

Fotografía de Fdo. Román.

La Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas fue requerida hace algún tiempo para hacer los estudios de una iluminación racional, que permitiera el desarrollo de espectáculos nocturnos en nuestro principal Estadio.

En el desarrollo de este proyecto tomaron parte los siguientes colaboradores:

Ingeniero Santiago Arias en el diseño y cálculo de la estructura.

Maestranza Maipú en la construcción e izado de las torres.

ILUMINACION DEL ESTADIO NACIONAL

Texto de Fernando Román, ayudante del IEE.

Philips Chilena S. A. en el proyecto de iluminación, suministro y montaje de las lámparas.

TORRES DE ILUMINACION DEL ESTADIO NACIONAL

La forma y envergadura excepcionales de los elementos construídos, necesarios para sustentar el avanzado sistema de iluminación, dieron lugar a aspectos de interés durante su estudio y realización.

DISEÑO Y CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS

El sistema de iluminación y sus elementos soportantes siguen la solución piloto que Philips aplicó en el Estadio de Eindhoven, Holanda, donde está emplazada su fábrica principal. La instalación del Estadio Nacional supera a esa primera realización en altura de las torres y capacidad de iluminación.

El Ministerio de Obras Públicas inició los estudios de esta obra a mediados de 1961 programándose el plazo de entrega en un año. La brevedad de este plazo aconsejó la realización de una forma sencilla. La consideración anterior fue uno de los factores que decidió la ejecución de las estructuras tubulares cónicas. Su forma se consideró, además, armónica con la arquitectura del estadio.

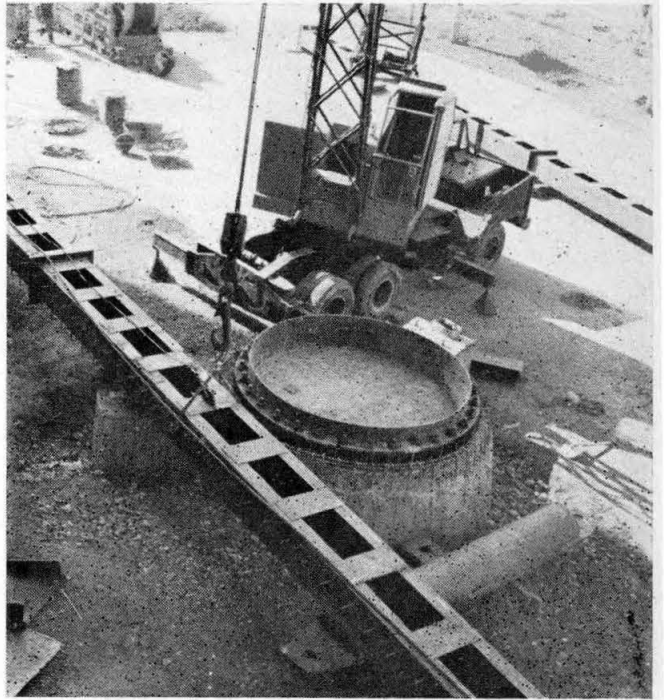
Se planteó como variante de solución una torre de entramado metálico cuya base se calculó aproximadamente en 10 x 10 m. Esta estructura presentó inconvenientes formales y

ocupaba una gran superficie por lo que fue desechada.

Las cuatro torres de iluminación construídas tienen una altura máxima de 54 m. que es más del doble de la baranda exterior más alta de las graderías del Estadio, las cuales tiene 21 metros. El fuste de las torres tiene forma tubular cónica con diámetro 2,50 m. inferior y 1,50 m. superior. El espesor de las planchas de acero utilizadas en la construcción de las torres es de 12 mm en la parte inferior, 8 mm. en la parte media y 6 mm. en la parte superior, (ver plano).

Las baterías de reflectores de cada torre está ubicada en un tablero metálico que tiene una dimensión de 7 m de alto por 9 m de ancho y está constituido por perfiles y planchas de acero. Cada panel sustenta 84 reflectores de 1.500 W cada uno, distribuidos en 7 corridas de 12 reflectores. Existe en cada panel un puente de operaciones de 9 por 2 m.

Fotografía de Joseph Alsina



Esta estructura tiene en su interior una escalera de acceso fraccionada con 8 plataformas de descanso.

Las bases de cálculo de la estructura son las siguientes:

Se usó acero A37-24 ES, toda la estructura es soldada.

Viento en la pantalla 80 kg/m² proyección vertical.

Viento en el fuste 70 kg/m² proyección vertical.

Coefficiente de forma en la pantalla 1,2

Coefficiente de forma en el fuste 0,7.

Coefficiente de succión en la pantalla 0,4.

Coefficiente de succión en el fuste 0,4

Coefficiente sísmico 15%.

Peso propio 26.000 kg.

Máximo momento de flexión debido al viento 380 tm.

