

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA 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.

FARO ELÉCTRICO DE CÁDIZ

El día 30 de Septiembre del corriente año ha quedado encendido el faro eléctrico de Cádiz, cuya apariencia es: grupos de dos destellos, relámpagos blancos cada diez segundos.

Se ha construido, en sustitución del antiguo de segundo orden, con destellos blancos y rojos alternados que en el interior del castillo de San Sebastián, hoy de Isabel II, á unos 700 metros al Oeste de Cádiz, fué necesario destruir en 1898 con motivo de la guerra con los Estados Unidos.

Terminada ésta, se planteó inmediatamente el problema de la reconstrucción del faro, encontrando grandes dificultades por parte del Ministerio de la Guerra para autorizarla dentro del fuerte, hasta que después de reunidas varias Comisiones mixtas, en algunas de las cuales intervino el Ministerio de Marina, y no hallando otro sitio en que pudiera hacerse, fué autorizada la construcción del faro en Diciembre de 1903, dentro del fuerte, á unos 100 metros escasos del faro antiguo, donde por espacio de quince años ha estado encendiéndose, provisionalmente, un fanal de luz de puerto que producía luz blanca con grupos de dos oculaciones, alternando con una aislada.

Entre otras condiciones se imponían las siguientes: «La torre que ha de sostener la linterna se compondrá de dos partes: una fija de mampostería, cuya altura sea menor que la de las casamatas de la batería para que no sea visible desde el exterior, y otra formada por un entramado de hierro, constituido de tal modo que pueda ser desmontada con facilidad, reduciendo los elementos de dicho entramado á los más precisos, á fin de que presente el menor blanco posible», y «se autoriza igualmente la construcción de un pequeño almacén para el servicio del faro, hecho con materiales ligeros, en el sitio y de las dimensiones que previamente marque la Comandancia de Ingenieros de Cádiz».

Encargado por el Ingeniero Jefe del Servicio Central de Señales Marítimas de redactar el proyecto de aparato y linterna para producir una apariencia de grupos de dos destellos relámpagos blancos, más un sector de 140 grados de amplitud horizontal con luz fija, verde, de escaso alcance, que señalara la restinga donde se eleva el faro, me encontré con que el terreno está á unos cuatro metros sobre el nivel del mar, que, según se desprende en la Real orden autorizando la construcción del faro y de las discusiones habidas anteriormente, la torre había de ser sumamente ligera y que la situación del faro exige darle la mayor al-

tura posible á fin de acercarnos lo más que se pueda al alcance geométrico de 24 millas que para este faro señala el plan de reforma del alumbrado marítimo en España aprobado en 1.º de Marzo de 1902.

Era necesario recurrir á un aparato ligero, poco voluminoso que diera destellos bastante potentes, no factible con las lentes ordinarias, y propuse emplear la lámpara de arco voltaico y una pirámide giratoria de cuatro espejos, convenientemente dirigidos, tomando la idea de unas proposiciones hechas por la casa Pintsch para otros faros.

El arco sería de corriente continua, y con una batería de acumuladores se podría prevenir cualquier interrupción en el suministro de fluido hecho por una de las dos fábricas de electricidad que para el servicio público existen en Cádiz, desapareciendo de este modo el inconveniente principal de los faros eléctricos, que es su elevado coste de instalación y conservación.

La Superioridad aceptó la idea de que el faro fuera eléctrico, tomando la corriente de la ciudad, pero no la pirámide de espejos, prefiriendo una óptica catadióptrica de 0,30 metros de distancia focal como las empleadas en Francia, con linterna de 2,20 metros de diámetro interior por lo menos.

Bajo este supuesto se encargó en Junio de 1906 al Servicio Central de Señales Marítimas la redacción de un proyecto de torre de 30 metros de altura, porque la Jefatura de Obras públicas de Cádiz, sobrecargada de trabajo con una crisis obrera, no podía hacerlo con la rapidez que se deseaba.

PROYECTO DE TORRE.—Según la Real orden de 28 de Diciembre de 1903, dos condiciones imponía el Ministerio de la Guerra para autorizar la construcción de la torre: La primera se refiere al poco volumen y ligereza que debe presentar para disminuir su visibilidad, y la segunda, la facilidad en desmontarla para hacerlo con rapidez en caso de guerra. Las dos difíciles de llenar en una torre de tanta altura y con una linterna de tanto diámetro.

