

PROYECTOS DE TORRES DE HIERRO PARA LOS FAROS DEL EBRO.

Láminas 139 á la 151.

Indicacion de las materias contenidas en los diferentes capitulos de esta Memoria.

- I. Número y clase de las luces del Ebro.
- II. Ventajas de las fundaciones con pilotes de rosca.—Temor de la oxidacion que estos puedan sufrir.—Clase de hierro con que deben fabricarse.
- III. Inconvenientes de los tubos de fundicion para los esqueletos de las torres.—Destruction de los faros contruidos por este sistema en *Minor's Ledge* y en *Bishop's Rock*.—Aplicacion del hierro fundido á las torres cerradas.—Noticia de los principales que de esta clase se han edificado.—Descripcion del gran faro de pilares erigido á la entrada del pueblo de Key en la Florida.—Observaciones acerca de dicha obra.—Adopcion del hierro forjado para los montantes ó pilotes.
- IV. Altura que corresponde á las torres del Ebro.—Reflexiones acerca de la demasiada elevacion á que resulta el faro de la isla de Buda.—Asignacion de 50 metros á la altura focal en lugar de los 58 que corresponderian segun la clase y el orden de la luz.—Resultados de esta modificacion.
- V. Anteproyecto del faro de Buda.—Estabilidad de la torre.—Solidaridad entre sus diferentes partes.
- VI. Propuestas de los fabricantes.—Adjudicacion provisional á Mr. Porter, de Birmingham.
- VII. Proyecto definitivo del faro de Buda.—Longitud de los pilotes de fundacion.—Su número y disposicion.—Peso que cada uno ha de soportar.—Diámetro del helizoide de la rosca.—Fórmula para determinar el grueso de los pilotes.—Arriostado de sus cabezas formando la base de la pirámide.—Atirantado de los montantes con cruces de San Andres.—Acodado de los mismos con piezas rígidas.—Arriostado de las caras de la pirámide por medio de armazones rígidos radiales.—Su atirantado con varillas que van al tubo de la escalera.—Situacion de la casa de los toreros.—Su forma para aminorar el efecto de los vientos.
- VIII. Observaciones sobre el emplazamiento del faro de Buda.—Inocuidad de que se halle dentro del mar.—Perjuicios que se seguirian de tal situacion.—Conveniencia de erigirle á la orilla.
- IX. Torre de la Punta de la Baña.—Proyecto número 1.—Proyecto número 2.
- X. Torre de la Punta del Fangar.—Proyecto número 1.—Proyecto número 2.
- XI. Peso y coste de estas dos torres.—Preferencia dada á los proyectos señalados con el núm. 2.
- XII. Pliego de condiciones.
- XIII. Resumen general.

I.

El plan general del alumbrado marítimo indicaba para la iluminacion del trozo de costa del Mediterráneo, próximo á la desembocadura del Ebro, tres luces diferentes, á saber; una de segundo orden con eclipses de minuto en minuto en la isla de Buda, otra fija de tercer orden en la punta de la Baña, y la última de sexto orden tambien de luz fija en la punta del Fangar, y todas ellas se hubieran establecido sin duda alguna hace ya tiempo, atendida su alta importancia para la navegacion, á no haber existido dificultades puramente locales,

Tomo IX.

que han dado lugar á que se retrase el planteamiento de tan interesante servicio.

La real orden de 9 de enero último, espedita despues de oir los ilustrados dictámenes de la Comision de Faros y de la Junta consultiva de Caminos, Canales y Puertos pone fin á este expediente, habiéndose dignado S. M. resolver: 1.º que las torres del Ebro sean de armaduras de hierro montadas sobre pilotes de rosca: 2.º que aprovechando la estancia en el extranjero del Inspector Valle se le encargue la redaccion de los tres proyectos, teniendo en cuenta los datos y noticias que pueda recoger acerca de esta clase de construcciones: 3.º y último, que se le prevenga igualmente pida precios á los fabricantes, y se le faculte para admitir la proposicion que juzgare mas ventajosa, disponiendo al mismo tiempo se realice el contrato con las formalidades correspondientes.

A fin de cumplir las anteriores disposiciones me ocupé del asunto con el mayor detenimiento, estudiando primero los diversos faros de hierro proyectados y contruidos hasta el dia, conferenciando despues con los fabricantes dedicados á esta especialidad y recogiendo finalmente de las corporaciones á cuyo cargo se hallan los faros del Reino-Unido todos los informes que tienen relacion con el delicado trabajo que debia desempeñar. Por este medio, con los datos de la localidad que reclamé del Ingeniero de Tarragona y teniendo tambien presentes las observaciones de la Junta consultiva, he formulado los proyectos de las tres torres del Ebro de la manera que aparecen en los adjuntos planos y en cuyas construcciones concurren á mi entender los buenos principios que deben regir en semejantes obras.