Fatiga máxima en la plancha 793 kg/cm²

Fatiga máxima admisible en la plancha 850 kg/cm².

Se colocaron 32 pernos de acero A52-34 de anclaje de la torre en su fundación de hormigón armado, de diámetro 50 mm y largo 3 m.

El esfuerzo de torsión (torque) para el apriete de las tuercas en el anclaje de fundación fue de 250 kgm.

La fundación consiste en una placa de hormigón armado de 70 cm. de espesor y 7,50 m. de diámetro, y de un pedestal central macizo tronco cónico de diámetro inferior 5,0 m y superior de 3,25 m. La cota de fundación es de 4,10 m. Fatiga máxima de trabajo del terreno 5,0 k/cm² y coeficiente de estabilidad lateral de 1,84.

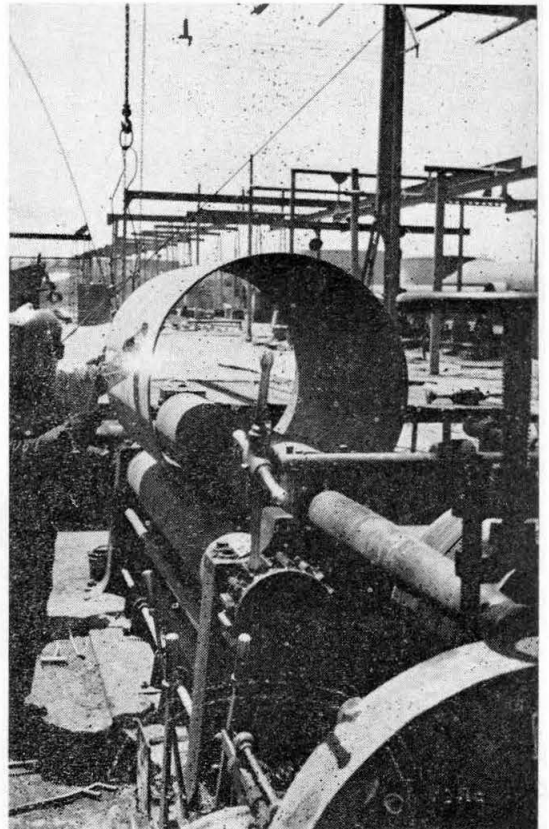
CONSTRUCCION Y MONTAJE

La Dirección de Arquitectura del M.O.P. solicitó propuestas para la construcción de las torres de iluminación, resultando favorecida la firma Maestranza Maipú.

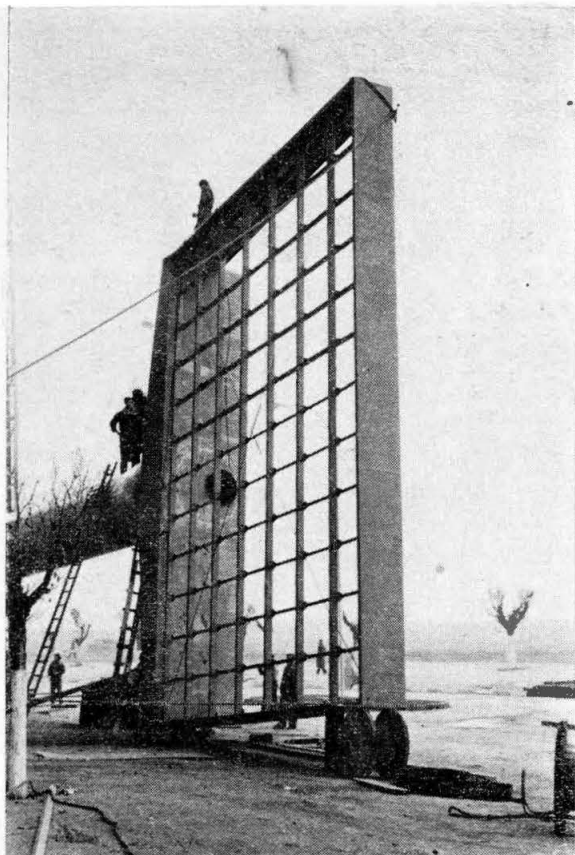
La propuesta incluyó especificaciones de los métodos de construcción, materiales, pruebas de

resistencia, soldaduras, radiografías de soldaduras, protección, etc., que serían exigidos en el proceso de fabricación de la estructura.