Por ello se ha recurrido al empleo del material más resistente: de acero laminado, contentándonos con que la torre resista los esfuerzos del viento sin adoptar disposición alguna especial para disminuir su flexibilidad y prescindiendo de todo elemento decorativo. En cuanto á la facilidad de desmontarla, además de que el empleo del material antedicho la da disminuyendo á igualdad de resistencia el peso de las diferentes partes, se ha adoptado una disposición especial para aquélla y se dejan permanentes los medios auxiliares de construcción, que son: un pescante de hierro en la parte superior con un torno, para cuanto

unos con otros se hace á lo largo de una de las bases del trapecio por medio de pernos con sus tuercas y unas planchas de hierro que unen las cabezas. El primer recuadro, esto es, el más elevado, tiene una altura de 4,85 y es macizo con plancha de 7 milímetros; los cinco siguientes tienen 3,75 metros, y los dos últimos 3,25: corresponden á la parte fija y van roblonados entre sí y al cuerpo central de la torre.

El tubo central consta de 16 anillos, dos por recuadro, y con ocho planchas por anillo, unidas todas entre sí por cubrejuntas. Pudieran haberse suprimido las verticales haciendo las uniones en los montantes; se ha preferido no hacerlo así porque al desmontar bastará quitar dos cubrejuntas opuestas y bajar cada anillo en dos piezas, mientras que de la otra manera serían ocho. Lleva 16 ventanas, y como el centro de la escalera deja un hueco de 0,40 metros para el peso motor, resulta muy bien iluminada.

La unión con los cimientos se hace por medio de unas placas de acero fundido en que van los pernos de empotramiento.

En la parte superior se ha construido la cámara de servicio de envolvente exterior de palastro y la interior de caoba barnizada.

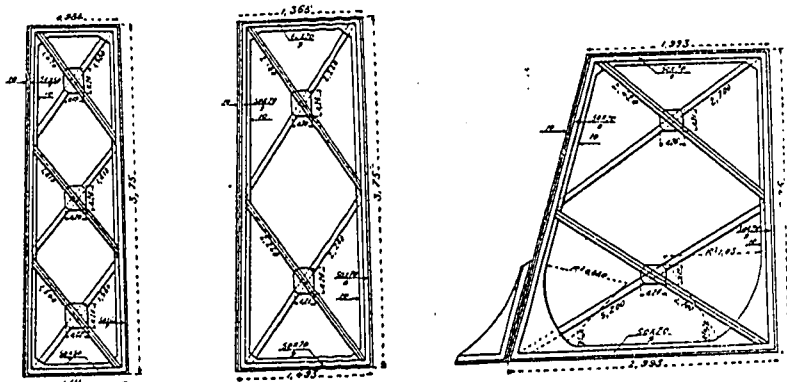
tencia de los otros menor y la acción del viento la mayor, puesto que combate á la torre normalmente sobre la máxima superficie que puede oponer al viento, cual es la de los dos montantes que habrá normales á dicha dirección.

No se varía la sección de ninguno de los componentes en cada uno de los recuadros, y, por tanto, no se han calculado para el cuerpo de la torre más que ocho secciones, que han sido las correspondientes á las bases de los recuadros. Una vez obtenida el área de cada una de las piezas se ha buscado el perfil comercial más económico equivalente, con espesor por lo menos de 7 milímetros, resultando el empleo general de angulares de $\frac{50 \times 50}{7}$

en los cinco recuadros superiores, y de $\frac{70 \times 50}{7}$ en los tres inferiores. Las diagonales son todas T en $\frac{50 \times 50}{7}$ y el valor de R varía desde 1,37 kilogramos por milímetro cuadrado para el primer recuadro á 6,40 para el último.

Para el cálculo de momento flector se ha supuesto que la componente debida á la acción del viento sobre los recuadros actúa en la mitad de su altura, con lo que obtenemos un valor

Recuadros de los montantes.



