

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

CONSTRUCCIÓN DEL FARO DE SANGANEB (MAR ROJO)

El Gobierno anglo-egipcio del Sudan, que quería facilitar el transporte de los productos de esta comarca, decidió en 1902 unir el Alto Nilo con el mar Rojo, construyendo un ferrocarril que iba de Berber, sobre el Nilo, al Norte de Khartoum, á Souakim, puerto del mar Rojo. La importancia de esta vía férrea, que permite las comunicaciones con el África ecuatorial, el Barh el Gazal, Abisinia, etc., hacía necesario que este ferrocarril terminase en el mar Rojo en un punto que facilitase un gran movimiento de buques.

Ahora bien; Souakim es un puerto que no se presta á una gran extensión de tráfico, y por esto el Gobierno adoptó en 1904 para puerto en que terminase el camino de hierro á Cheik el Baroughd, donde existía una rada natural, espaciosa y de fácil acceso; pero Cheik el Baroughd está situado en pleno desierto y tuvo que erigirse una ciudad que se llamó Port-Soudan.

En 1905 se hicieron investigaciones para encontrar agua dulce, y se empezaron á levantar edificios para establecer todos los servicios del puerto.

El camino de hierro abierto á la explotación en 1906 llevaba casi en seguida á Port-Soudan cantidades importantes de gomas, algodón y otros productos del Sudan.

Para asegurar á los buques la entrada fácil de día y de noche en dicho puerto, era preciso señalar el arrecife de Sanganeb, que se halla sobre la ruta de aquéllos 13 millas al Este de Port-Soudan, y con este objeto el Gobierno egipcio abrió un concurso para adjudicar la construcción de un faro sobre este arrecife.

M. M. Charvaut publica en las *Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs Civils de France*, de Agosto de 1907, un extenso estudio sobre la construcción de este faro, y de él extractamos las noticias que constituyen este artículo.

La Administración indicaba que el faro debía construirse en forma de torre de hierro de celosía; la altura de la línea focal debía de ser de 50^m,30 por encima de la marea alta; el foco de primer orden, á resplandores, con lámpara de petróleo. Recomendaba la construcción sobre pilotes de rosca, introducidos en el coral, y pedía que los alojamientos de los torreros se construyesen en el interior de la torre, de madera ignífuga, y que se tomasen cuidados particulares para defender del calor las habitaciones y la linterna, á causa de lo cálido del clima; en fin, la resistencia á la presión del viento debía ser de 267 kilogramos por metro cuadrado.

Entre todos los proyectos presentados, el Gobierno adoptó el redactado en colaboración por MM. Schneider et Cie, Guétin et Charvaut y la Société des Etablissements Henry Sepante.

El proyecto prescindía de la cimentación sobre pilotes de rosca, recomendada por la Administración, á causa de la dificultad y la poca seguridad que da el atornillado de los pilotes sobre el coral resistente, así como también la dificultad de instalación sobre el arrecife sumergido.

La solución adoptada consiste en la construcción de un macizo resistente de fábrica, en el cual se encuentra empotrada una corona octogonal metálica sólidamente arriostrada de 1^m,50 de altura, que sirve de base, y sobre la cual vienen á ajustarse los montantes de la torre.

La construcción en el agua se hizo de la siguiente manera: Una primera serie de bloques (fig. 1.^a) de 2 m. de longitud,

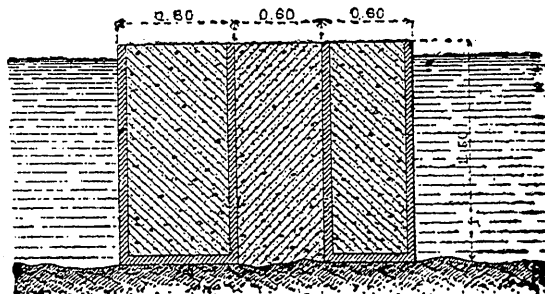


Fig. 1.^a

1^m,50 de altura y 0^m,80 de ancho se sumergía en el emplazamiento del faro, formando una cintura exterior que podía resistir la acción del agua y que limitaba la plataforma octogonal formando el macizo de la cimentación.

