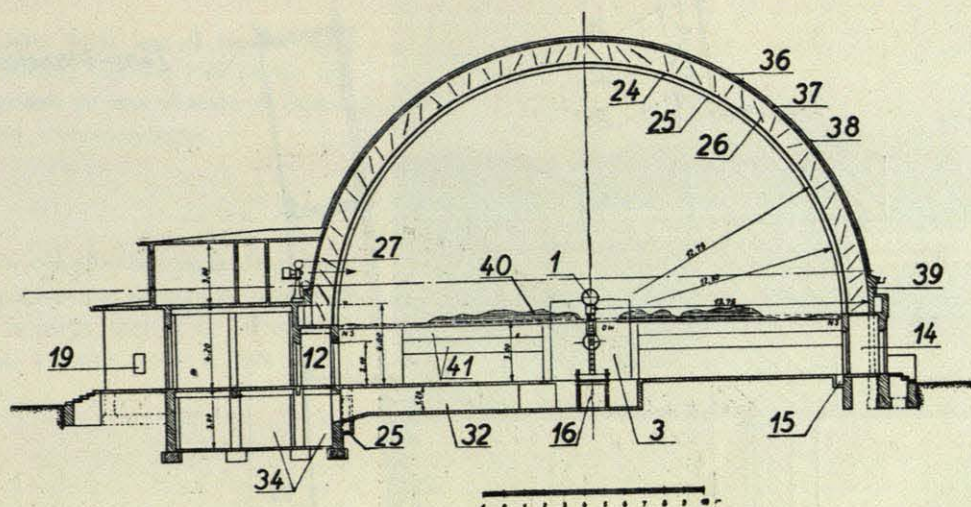


Fig. 3.



Programa.

El programa es análogo al de un local de espectáculos; vestíbulo de entrada con las taquillas; vestíbulos o salas de descanso con los servicios de guardarropa, bar W. C. y urinarios; gran sala o cámara del Planetario, de planta circular, diámetro aproximado de 25 metros, cabida para unas 600 personas; local para alojar el instrumento cuando el edificio se destine a otros usos; cuarto para el orador, y para las artistas si se dan conciertos; cabina cinematográfica; oficina administrativa; locales de calefacción y ventilación; transformador y cuadro de distribución. Algunos planetarios tienen además otros locales, como museo, biblioteca y sala de lectura.

En las figuras 2 y 3 se reproducen la planta baja y la sección del proyecto tipo propuesto por la casa Zeiss como resultado de la experiencia adquirida en la construcción y explotación de los planetarios hoy existentes. La figura 4 es un detalle de la sección.

Construcción de la cúpula.

En la mayoría de los planetarios la cúpula está desdoblada en dos: una exterior y otra interior; ésta sirve sólo para sostener la pantalla; tiene este sistema varias ventajas, principalmente, como luego veremos, porque permite obtener excelentes condiciones acústicas que serían difíciles de conseguir con cúpula esférica única; además, hace que la pantalla sea independiente de la construcción y permite que la cúpula externa no sea semiesférica, con lo cual el aspecto arquitectónico exterior puede ser el que más convenga en cada caso.

La construcción de la cúpula exterior maciza de 25 metros de diámetro constituía un problema, porque en los sistemas conocidos de ejecución de cúpulas macizas, al llegar a tan gran diámetro, aumenta mucho el peso

propio, lo que supone un gasto enorme de material, al tiempo que aumentan las dificultades de ejecución.

Al doctor ingeniero Bauersfeld se debe la invención del nuevo sistema de cúpula maciza de hormigón con malla de hierro, que permite construirla con un mínimo de material y jornales.

Las barras de hierro que forman el enrejado de la malla son de sección rectangular de 22 por 8 milímetros y tienen unos 60 centímetros de longitud; cada 5 ó 6 de estas barras van unidas por los extremos mediante tornillos tensores; éstos constan de dos discos metálicos y un solo tornillo. En el planetario de Jena, que fué donde primero se empleó este sistema para cúpulas de 25 metros de diámetro, las barras se acoplaron fácilmente en ocho días por solo cuatro obreros, mediante un andamio giratorio colocado en el interior. El enrejado se rellena con alambres.