La armadura de esta cámara está formada por ocho vigas en T verticales, prolongación de los ocho contrafuertes. En la parte superior se ensanchan estas vigas, formando ménsulas, á las que va unida una corona circular de 2,77 metros de diámetro, formada por una doble T de 0,20 metros de altura. En el centro de este círculo va el entramado del piso que ha de sostener el aparato, convenientemente dispuesto para dar paso á la prolongación del eje del basamento con la toma de corriente por debajo del piso y para dejar un hueco adecuado de entrada á la cámara de iluminación.

El techo en la cámara de servicio, piso de la de iluminación y galería exterior es palastro estriado de 9 milímetros contando las estrías.

En este proyecto se ha tenido muy en cuenta la Instrucción del año 1902 para la redacción de proyectos de puentes metálicos; no se han admitido espesores menores de 7 milímetros, y el trabajo máximo se ha limitado, por prudencia al no tener todo el sistema perfectamente rígido, á 7 kilogramos por milímetro cuadrado, aunque dichas instrucciones permiten el empleo de coeficientes mayores.

El cálculo de las secciones se ha hecho aplicando la fórmula general

$$R = \frac{P}{W} \pm \frac{Mb}{I}$$

suponiendo como caso más desfavorable cuando el viento actúa en dirección de uno de los montantes, porque entonces éste y el diametralmente opuestos son los más fatigados, siendo la resis-

por exceso, simplificando bastante los cálculos, porque se puede sumar esta acción á la del cuerpo central de la torre, no quedando así más que una sola fuerza para el cálculo.

En el de los momentos de inercia se ha prescindido de la sección del tubo central porque su valor es despreciable. La fórmula general se simplifica bastante, teniendo en cuenta que dos montantes están en el eje de simetría dos normales á éste, siendo estas dos direcciones las que dan los momentos de inercia máximo y mínimo de las secciones en T que constituyen las cabezas de las vigas montantes y que los otros cuatro montantes forman con el eje, respecto al cual se toma el momento ángulos de 45 grados, cuyo seno y coseno valen $\frac{1}{2}$. Tenemos así:

$$I = 4 (I_{Xa} + I_{Xb} + I_{Ya} + I_{Yb} + S_a D^2 + S_b d^2)$$

I_{Xa} = momento de inercia de la cabeza exterior respecto el eje de simetría.

I_{Ya} = ídem sobre el eje perpendicular á aquél.

S_a = área de la sección en la cabeza exterior.

D = distancia del centro de gravedad de esta sección al centro de la torre.

Las que tienen el subíndice b representan lo mismo respecto la cabeza interior.

El peso de la torre así calculada con la cámara de servicio y peso del torreón asciende á 41 toneladas.

PROYECTO DE APARATO.—El aparato óptico proyectado fué una óptica bivalva de 0,30 metros de distancia focal, formada por cuatro lentes, subtendiendo cada una horizontalmente 90 grados.

Le iluminaría por medio de un arco eléctrico para corriente alterna con una caída de potencial en los carbones de 45 voltios é intensidades de 30, 60 y 120 amperios, según el estado de transparencia de la atmósfera, regulador tipo Serrin modificado con dos montantes verticales por donde sube la corriente para evitar por simetría sus efectos sobre al arco. La frecuencia no ha de bajar de 50 periodos por segundo y la diferencia de potencial en los bornes de la máquina de 60 voltios. Es decir, se proyectó un aparato de faro eléctrico como los más modernos del Servicio de faros de Francia, siguiendo el criterio de que mientras razones especiales no lo aconsejen, como en este faro bajo otros aspectos, adoptar tipos de fabricación corriente sancionados por la práctica. La intensidad máxima del destello sería de 2 á 2,5 millones de carcelas según el régimen de corriente, y para una duración del destello de 0,1 segundo se puede calcular una intensidad nominal de 500.000 bujías.

y tiene la fábrica al otro extremo de la ciudad, de donde parte el camino del faro, y Lebón y C.^a, con la fábrica muy cerca, produciendo corriente alternativa monofásica de 84 periodos á 2.300 voltios, que transforma á 110 para entregarlos al consumo. Abierto un concurso para adjudicar este suministro al que lo hiciera en mejores condiciones, ofrecieron lo siguiente:

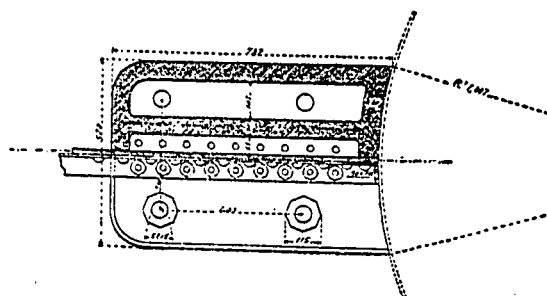
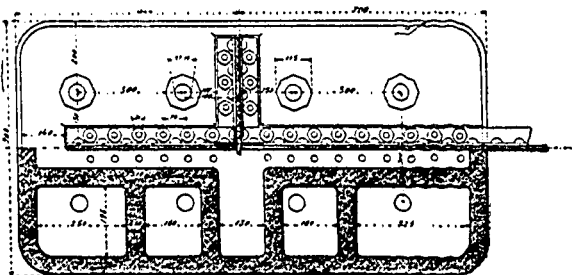
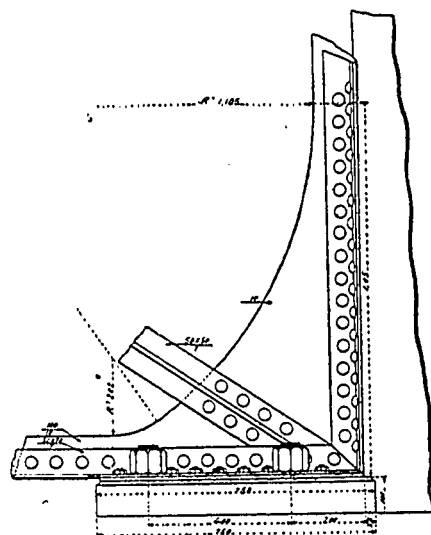
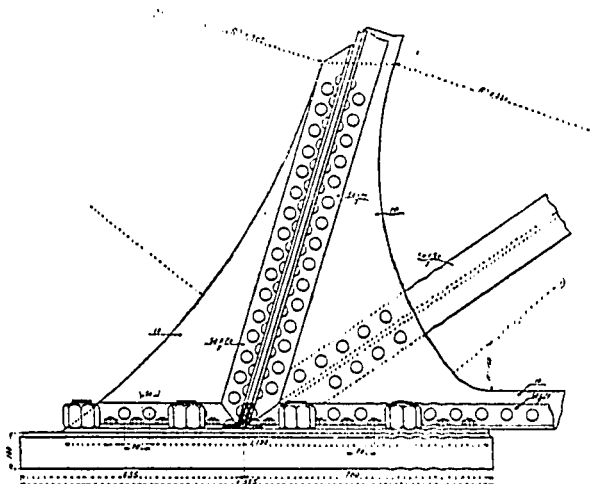
La Cooperativa Gaditana propone suministrar el fluido para cargar acumuladores durante el día, á los precios siguientes:

	Pesetas.
Para un consumo mensual hasta 400 kilovatios-hora.	0,40
Para todos los que pasen de 400 hasta 700.....	0,25
Para los que superen de 700 hasta 1.000.....	0,20
Para todos los demás.....	0,19

No habla de quien ha de pagar los impuestos.

Lebón y C.^a ofrece suministrar el fluido necesario para la

Apoyo de los montantes.



El basamento de flotador de mercurio permitirá dar una revolución completa al aparato en veinte segundos, produciéndose una apariencia de un grupo de dos destellos relámpagos blancos cada diez segundos. El torreón metálico y la linterna se proyectaron de 2,20 metros de diámetro, reconociendo que convendría fuera un poco mayor.

SUMINISTRO DE ENERGÍA.—En Cádiz existen dos Compañías particulares que suministran fluido eléctrico para el alumbrado de la ciudad.