Una segunda serie de bloques se colocaba en seguida á 0^m,60 de la primera, formando una segunda cintura interior. En el intervalo de 0^m,60 entre las dos series de bloques se introdujo en el agua hormigón de cemento fuertemente dosificado de manera de constituir un contorno casi impermeable, en cuyo interior era posible trabajar con el mar tranquilo.

La plataforma de hormigón se completó por una fábrica de mampuestos de 1^m,50 de espesor, sobre la cual se estableció un parapeto de fábrica.

Esta plataforma se prolongaba por un pontón de 150 metros de longitud que llegaba á fondos de 5 metros, para permitir el desembarco; este pontón se componía de pilas formadas por bloques flotantes de cemento armado llenos de hormigón de cemento y con vigas de madera por encima.

Á la corona metálica se había proyectado empotrarla en el macizo de 3^m,30 por debajo del nivel superior de este último, con objeto de utilizar para la resistencia al vuelco por la acción del viento el peso de toda la fábrica disponible; pero la Adminis-

tracción exigió la elevación de la corona á fin de no tener una parte de los montantes de la torre hundidos en el macizo y pidió el enrasamiento de la parte superior de la corona con el nivel de la plataforma. Se buscó el compulsar la disminución de estabilidad que de esto resultaba por ocho anclajes que se establecieron en cada vértice de la corona. Se constituyó cada uno por dos pernos de 57 milímetros de diámetro, terminados en su parte superior, al nivel superior de la corona, por unas tuercas de bronce; en la parte inferior, ó sea 1^m,50 por debajo de la corona, estos pernos se fijaron por su cabeza á dos grupos de hierros en $\square$ de 1^m,75 de longitud, colocados á 90 grados.

La torre octogonal está formada por ocho armaduras de celosía que radian de un núcleo central y arriostradas exteriormente siguiendo las ocho caras; el núcleo central encierra una escalera circular abierta en la parte situada bajo los alojamientos de los torreros, ó sea en una altura de 11 metros, y cerrada en todo lo demás de su altura. La parte superior de la torre soporta una cámara de servicio colocada bajo la cámara de alumbrado de la linterna, á la que se une por una escalera.

En el cuerpo de la torre están situados dos pisos: el primero comprende un almacén reunido por una pasarela á otro almacén de petróleo, aislado sobre una torrecilla; el segundo piso encierra los alojamientos de los torreros, y tanto en uno como en otro se han tomado en la construcción las precauciones convenientes para protegerlas contra el calor.

Una pequeña grúa á brazo giratoria de 1.000 kilogramos de potencia con un alcance de 4.500 metros, colocada cerca del almacén de petróleo, sirve para el desembarco de los objetos necesarios para el abastecimiento del faro.

La provisión de agua dulce se hace por cuatro depósitos metálicos galvanizados de 6 m.³ de capacidad empotrados en el macizo de fábrica de la plataforma para sustraerlos en lo posible del calor. Pequeñas bombas rotativas movidas á brazo pueden elevar el agua hasta el segundo piso (16 m.). Finalmente, una comunicación por tubo acústico está instalada entre la cámara de servicio y los alojamientos.

Según las condiciones del contrato, la armadura metálica del faro se ha calculado para resistir á un viento que ejerciese una presión de 267 kilogramos por metro cuadrado.

La óptica de primer orden y de 0^m,92 de distancia focal se compone de cuatro lentes anulares que dan cada cinco segundos el resplandor de una luz blanca.

Descansa sobre un platillo de fundición soportado por un árbol vertical de acero, guiado en su parte superior por un cojinete y reposando en su parte inferior por medio de un pivote desmontable de acero sobre un tejuelo de bronce provista de un grano de acero.

La armadura propiamente dicha lleva tres columnas con camino intermedio, columna central, soportando el cojinete superior y cubeta de mercurio de dimensiones reducidas colocada debajo del camino.