La superficie interior se reviste con tablas de entarimado y se proyecta desde fuera el hormigón por el procedimiento Torkret de aire comprimido.

Para proteger la cúpula de la temperatura se emplean diversos procedimientos. En el de Jena se colocaron primero placas de piedra corcho "Expansit", y como revestimiento exterior, dos capas de Ruberoid.

En las fotos se sigue la evolución constructiva de la cúpula en el planetario de Jena.

El gráfico del profesor Gehler es muy interesante. Compara los pesos de las cúpulas macizas en función de la luz; la curva I marca el peso de las viejas cúpulas macizas, como la de San Pedro, en Roma; la curva II corresponde a las modernas cúpulas de cemento armado, como la de la Sala de Fiestas de Breslau, y la curva III nos da el peso de las cúpulas Zeiss de malla empleadas en los planetarios, y que, naturalmente, pueden construirse en otras clases de edificios.

Como dato sorprendente de la ligereza de la cúpula

Zeiss-Planetarium

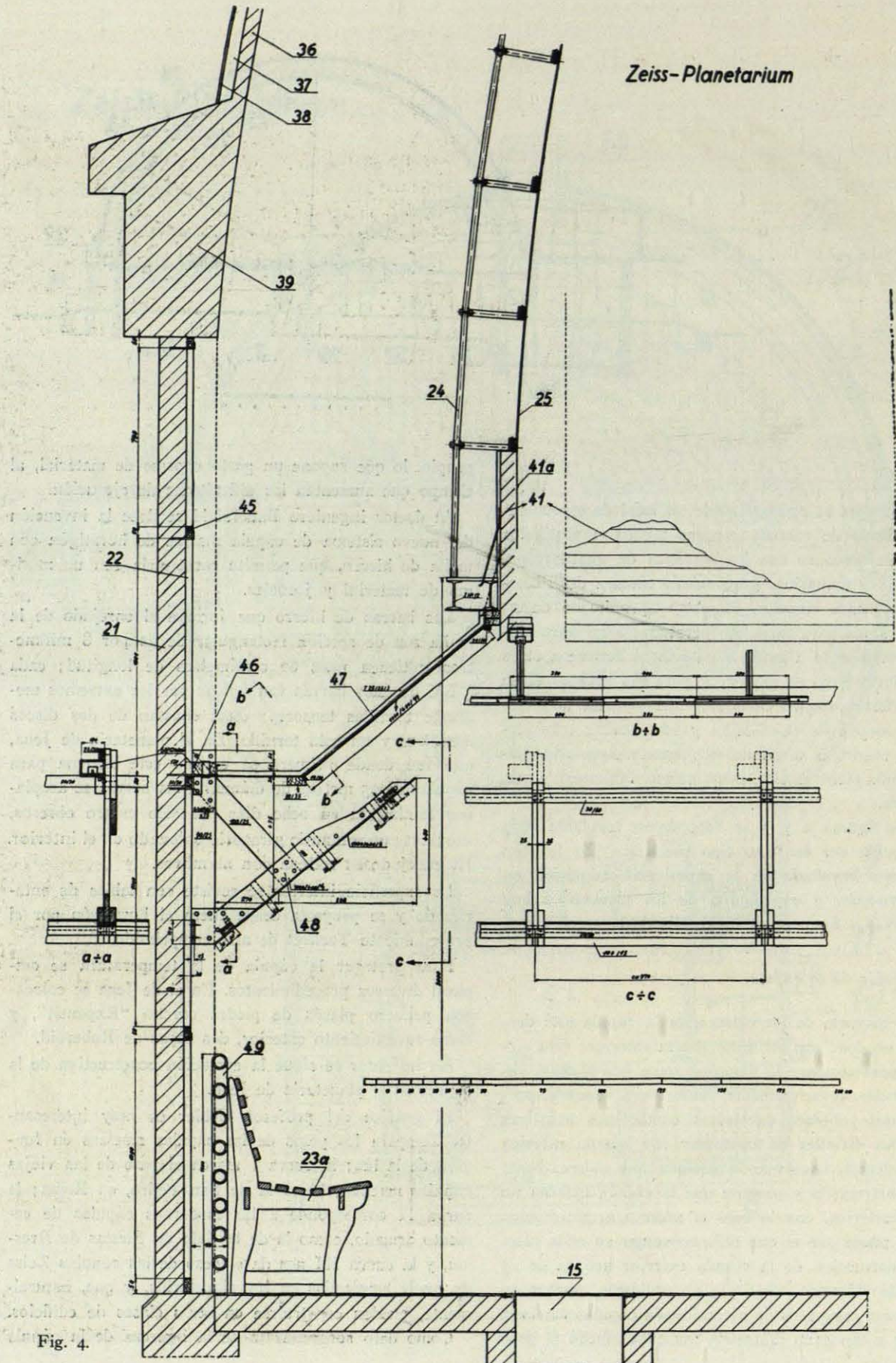


Fig. 4.

en el planetario Jena, basta decir que el espesor total es la 250ª parte del diámetro, relación aún menor que la que existe entre el grueso de una cáscara de huevo de gallina y el diámetro correspondiente.

Cúpula interna.