La Cooperativa Gaditana que suministra corriente continua

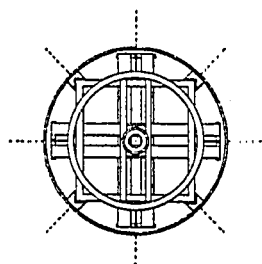
lámpara de arco con régimen de 30 amperios y 400 vatios para consumo de luces interiores á 12 pesetas diarias, aumentando 0,25 pesetas por hora por cada aumento de 10 amperios en el consumo de la lámpara. El pago de todos los impuestos correría á cargo del Estado.

Hecha una comparación aproximada entre lo que costaría el consumo de fluido con uno ú otro proveedor, teniendo en cuenta el rendimiento de los acumuladores y dinamos para cambiar la corriente continua ó los transformadores para rebajarla, según á quien se adjudicase, resultó que había muy poca diferencia de

rante el día tendrá que haber uno para vigilar la carga de los acumuladores.

Se ha hecho el contrato con la casa Lebón y C.^a, pagando el kilovatio-hora á 0,58 pesetas, después de la transformación, precio equivalente al que figura en su primitiva proposición.

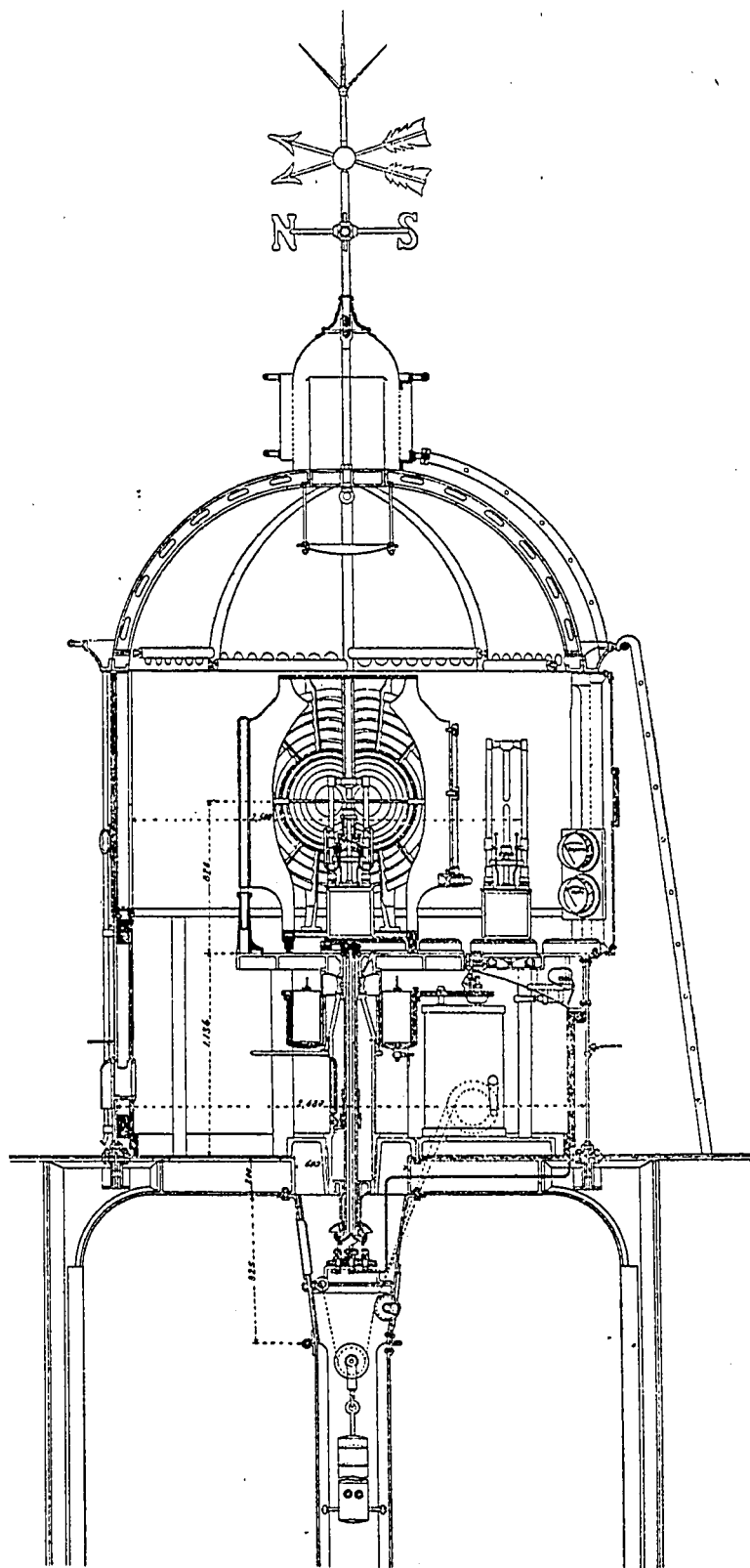
Corte por un plano diametral.