Esta disposición presenta sobre el sistema de cubeta anular superior con agujero de hombre la ventaja de reducir á su mínimo la resistencia mecánica del flotador sumergido en la cubeta de mercurio, y, por consecuencia, disminuir la carga motora en una notable proporción.

Para el entretenimiento del mechero del aparato el torrero sube por la escalera suspendida debajo del platillo del aparato.

La cubeta se desmonta con facilidad; basta, en efecto, acuñar el aparato sobre los gatos colocados en la parte superior de las columnas, hacer descansar esta cubeta sobre la tuerca atornillada en la parte inferior del árbol y girar esta tuerca en el sentido del destornillamiento para bajarla; se puede entonces limpiar el mercurio con la mayor facilidad.

Mechero incandescente.—En este sistema el petróleo líquido es inyectado en un vaporizador calentado por la llama misma; el vapor de petróleo producido se mezcla al aire para alimentar el mechero y por su combustión se pone incandescente el manguito.

La inyección de petróleo se produce por medio de ácido carbónico bajo presión, que reemplaza al aire comprimido empleado en ciertos aparatos; un reductor de presión colocado entre el depósito de petróleo y el del ácido carbónico sirve para mantener constante la presión en el mechero; esta tensión no debe exceder á 2kg,500.

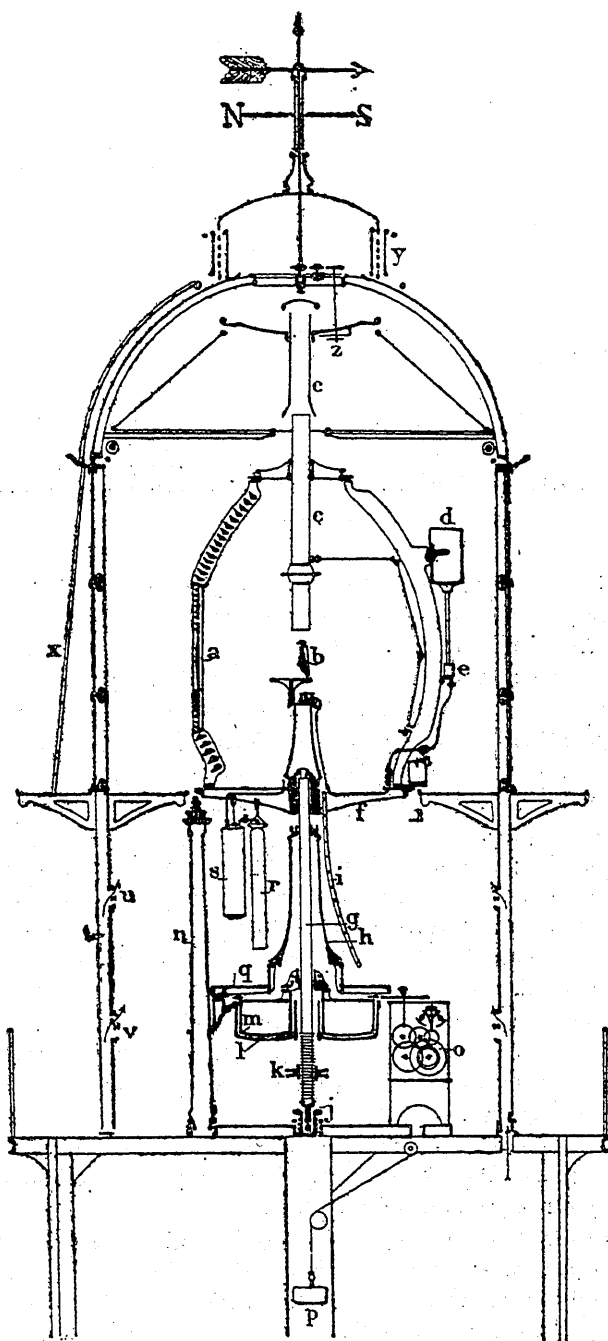


Fig. 2.ª

a. Óptica de cuatro aberturas, de 0^m,92 de distancia focal.—b. Mechero para manguito de 55 milímetros.—c. Chimenea para evacuación de los gases.—d. Lámpara de nivel constante.—e. Grifo de nivel.—f. Platillo que soporta la óptica.—g. Árbol vertical.—h. Columna central que lleva el cojinete para el centrado superior.—i. Escala que sirve al torrero para conservar el mechero durante su acción.—j. Tejuelo inferior.—k. Tuerca para el descenso de la cubeta.—l. Cubeta.—m. Flotador acuñado sobre el árbol vertical y que soporta el conjunto de la parte móvil.—n. Una de las tres columnas que sostienen el camino intermedio y los gastos.—o. Máquina de rotación.—p. Peso motor.—q. Camino de servicio.—r. Depósito de ácido carbónico.—s. Depósito de petróleo.—t. Tabique de doble pared de la linterna.—u. Registros superiores.—v. Registros inferiores.—x. Escala de acceso á la cúpula.—y. Chimenea en zigzag.—z. Indicador de la dirección del viento.

Lámparas de nivel constante.—Para prevenir toda eventualidad de parada en el alumbrado, se ha dispuesto paralelamente á la disposición de incandescencia una lámpara de nivel constante, dispuesta siempre á funcionar y que puede alimentar un mechero de seis mechas, que puede sustituir instantáneamente al ordinario.