Se realizó el fuste de la torre en segmentos de 3 m de longitud. El trazado y doblado de estas secciones tronco cónicas exigieron cui-



Fotografía de Fdo. Román



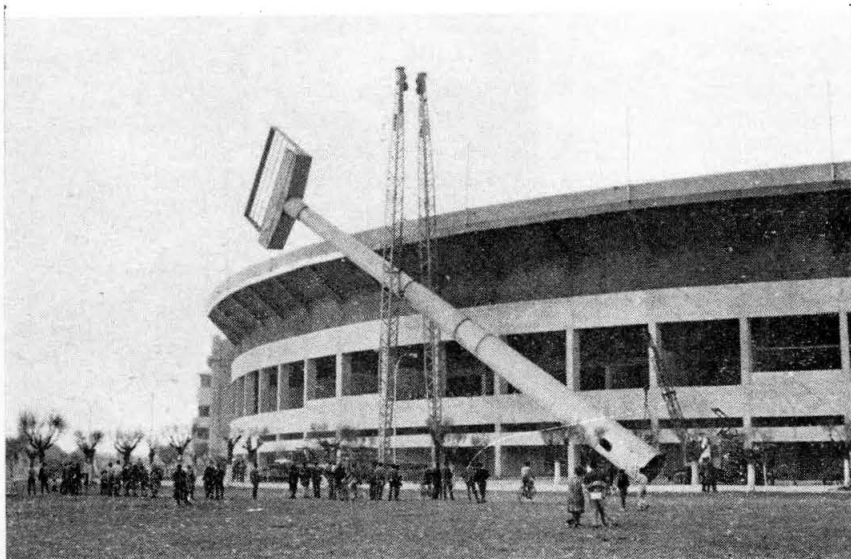
Fotografía de Joseph Alsina

dados especiales. El desarrollo de dichas secciones origina una figura de cuatro lados similar a un trapecio isósceles en el que las bases tienen una leve curvatura (de radio igual a la generatriz del cono, alrededor de 105 m.). Para el trazado de estas curvas de gran radio no fue posible emplear un sistema directo por lo cual se apeló a un método artesanal de cuerdas y flechas. Es necesario hacer notar que el trazado de dichas curvas exigía precisión por cuanto su junta debía ser posteriormente soldada al arco.

El doblado de la plancha se realizó en una máquina para tubos cilíndricos que se adaptó especialmente. Esta máquina consta básicamente de tres cilindros de ejes paralelos que giran a igual velocidad y cuyas distancias entre sí regulan la curvatura del tubo. La forma cónica del fuste de las torres de iluminación hizo necesario disponer los cilindros con separaciones diferentes en ambos extremos para producir la conicidad.

Las soldaduras se realizaron según lo especificado en la propuesta por medio de arco eléctrico automático sumergido y según la indicación del cálculo. La realización correcta de las soldaduras se comprobó mediante radiografías cuya inspección estuvo a cargo de la Compañía de Seguros "Lloyd de Londres".

El fuste del tubo cónico fue soldado en dos tramos de 20 m. de longitud aproximada sometiendo a un proceso de protección antióxido de galvanizado en frío.



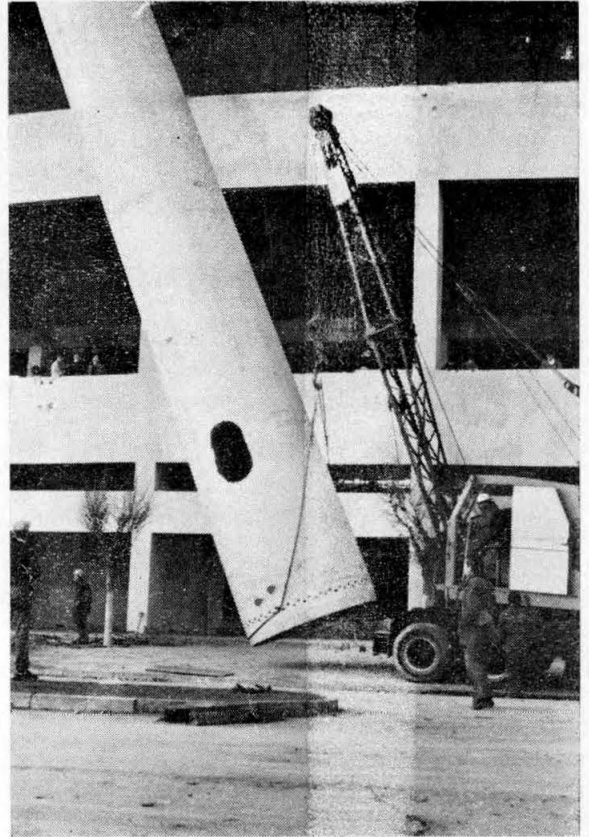
Fotografía de Joseph Alsina

En esa etapa se trasladaron las estructuras al Estadio Nacional, soldándose a mano las dos secciones del fuste; además se agregó el tramo en forma de cono invertido superior, se armó y anexó el panel de los reflectores, galvanizando las zonas aún no protegidas. Finalmente se cubrió toda la estructura con pintura protectora anticorrosiva.

Paralelamente se habían realizado las fundaciones de las torres, con las características ya descritas, en las cuales se dispuso un anillo superior en que se apoyaría y soldaría posteriormente el tubo.