[illegible]

1.º La canalización no puede ser subterránea dentro de la ciudad, quedando expuesta á roturas é interrupciones en el suministro del fluido.

3.º El coste de instalación con acumuladores y dos dinamos más costoso y exige mucho espacio.

5.º La continua vigilancia que exige obligaría á aumentar un torrero y aun así resultaría el servicio muy penoso, pues du-



CONSTRUCCIÓN: Torre.—La torre metálica y almacén se han hecho por contrata previa adjudicación por concurso. El presupuesto aprobado ascendía á 71.584 pesetas; se presentaron tres proposiciones suscritas por la Compañía Trasatlántica, La Cor-

dobesa y La Constructora Gijonesa; ninguna de ellas propuso variación alguna al proyecto, por lo que se adjudicó como si fuera una subasta á la última de las casas citadas, como mejor postor; hizo una baja de cerca del 18 por 100. Después se ha hecho un presupuesto reformado que ascendía á 86.075,48 pesetas, pero habida en cuenta la baja de la subasta no se ha rebasado el presupuesto primitivo.

Hecha la adjudicación de las obras en Enero de 1909, con un año de plazo para la ejecución, no fueron recibidas hasta el mes de Marzo de 1912. Huelgas y dificultades de orden interior, según manifestaron los contratistas, retrasaron algo la terminación de la torre en los talleres, y fuertes vientos de Levante el mon-

menes de 30 y 60 amperios que, acoplándose en cantidad, permiten usar los de 90 y 120 amperios.

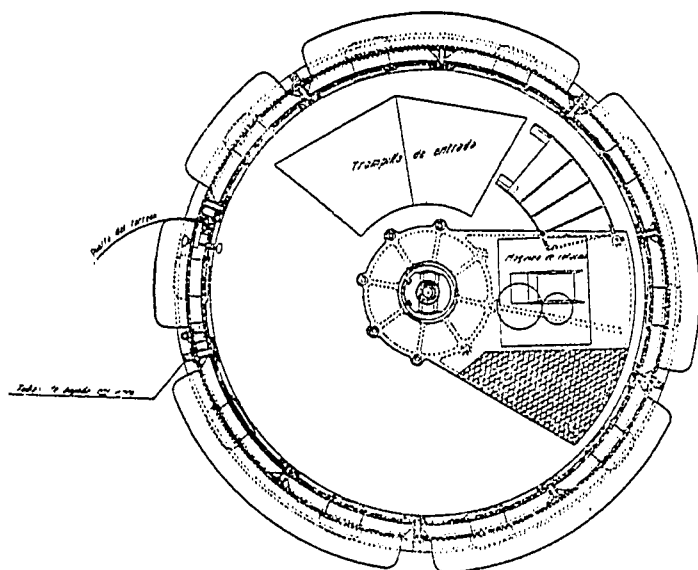
En las figuras correspondientes se ven la disposición general del aparato y el esquema de la distribución.

La luz complementaria, formada por un fanal dióptrico de sexto orden y 140 grados de amplitud horizontal, se ha colocado en la cámara de servicio con lámpara de incandescencia de 50 bujías.