La cúpula interior está constituida solamente por barras de hierro análogas a las que forman el núcleo de la cúpula exterior. En la parte interior de la malla se fijan listones de madera, y sobre éstos, la tela blanca por fajas horizontales.

Sala del planetario.

Como ya hemos dicho, la sala debe tener la forma de una semiesfera para dar la sensación de la bóveda celeste, teniendo en cuenta las condiciones de la proyección óptica. Después de varios ensayos se ha determinado como más conveniente diámetro una longitud de 25 metros aproximadamente. En cuanto pasa de 8 metros la separación entre el observador y la pantalla, el ojo aprecia difícilmente las distancias en el espacio obscuro y se tiene una sensación análoga a la del verdadero cielo de estrellas fijas. Cuanto mayor sea el diámetro, más aumentará esta sensación y mayor será la capacidad de espectadores; pero el aumento de diámetro está limitado por dos razones: el excesivo gasto de construcción y la imposibilidad de reforzar arbitrariamente la luminosidad de los proyectores.

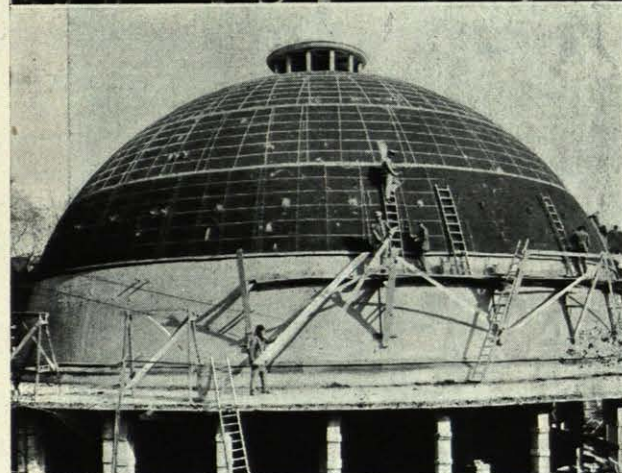
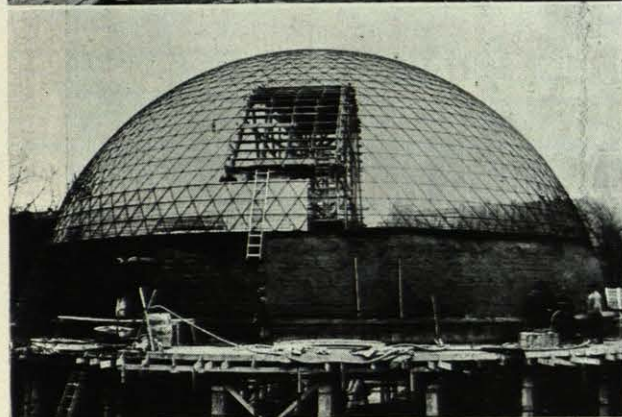
Teniendo en cuenta estas circunstancias se ha comprobado ser lo más conveniente, como hemos dicho, el diámetro de 25 metros; la capacidad resulta ser aproximadamente de 600 personas.