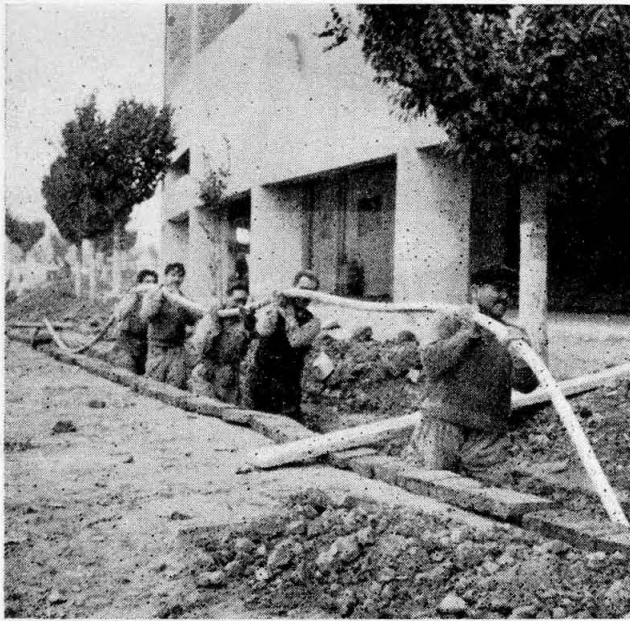
Restaba una de las etapas más interesantes por su novedad lo cual daba incertidumbre a su resultado, se debía erigir las enormes torres de 52 m. de largo y 26 toneladas de peso, a su posición vertical definitiva. Esta faena se realizó con todo éxito con la participación de técnicos y equipo especializado de ENAP.

El proceso de izado consistió en levantar la estructura desde aproximadamente su centro de gravedad mediante dos torres auxiliares mantenidas en posición con cables. Para hacer la operación de izado a partir de la posición horizontal sin producir el colapso de la estructura, que en sí es sólo una cáscara delgada, fue necesario colocar refuerzos interiores provisionales los cuales fueron retirados cuando la estructura estuvo en su posición definitiva. La energía necesaria para levantar la estructura se proveyó con la tracción de dos grúas móviles de 30 toneladas. Además se utilizó una grúa móvil de 18 toneladas para guiar el desplazamiento del extremo inferior de la torre hacia la base.



Fotografías de Joseph Alsina





Fotografía de Joseph Alsina

SISTEMA DE ILUMINACION

El M.O.P. aceptó de Philips Chilena S. A. la instalación de un nuevo sistema de iluminación basado en las cuatro torres ya descritas.

La altura de las torres se determinó por la pendiente de 63° que debe tener el rayo de proyección central de los reflectores en el centro del campo de juego, y que está determinado por el ángulo visual en cualquier punto de la cancha.

Los 84 reflectores con ampollitas de 1.500 W cada torre, en total 336 reflectores con un consumo de 504 KWH, están alimentados con 220 V desde una sub-estación instalada cerca de cada torre. Estas sub-estaciones están ali-

mentadas por intermedio de un cable subterráneo de alta tensión que está conectado a la línea aérea de alimentación de 12.000 V de la Compañía Chilena de Electricidad.

En cada sub-estación están instalados interruptores blindados de alta tensión, un transformador de 160 KVA y un tablero de distribución de baja tensión con sus interruptores y sistema automáticos de control. Cada sub-estación es accionada por medio de control remoto desde una cabina de comando ubicada en la torre sur del Estadio.

Debido a que las fluctuaciones de voltaje influyen en la duración de las ampollitas, disminuyéndola, la alimentación en alta tensión está provista de un regulador automático de alta tensión que la mantiene constante.