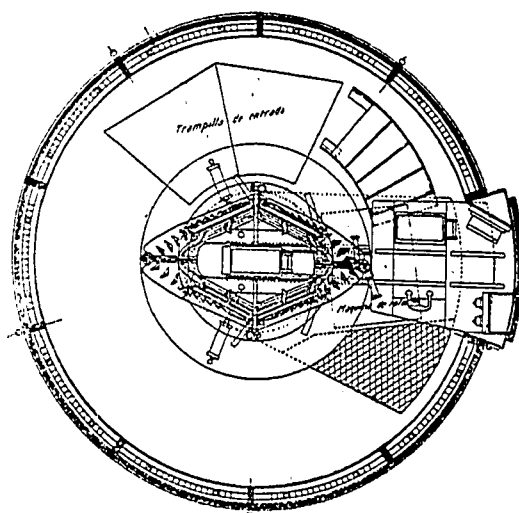
El montaje se ha hecho sin dificultad alguna, se ha tardado cerca de cuatro meses y se ha gastado mucho por la adaptación del torreón y aparato á la torre, debido, principalmente, al cambio de diámetro del torreón y al basamento del aparato.

APARATO TORREÓN Y LINTERNA

Sección del torreón y placa de apoyo del montante.



Sección de la linterna y corte del aparato por el plano focal.



taje, juntamente con el retraso en enviar algunos datos dependientes del aparato, torreón y linterna que había de subastar.

Cable para el transporte del fluido.—El cable para el transporte del fluido desde la fábrica al faro, con una longitud de 1.750 metros, ha sido adquirido por la Administración, previo concurso, de la casa Pirelli y C.^a, de Villanueva y Geltrú, así como las cajas de empalme y terminales. Es un cable bipolar, armado, con dos conductores de 10 milímetros de sección.

La resistencia específica del cobre no debía exceder de 0,0175 de ohmio, el aislamiento de 25 megohmios por kilómetro y 100 voltios de tensión de trabajo. Las pruebas, tanto en los talleres como con el cable tendido, han dado excelentes resultados, superando los límites asignados.

El cable, puesto en Cádiz, ha costado tres pesetas metro lineal.

Aparato, torreón, linterna é instalación eléctrica.—Se adjudicó el suministro, previo concurso, por 74.000 francos, á la casa Harlé y C.^a, bajo las condiciones impuestas en el contrato, sin más modificación que admitir una linterna y torreón de 2,50 metros de diámetro con 10 montantes. La corriente se rebaja por medio de dos transformadores estáticos de 5,5 kilovatios cada uno de 2.300 á 90 voltios.

Toda la instalación es doble, para poder trabajar con regí-

Coste.—Aunque todavía quedan algunas partidas por abonar, se puede adelantar que el coste de instalación del faro es el siguiente:

	Pesetas.
Torre y almacén.....	70.275,58
Cable, adquisición.....	5.490,00
— tendido.....	11.987,39
Aparato, linterna é instalación eléctrica.....	79.040,00
Aduanas.....	3.504,78
Montaje.....	7.500,00
Muebles.....	1.600,00
	178.937,75

CONCLUSIÓN.—No se incluyen datos sobre consumo porque en los pocos días que lleva de funcionamiento no se pueden sacar conclusiones precisas. Sin embargo, de los tomados en las pruebas, se puede asegurar que el coste del consumo de fluido, dadas las pocas pérdidas que produce la resistencia magnética colocada en el cuadro de distribución, es inferior al del combustible que consumiría una lámpara de incandescencia por vapor de petróleo de 85 milímetros, pues hay que tener en cuenta el enorme precio que este combustible tiene en España; pagándose este año

en la provincia de Cádiz, por contrata, á 1,26 pesetas el kilogramo.

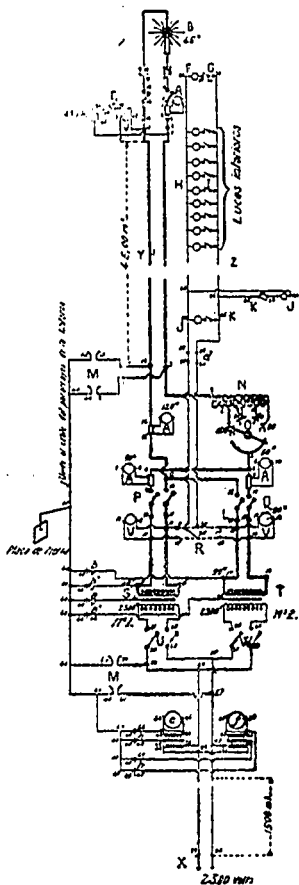
El coste de la torre, con ser menor diámetro, es muy inferior al de una torre para aparato de primero ó segundo orden, con linterna de 3,50 metros de diámetro, mínimo que hubiéramos necesitado, y el coste del aparato, linterna é instalación eléctrica es casi el mismo, algo más bajo, que el de un aparato de aquellos órdenes.