Máquina de rotación.—La máquina de rotación está calculada para que el aparato efectúe una vuelta completa en veinte segundos; está provista de una disposición que permite conservar la rotación mientras vuelve á subir el peso motor; lleva un avisador eléctrico que previene al torrero del retraso ó de la parada del aparato.

Linterna de 3^m,50 de diámetro.—La ventilación de esta linterna se ha estudiado con especialidad para aplicarla á este faro con objeto de evitar la entrada del aire caliente exterior.

El basamento es de doble pared (palastro la exterior y artesonado de madera de teka la interior), y el aire circula entre las dos paredes; una doble fila de registros permite activar ó reducir la circulación en el interior de la cámara del aparato; una ancha chimenea con pantallas colocada en la parte superior de la cúpula permite la evacuación fácil de los gases de la combustión.

La intensidad de luz obtenida por medio del mechero de incandescencia es aproximadamente triple que la producida por el mechero de aceite mineral; el alcance de la luz podía variar así de 40 millas por término medio á 85 millas próximamente en tiempo claro; estos alcances considerables no se consiguen nunca en la práctica, puesto que el alcance real de la luz está limitado por su alcance geométrico.

Rotación.—El peso de la parte móvil se eleva á 4.200 kilogramos. La rotación del aparato, á razón de veinte segundos, se asegura por un movimiento de relojería (máquina de rotación) con un peso motor de 70 kilogramos que desciende tres minutos por hora.

El contrato se firmó en Septiembre de 1905 y los trabajos se empezaron en seguida; para ellos se necesitaban 2.500 m.³ de guijarros, 2.000 m.³ de piedra, 2.500 m.³ de arena y 1.000 toneladas de cemento.

El 10 de Noviembre se empezó en Suez la construcción de los bloques de cemento que habían de transportarse luego á Port-Soudan.

La primera cintura exterior necesitaba:

45 bloques de 2 X 0,80 X 1,50 metros de ellos, 16 de ángulo.

La segunda cintura:

41 bloques de 0,60 metros de ancho, 16 de ángulo.

La armadura de los bloques estaba constituida por dos entintados horizontales rectangulares de hierro de 15 milímetros, el uno en la parte inferior, el otro en la superior; tres marcos verticales de hierro de 15 milímetros, uno en medio de la anchura y los otros dos en cada extremidad del bloque; en estos dos últimos los extremos estaban encorvados en la parte superior para formar cuatro anillos que permitían el sostenimiento del bloque; el resto de la armadura era de hierro de 10 milímetros, formando celosía de mallas de 12 centímetros.