Aislamiento de la sala.

Las entradas deben ser por puertas dobles; de este modo pueden entrar y salir personas durante la representación sin que la luz que penetre lateralmente moleste a los espectadores.

Buena acústica de la sala.

El conseguir buena acústica en una sala semiesférica tiene dificultad. Si la sala tiene cúpula única y suponemos al conferenciante cerca del centro, los sonidos se reflejan y convergen formando otro foco acústico cerca del primero y produciendo el efecto de un segundo orador que repitiera las palabras del otro; en cúpulas grandes, el intervalo entre los dos oradores es



1-4. NUEVO PLANETARIO DE JENA. CONSTRUCCION DE LA CUPULA POR SISTEMA ZEISS DE MALLA

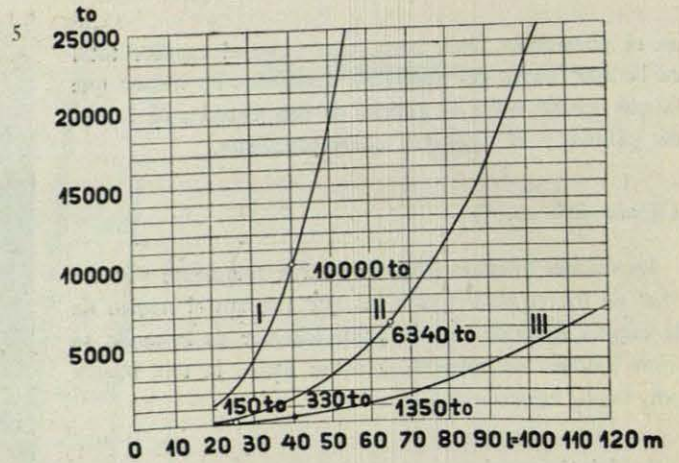
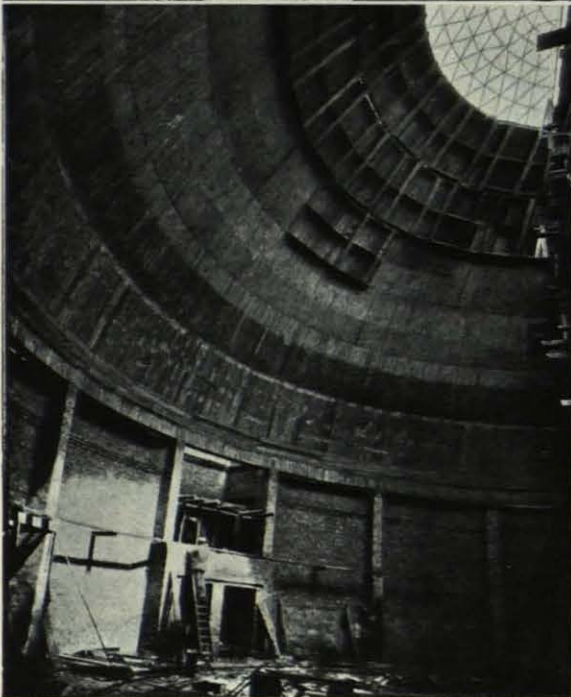
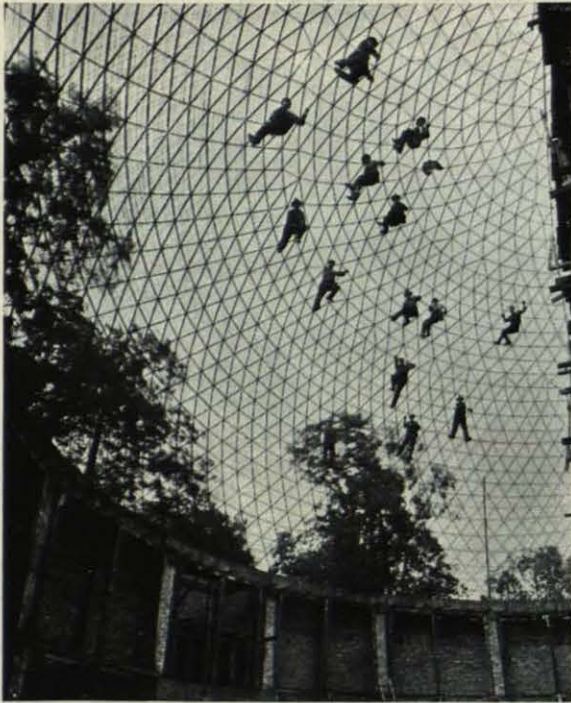