De sostenimiento tampoco resultará muy cara; el gasto principal será el de los carbones, pero de personal los tres torreros

para él, que termina en la fábrica en un cuadro también exclusivo para el faro, permitiendo alimentarlo con cualquiera de los grupos electrógenos de la misma, de tal modo que puede quedarse á oscuras la ciudad y seguir alumbrando el faro. Para una eventualidad ó un accidente fortuito en la fábrica que obligue á una reparación de importancia hay una lámpara de incandescencia por vapor de petróleo de 40 milímetros, sistema Harlé, y como el cambio de ésta es algo lento para una interrupción de pocos minutos, se pondrá una lámpara Maris de dos mechas.

Tomando, por lo tanto, todas las precauciones que se han

Esquema de la instalación eléctrica.



- A Cuatro amperímetros de 120. ^A
- B Lámpara de arco de la óptica.
- C Interruptor bipolar de la lámpara de arco.
- D Lámpara de incandescencia para la luz complementaria
- E Interruptor de la misma.
- F Lámpara de incandescencia de la luz complementaria.
- G Interruptor y cortacircuitos de la misma.
- H Lámparas para la iluminación interior.
- I Interruptores de las mismas.
- J Lámparas de los cuadros de la subestación.
- K Interruptores de las mismas.
- L Cortacircuitos bipolares de los circuitos de baja tensión
- M Pararrayos.
- N Reductor de corriente ó bobina de self.
- O Conmutador de cuatro direcciones para 30, 60, 90 y 120. ^A
- P Interruptor bipolar del transformador núm. 1.
- Q Idem id. id. núm. 2.
- R Conmutador bipolar de la línea secundaria.
- S Transformador estático 2300/90^v-5500 w. núm. 1.
- T Idem id. id. núm. 2.
- U Interruptor bipolar de alta tensión en aceite del transformador núm. 1.
- W Idem id. id. núm. 2.
- V Tres voltímetros de 100. ^v
- X Cortacircuito bipolar que protege la línea principal.
- Y Cable del arco á la subestación.
- Z Cable para la luz complementaria.
- a a' Protectores contra la alta tensión sobre las cajas de los transformadores.
- b b' Protectores sobre los circuitos secundarios.
- d Cortacircuitos bipolar.
- e Amperímetro de alta tensión.
- f Voltímetro idem id.
- h Protectores de los aparatos de medida de alta tensión.

asignados podrán hacer el servicio muy cómodamente, y si se les señala una gratificación de relativa importancia es más que nada para tener personal muy diestro y por tener la vivienda á bastante distancia del faro, lo que hace el servicio molesto.

Resulta, que se puede decir es ésta una solución económica, desapareciendo así el inconveniente principal de los faros eléctricos, que es su elevado coste por todos conceptos.

Queda por tratar la seguridad del servicio. Hoy en día, con los perfeccionamientos de las máquinas y con los grupos de reserva, se pasan años enteros sin que haya una sola interrupción en el suministro de fluido para el alumbrado de poblaciones, siempre que no se aproveche la energía hidráulica á distancia. En el faro se ha hecho una canalización subterránea, única y exclusiva

tomado para este faro creo que no hay inconveniente en extender la idea á los faros de recalada de los grandes puertos como Barcelona, Valencia, etc., recurriendo al empleo de la corriente continua que con acumuladores permite asegurar más el servicio, lo que será indispensable por la utilización que en ciertas poblaciones se está haciendo de la energía eléctrica transportada á grandes distancias, lo que no da la seguridad absoluta que por ahora puede decirse tiene el faro de que tratamos. No podemos tratar esto como una novedad porque son varias las luces de puertos de España y del extranjero iluminadas por lámparas eléctricas de incandescencia.

RAFAEL DE LA CERDA.