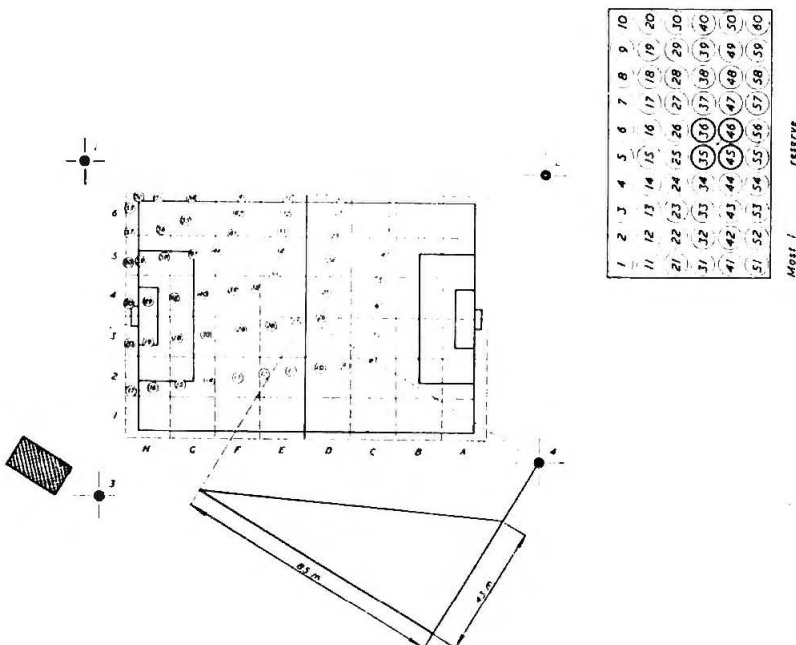
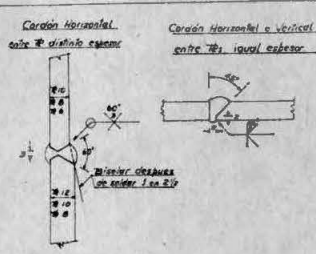
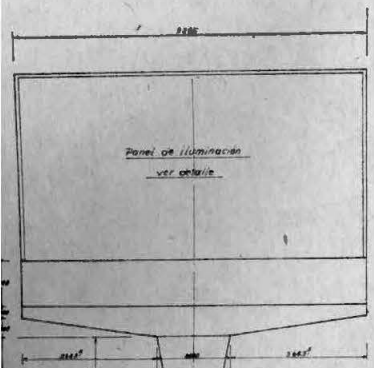
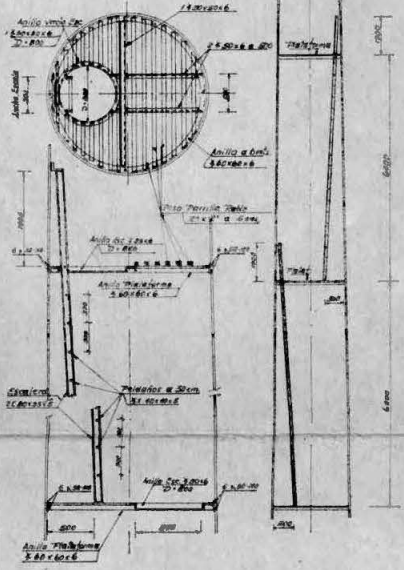


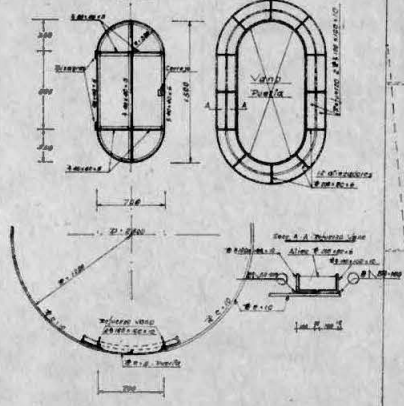
Diagrama de distribución de los haces luminosos de una torre y el ángulo de incidencia. Estadio de Eindhoven.