El 12 de Diciembre, un mes después de haber comenzado el relleno de los bloques, se cargaban éstos en el *Fortuna*, navío de 700 toneladas, que partió el 13 de Suez para Port-Soudan, llevando además de los bloques un considerable material y 80 trabajadores de diferentes oficios; el resto del personal se reclutó en el Cairo con trabajadores árabes y con cuadros de trabajadores europeos.

El arrecife de Sauganeb está constituido por corales que se extienden en unas 3 millas próximamente de longitud de Sur á Norte y con una anchura de $\frac{1}{2}$ á $\frac{3}{4}$ de milla.

De los sondeos practicados resultaba que el arrecife estaba constituido por un primer banco de coral muerto excesivamente duro, de 1 metro á 1,80 metros de espesor; debajo se encontraba una capa tierna semejante á la arena de la superficie de un espesor de 1,50 metros; en seguida una nueva capa de coral duro de 1,80 metros á 2 metros, y después una nueva capa de residuos más tiernos. Á la extremidad, á pico sobre las grandes profundidades, las partes arenosas habían sido arrastradas por las olas; los dos primeros bancos avanzaban sobre el mar dejando vacíos hasta de 10 metros; en el interior del arrecife estos

dos bancos están unidos y sostenidos de sitio en sitio por partes de coral duro que forman verdaderos pilares.

Se escogió para emplazamiento del faro un lugar situado casi en medio de la parte Sur del arrecife, donde según los sondeos, la capa superior muy gruesa era más espesa y donde la explanación del suelo parecía más fácil de ejecutar.

El 26 de Diciembre llegó el Ingeniero Jefe de los puertos y faros, aprobó la elección del emplazamiento y autorizó el comienzo de los trabajos.

Relata á continuación M. M. Charvaut las grandes dificultades que hubo que vencer para conseguir el atraque de los buques, la colocación de los aparatos para el desembarco de los materiales, este mismo desembarco, la construcción de viviendas para los trabajadores y de depósitos para el material, la provisión de agua dulce, etc., dificultades nacidas de lo estrecho de los pasos para llegar al emplazamiento del faro, de las pequeñas profundidades, de la falta de espacio y de la acción del viento y de las aguas.

Vencidas estas dificultades el 6 de Enero de 1906, comenzó la colocación de los bloques.

El trazado del octógono para permitir la alineación de los bloques se efectuó de la manera siguiente (fig. 3.^a):

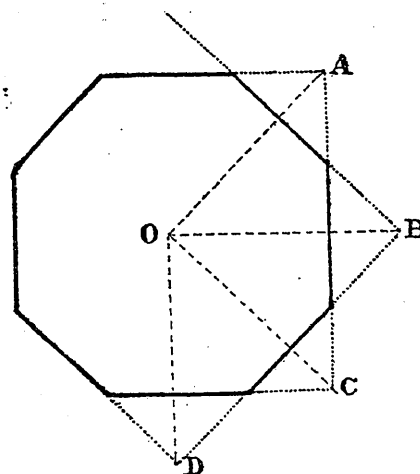


Fig. 3.^a

En el centro O escogido, se estableció una pequeña plataforma de madera consolidada por un macizo de piedras secas. Sobre esta plataforma se determinaron por el goniómetro las direcciones de 45 grados OA, OB, etc., de la apotema, y medidas las distancias OA, OB, etc., se hundieron en los puntos A, B, C tripodes de hierro redondo con un platillo de madera en la parte superior; estos tripodes se fijaron sólidamente por macizos de piedra seca; determinados en seguida exactamente los puntos A, B, C, etc., y señalados por una punta clavada sobre el platillo del tripode, bastaba unir los puntos A, C, B, D, etc., por hilos de hierro para trazar los lados del octógono y poder alinear los bloques.

El fondo del emplazamiento de la cintura, se limpió y niveló antes de la colocación de los bloques.