GRAFICO DEL PROFESOR GEHLER

suficiente para que la confusión de los espectadores sea completa.

- 6
- Empleando para la cúpula de malla un lienzo fino, éste no refleja más que un 10 por 100 del sonido que recibe; el 90 por 100 restante atraviesa la tela, y con objeto de dispersarlo se montan entre las dos cúpulas chapas finas de hierro (tres cuartos de milímetro de espesor) que reflejan irregularmente las ondas acústicas e impiden la formación de un foco sonoro. Las condiciones acústicas de la sala resultan buenas.

Manera de explicar.

- 7
- Toda representación celeste va acompañada de explicaciones dadas por un conferenciante. Este tiene su tribuna colocada al lado del instrumento y a su alcance un cuadro de distribución con los mandos para los movimientos de los astros; y puede también acomodar la iluminación a las explicaciones. En la mano lleva un indicador luminoso, con el cual proyecta una flecha débilmente iluminada en cualquier punto de la bóveda celeste sobre el que quiera dar una indicación.

Antes de las representaciones suele haber explicaciones preliminares, para las que se emplea un aparato especial proyector de diapositivas: el epidiascopio Zeiss.

Modo de disponer los asientos.

Deben ser cómodos, separados 20 centímetros aproximadamente para que los espectadores puedan volverse 90 grados y observar fácilmente hacia las distintas direcciones del cielo.

Hay dos maneras de colocar los asientos: una consiste en disponerlos en círculos concéntricos alrededor del instrumento. La dirección normal de la vista es hacia Este; pero las distintas partes del cielo son vistas de

5. PLANETARIO EN EL ZOOLOGICO DE BERLIN

6. PLANETARIO DE JENA.

7. PLANETARIO EN EL ZOOLOGICO DE BERLIN.



manera diferente, según la situación de los espectadores.

Los visitantes situados al Norte, por ejemplo, verán los fenómenos que ocurran en la parte Sur, y forzados los que sucedan en la parte Norte. Teniendo en cuenta que las mismas personas visitan varias veces el planetario, hay posibilidad de ver cómodamente en varias visitas todas las direcciones celestes.

El sistema visto no sirve si la sala ha de emplearse para otras representaciones, por ejemplo: conferencias con proyecciones. Entonces se adopta la siguiente disposición, que ha dado buenos resultados:

En la mitad Norte de la sala los asuntos se colocan en filas paralelas a la dirección Este-Oeste, de modo que los espectadores miren al Sur durante la representación del cielo de una latitud boreal. En la parte Sur los asientos se disponen paralelos a la dirección Norte-Sur, de modo que los situados al Este miran hacia el Oeste, y los situados al Oeste miran al Este. Esta disposición tiene la ventaja de que se mira cómodamente hacia el Sur, dirección principal en que se efectúan los movimientos del Sol, la Luna y los planetas.

Alumbrado.

Las lámparas hay que montarlas a cubierto. Se suele hacer un alumbrado de luz indirecta, colocando las lámparas con reflector en la parte inferior de la pared externa e invisibles a los espectadores. La luz es proyectada sobre la parte opuesta del lienzo.

Las lámparas se deben acoplar en tres series para poder debilitar gradualmente la luz de la sala antes de la representación y acostumar los ojos a la oscuridad.

Calefacción y Ventilación.