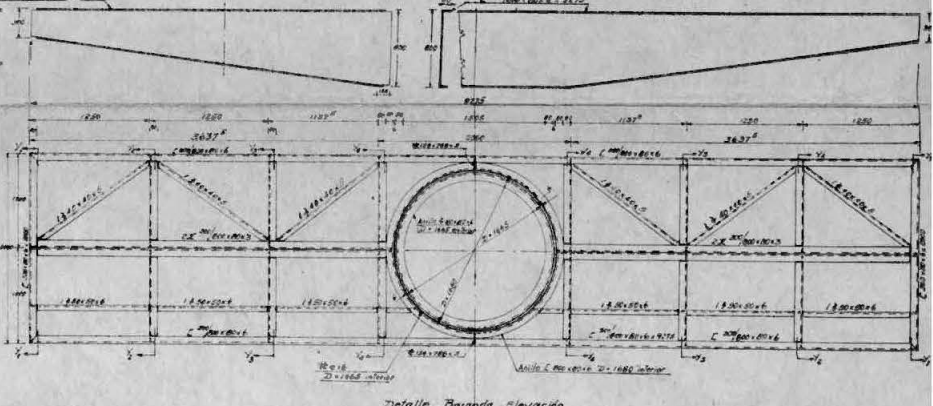
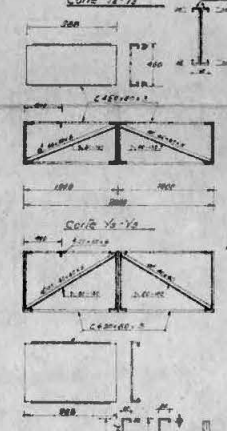
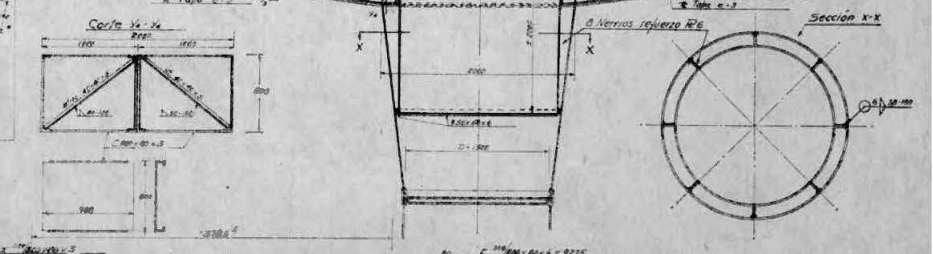
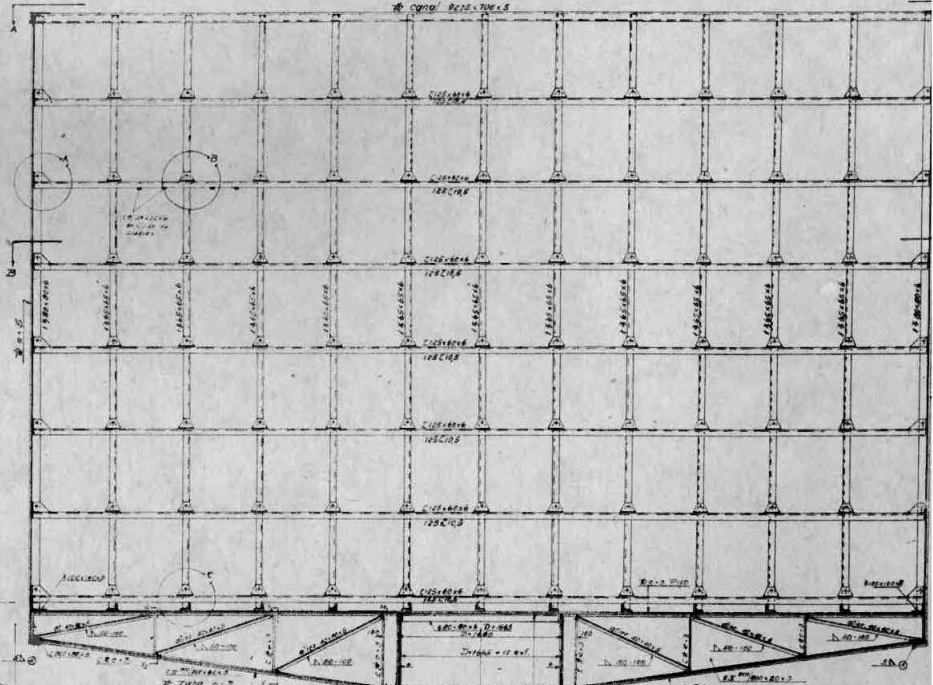
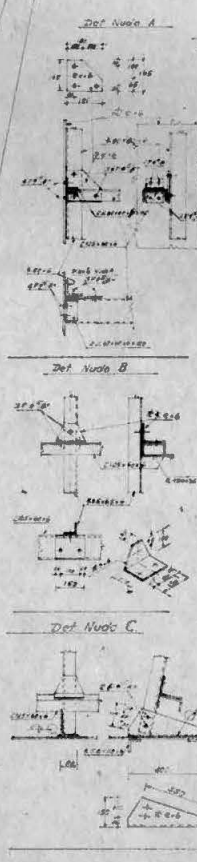
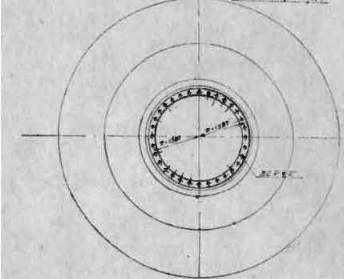
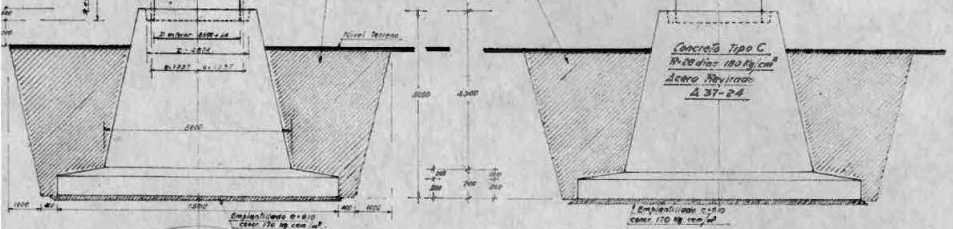
Detalle Plataformas a 6m y Escalera interior
Del Plataforma