Los bloques de la primera cintura, llenos de hormigón, eran removidos por el agua tan pronto como el mar estaba un poco agitado, por lo que se procedió á la colocación de los bloques de la segunda cintura y al relleno del intervalo entre las dos series de bloques con la mayor rapidez posible.

El hormigón entre los bloques se componía de 1 de arena, 1 de grava y 1 de cemento; era cuidadosamente metido en el agua; efectuado este relleno se aprovecharon los anillos de las armaduras de los bloques para unir las dos cinturas por riostras de hierro redondo de 0^m,020, fijadas en caliente en los anillos.

Terminada la cintura el 25 de Enero, formando una ataguía de 2 metros de anchura, resistente á la acción de las aguas aun para el peor tiempo, y permitiendo ejecutar el relleno de hormigón en el interior de la cintura con el mar tranquilo.

Del mes de Febrero al mes de Mayo se procedió á la introducción del hormigón, dejando vacíos de 2^m,50 en los ocho ángulos para el emplazamiento de los anclajes.

El montaje de la armadura metálica se comenzó en el mes de

Al mismo tiempo que se ejecutaba el montaje, se comenzaron las obras de fábrica de la plataforma en la cual se empotraba la corona.

En el mes de Julio tuvieron que suspenderse los trabajos por la elevación de la temperatura, que en fin de Junio era de 45 grados, y por el exceso de humedad reanudáronse en Octubre, cuando la temperatura disminuyó sensiblemente.

Á fines de Octubre estaba completamente montada la torre y se empezó la colocación del aparato. Para subir á la parte superior de la torre las piezas, cuyo peso era en algunas de 1.200 kilogramos, se estableció un plano inclinado compuesto de dos hileras de viguetas de madera fijadas á la armadura del faro, siguiendo la línea mediana de una de las caras exteriores de la torre.

Las piezas, izadas por una cabria, resbalaban por estas maderas, siendo guiadas desde abajo por medio de un cable.

Aunque un horroroso tifón retardó durante varios días los trabajos, á fines de Noviembre se pudieron efectuar ensayos de iluminación del faro.

Se proseguían al mismo tiempo los alojamientos en construcción; las obras de carpintería, los bastidores y los tabiques de corcho se comenzaron, así como el techo. Se emplearon ladrillos de corcho aglomerado, ligados con yeso, que constituyen separaciones ligeras y aseguran una protección real contra el calor.

Se procedió en seguida á la terminación de las obras de fábrica y de los alojamientos, á la colocación de las cubiertas de cobre, á la construcción de los anejos sobre la plataforma, á la pintura y á todos los últimos detalles; se acabó el muelle definitivo, sobre el que se instaló una v a férrea y una tubería para el agua que la conducía de la cabeza del muelle á los depósitos y se derruían las instalaciones provisionales, quedando terminado el faro (fig. 4.^a).