La calefacción se ha instalado unas veces aislada y otras combinada con la ventilación. En el planetario de Jena se instaló una pequeña central de vapor a baja presión al lado del edificio; los radiadores, alrededor de la sala en la pared exterior.

Para la ventilación que es necesaria cuando la sala está totalmente ocupada, debe colocarse el ventilador a bastante distancia, para evitar ruidos molestos durante la representación. En el de Jena, el aire exterior puro, previamente calentado, es impulsado por el ventilador a lo largo de un canal especial y sale por aberturas en el piso de la sala. El aire viciado se extrae por bocas de ventilación dispuestas en la pared exterior cerca del piso.

Consumo de corriente eléctrica.

Para el instrumento, 4 kilovatios, corriente alterna. Para el epidiascopio, 6,5 voltios, 30 amperios, 1,9 kilovatios, corriente continua.

Para el alumbrado de la sala, 2,5 kilovatios, corriente alterna. (Este consumo en el de Jena.)

EXPLICACIONES A LOS NUMEROS DE LAS FIGURAS 2, 3 y 4

- 1 Planetario Zeiss. (Designación telegráfica: ASES-PLAN.)
- 2 Carriles para el planetario.
- 3 Local para la conservación del instrumento cuando se destine el edificio a otros usos.
- 4 Tribuna para el orador con el cuadro de distribución.
- 5 Epidiascopio Zeiss.

- 6 Túnel para la conducción eléctrica.
- 7 Caja (taquilla).
- 8 Guardarropa para 450 personas.
- 9 Cuarto para el orador.
- 10 Retrete para señoras.
- 11 Retrete para caballeros.
- 12 Entrada con puertas dobles.
- 13 Entrada para el personal de servicio.
- 14 Salidas para casos de alarma con puertas dobles.
- 15 Túnel para los tubos de la calefacción y ventilación cubierto con palastro perforado.
- 16 Salida del aire frío y zanja de montaje cubierta con palastro perforado.
- 17 Escalera.
- 18 Vestíbulo.
- 19 Taquilla.
- 20 Columna de hormigón armado.
- 21 Mampostería de medio ladrillo de espesor.
- 22 Aislamiento interior de corcho de tres centímetros de espesor.
- 23 a Banco.
- 23 b Sillas fijas con asientos plegables (como las de los planetarios de Berlín y Leipzig).
- 23 c Sillones redondos con respaldo y brazos (como en el planetario de Jena).
- 24 Cúpula interior de enrejado especial, 1.020 m².
- 25 Cúpula de lienzo, 982 m², de lienzo blanco tupido de buena calidad y del menor peso posible. En Jena fué utilizada la marca Linon (marca registrada), de la casa F. V.

Grünfeld, Berlín. La casa Dyckerhoff & Widmann, A.-G., Wiesbaden-Biebrich suministrará muestras a quien las solicite.

- 26 Láminas de palastro, en número de 800, cada una de 2 m² de superficie y 3/4 mm. de espesor, para amortiguar el sonido.
- 27 Aparato cinematográfico.
- 32 Túnel para la conducción de aire.
- 34 Locales para la calefacción, ventilación y depósitos de carbón.
- 36 Cúpula externa de enrejado especial hormigón armado.
- 37 Aislamiento de corcho de 5 cm. de espesor.
- 38 Cubierta de tejado de Ruberoid.
- 39 Anillo tensor, de hormigón armado.
- 40 Siluetas del horizonte.
- 41 Palastro barnizado negro brillante.
- 41 a Palastro barnizado blanco mate.
- 45 Listoncillos de madera sobre pletinas ancladas en la mampostería.
- 46 Bloque de madera para sujeción de los hierros T; soporte de las láminas superiores de palastro barnizadas en negro.
- 47 Lámina superior de palastro, barnizada en negro, de dimensiones 1.000/400/1/2 mm., y hierro T de dimensiones 25/25/3.
- 48 Lámina inferior de palastro con ménsula de madera, barnizada en negro, de dimensiones 1.000/400/1/2 mm.
- 49 Radiador.