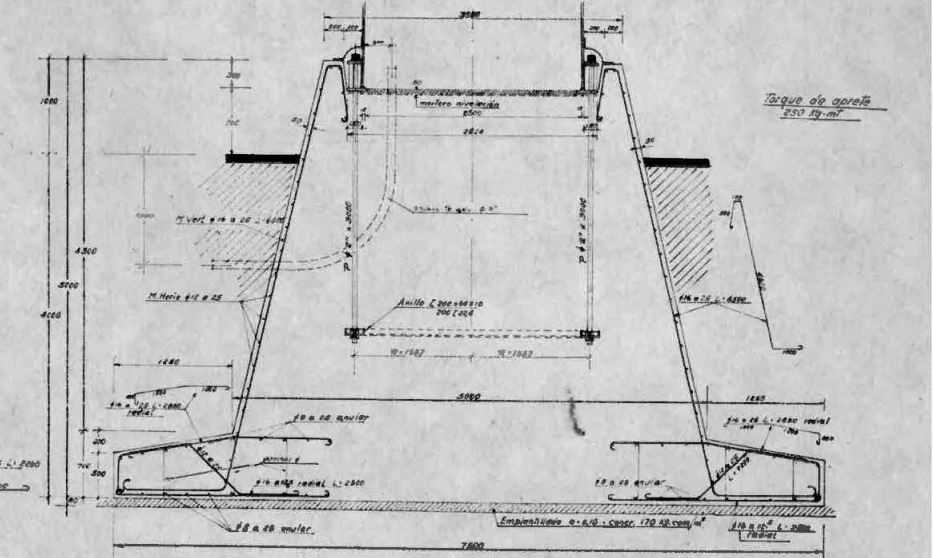
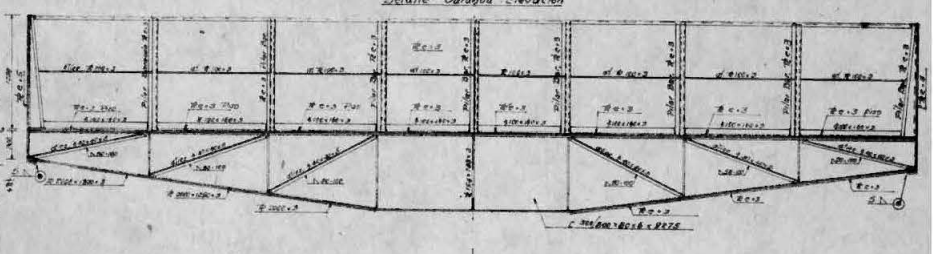
Detalle Vano y Puerta entrada a la Torre
Del Vano