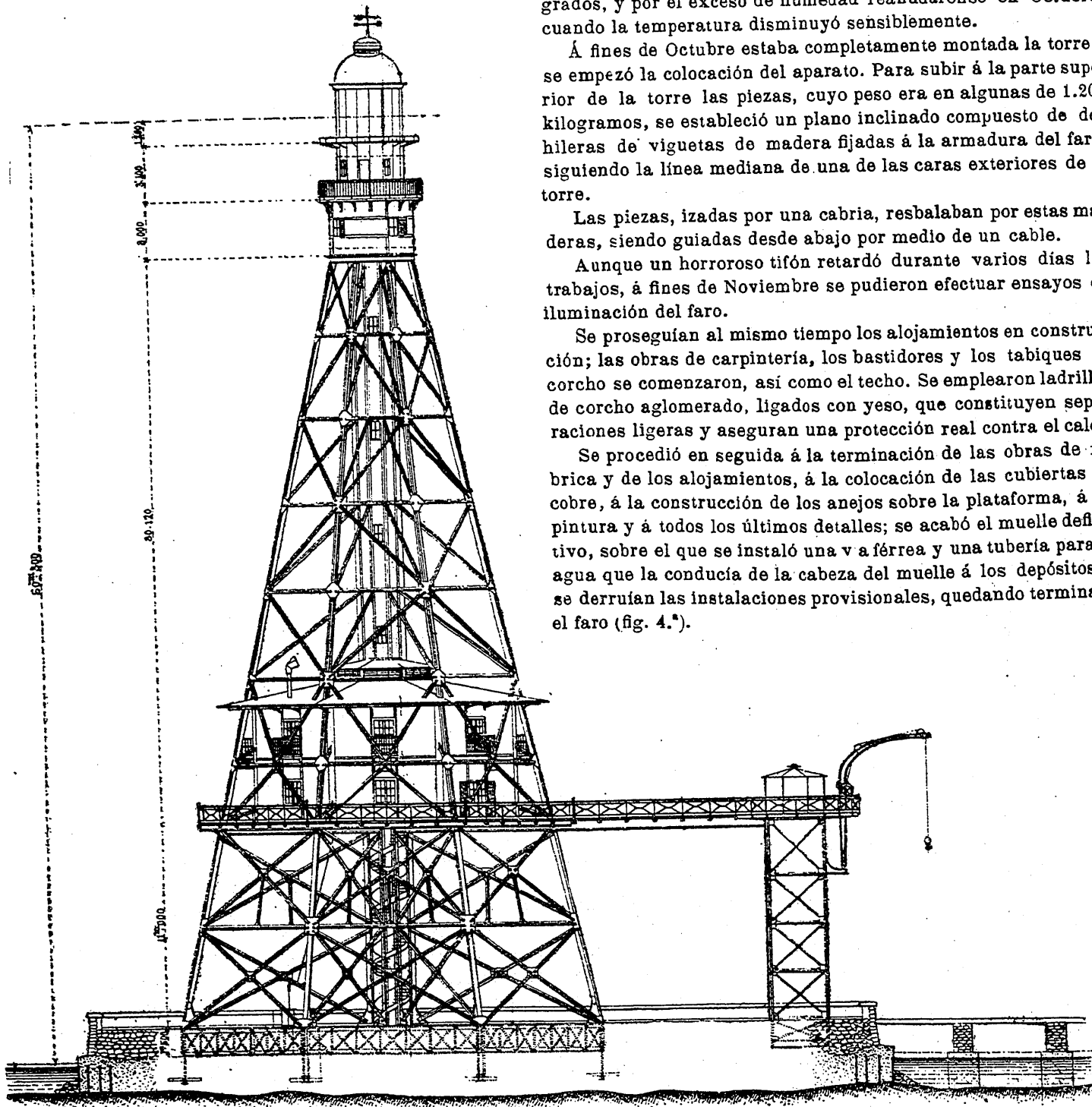


Fig. 4.^a

Mayo; las piezas de esta armadura, una vez desembarazadas, se depositaban por categorías sobre plataformas de madera, construidas alrededor de la cintura de los bloques.

La colocación de la corona de base se ejecutaba con rapidez; esta corona se componía de una serie de vigas en celosía que bastaba unir por roblones; los anclajes estaban también colocados.

Nivelada perfectamente la corona se empezó el montaje, por trozos, de la torre; las ocho primeras armaduras inferiores se unieron sobre la plataforma y se elevaron; para los otros se hizo el montaje llevando cada pieza á su lugar con un aparejo cambiando de lugar cada vez; este aparejo se había fijado sobre la parte terminada.

Finalmente, el 24 de Enero de 1907, la Comisión de recepción procedió á los ensayos definitivos y se hizo cargo del faro la Administración egipcia.—O.

LOCOMOTORAS ELECTRICAS PARA PENDIENTES DE MONTAÑA

Discusión de las ventajas de la tracción eléctrica sobre la de vapor en las secciones de montaña de los ferrocarriles.

Las ventajas de las locomotoras eléctricas sobre las de vapor para el servicio en pendientes fuertes, que han sido demostradas