Detalle con fierros excavación del concreto



Detalle Baranda Elevación



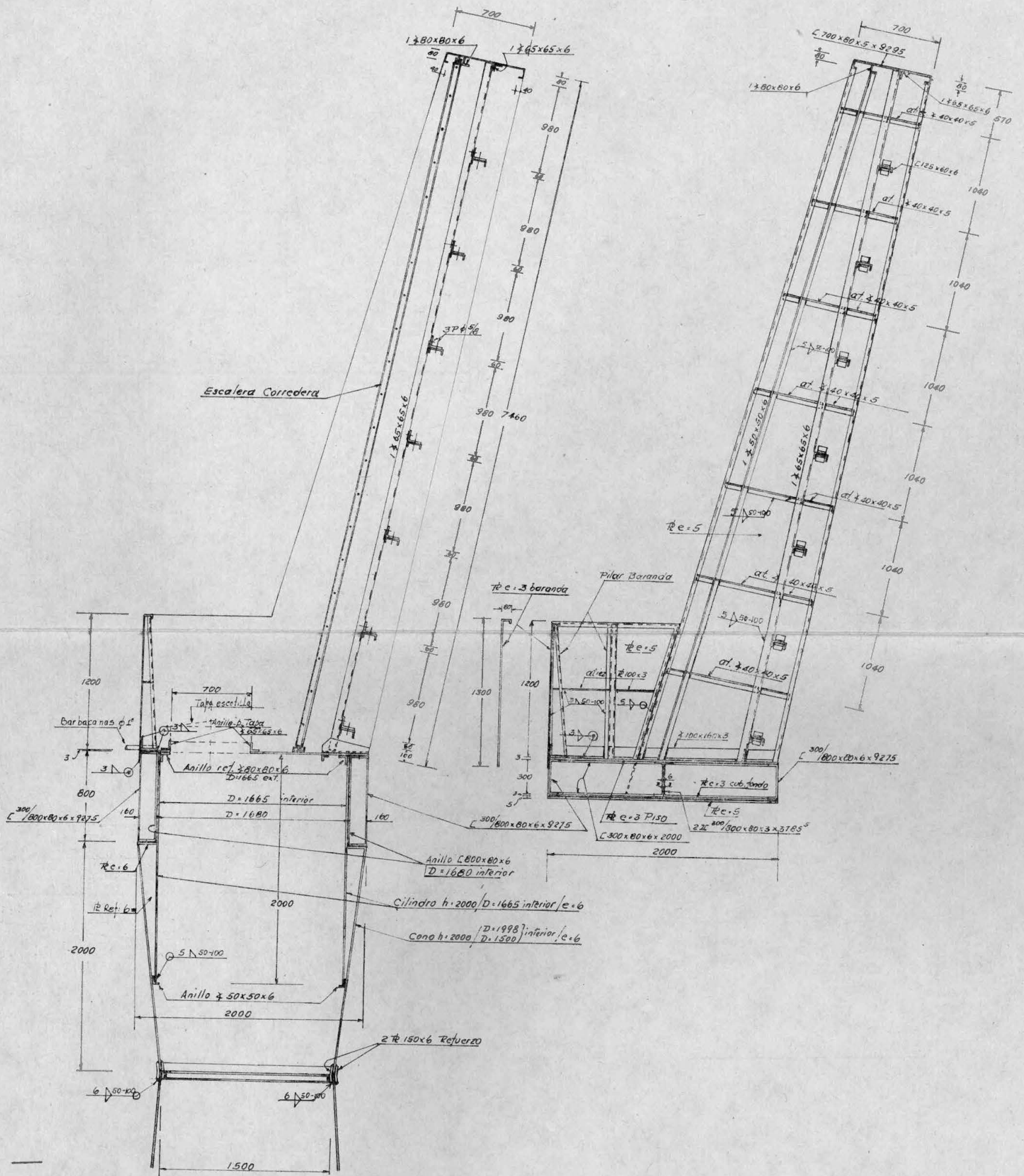
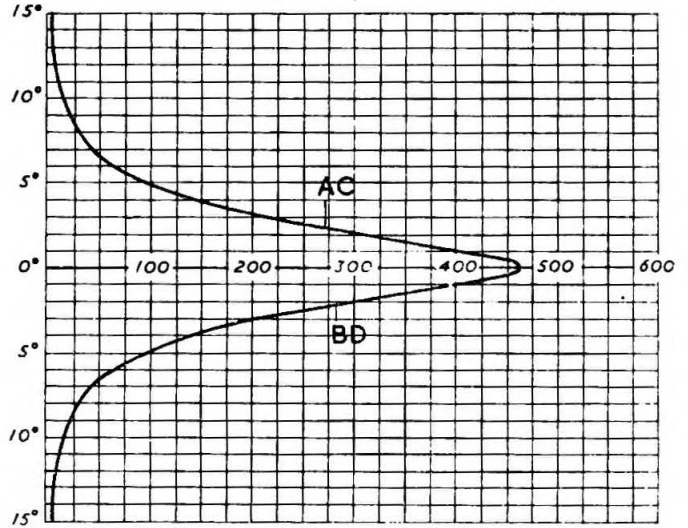


Diagrama de distribución de luz del reflector NV 35 en miles de cd.



La conexión de los reflectores en la parte superior de esta torre se efectúa mediante paneles de distribución blindados de tipo intemperie, cada uno montado en su correspondiente Rack.

Los reflectores usados son del tipo NV 30 de Philips para iluminación a grandes distancias, se le puede usar con ampolletas incandescentes de filamento concentrado de 1.500 y 2.000 W, el reflector está diseñado para resistir severas condiciones climáticas, su haz de luz puede ser concentrado, medio o amplio según la ampolleta usada. Los reflectores llevan

una cuadrante graduado en grados para su ajuste en el plano horizontal y vertical.

Los reflectores de cada panel iluminan aproximadamente dos tercios del campo de juego y su distribución está indicada en la figura. En cada panel se dejan disponibles seis reflectores para compensar las diferencias de luminosidad durante la etapa de ajuste.

El sistema da diferentes posibilidades de iluminación mediante la regulación controlada del voltaje en las subestaciones. Estas variaciones de la intensidad de iluminación, medidas a nivel horizontal, son las siguientes:

10% sub-tensión.

Intensidad de iluminación: 260 lux, potencia total: 426 kw, duración vida ampolleta: 2.000 horas.

5% sub-tensión.

Intensidad de iluminación: 330 lux, potencia: 464 kw., duración vida ampolleta: 1.000 horas.

Tensión normal.

Intensidad de iluminación: 400 lux, potencia total, 504 kw., duración de vida ampolleta: 500 horas.

5% sobre-tensión.

Intensidad de iluminación: 475 lux, potencia 545 kw., duración de vida ampolleta: 250 horas.

10% sobre-tensión.

Intensidad de iluminación: 560 lux, potencia 600 kw., duración de vida ampolleta: 125 horas.

Para el servicio de intercomunicaciones entre las torres, la cancha y el panel de control ubicado en la cabina de comando, se ha instalado una red telefónica apta para ser ocu-

pada en intemperie. Esta red es de especial importancia para los períodos de ajuste de los reflectores.