A pesar de esta creencia, robustecida ademas con la opinion de algunas personas entendidas, no he juzgado conveniente usar de la facultad que se me concedia por la precitada Real orden para proceder en el acto á la formalizacion del contrato, optando como medio mas seguro para el debido acierto, por someter previamente al exámen y aprobacion de la superioridad el resultado de mis trabajos.

Madrid 15 de Mayo de 1861.

Tal es, pues, el objeto de la presente Memoria, en la que procuraré manifestar con la posible claridad cuanto se refiere á los dos diferentes puntos que constituyen mi encargo, esto es, la parte facultativa ó puramente técnica de los proyectos y la que se refiere á su coste y á la eleccion del fabricante que haya de llevar á cabo las obras con mas ventajas para los fondos públicos.

II.

Entre el gran número de aplicaciones de los pilotes de rosca, una de las mas útiles ha sido seguramente la de emplearlos en la construccion de aquellos faros, que, por las circunstancias particulares y escepcionales de su emplazamiento, era imposible ó sumamente difícil al menos, establecer las fundaciones con la solidez que se requiere en edificaciones de tanto peso y tan espuestas á los vientos y á los destructores efectos de las olas del mar. La enorme resistencia que ofrecen las roscas hincadas en el terreno, por blando que este sea, basta para constituir un sólido cimiento que ni sufre depresion, ni se altera por el oleage, ni está espuesto á socavaciones, pudiendo por lo tanto sostener sin riesgo alguno la carga que sobre él se establezca arreglada naturalmente al número de pilotes, á su diámetro y á la extension superficial de los helizoides que llevan estos en su estremidad inferior.

El invento de Mitchell, constituye por lo tanto en determinadas circunstancias una excelente fundacion, lo cual nada tiene de extraño, sabiendo los buenos efectos que han producido desde muy antiguo los pilotes ordinarios que siguen aun empleándose en aquellos terrenos que por su flojedad no presentan la resistencia suficiente y homogénea que es indispensable para evitar en las fábricas esos movimientos tan perjudiciales, debidos las mas veces á la poca solidez de la base de sustentacion. El único temor que en un principio se tenia del uso de los pilotes de hier-

ro, especialmente para trabajos maritimos, era la destruccion del metal por causa del agua salada, asunto que preocupó mucho con sobrado fundamento á los Ingenieros y Químicos mas distinguidos de este pais y que dió lugar á informes y discusiones del mayor interes en los Institutos científicos de Lóndres.

Resultado de estos estudios y de las observaciones recogidas en las obras existentes es la conformidad en que se hallan hoy dia todos los constructores para preferir los pilotes con vástagos macizos de hierro dulce y roscas de fundicion á los hechos esclusivamente de este último metal, bien entendido que el hierro con que se fabrican es siempre de superior calidad y se forja al martillo con sumo esmero y tomando no pocas precauciones para conseguir los buenos efectos que se desean.

Sobre tan interesante punto bueno es además advertir que así en el faro de Maplin, construido ha ya 22 años, cerca de la desembocadura del Támesis, como en los que por igual sistema se han ejecutado en varios puntos de estas costas, parece no haber desperfecto alguno en los hierros por causa de la accion del agua y vapores del mar, aun en aquellas porciones inferiores que, por estar constantemente sumergidas, no pueden recibir la pintura que se da de vez en cuando á toda la obra exterior.

El pilotage de sustentacion para los faros del Ebro será por consiguiente de hierro forjado con roscas helizoidales de fundicion, cuyo diámetro, así como el de los vástagos, variará segun la naturaleza del terreno, la profundidad de la hinea y el número de pilotes que convenga emplear en cada caso.

III.

Las piezas de hierro que constituyen el esqueleto de las torres denominadas de claravoya, hiciéronse en un principio de tubos de fundicion cuyos diámetros y espesores disminuian de abajo á arriba conforme se iba ganando al-

tura. Bien pronto, sin embargo, se llegó á conocer cuan poco á propósito es aquel metal para esta clase de construcciones, en las cuales hay que atender, mas que á la presión vertical producida por el peso de la obra y el del aparato, á los perjudiciales efectos de la vibración ocasionada por los vientos y tambien por el embate de las olas, cuando el faro se encuentra establecido dentro del mar.

Los Ingenieros y fabricantes de Francia é Inglaterra, con quienes he hablado del particular, están acordes con mi opinion de que es mucho mas conveniente emplear para los montantes de las torres el hierro forjado, el cual tiene una cierta elasticidad, de que carece la fundicion, y que es tanto mas indispensable constando el edificio de multitud de piezas que no están enlazadas entre si con tal precision que lleguen á formar un todo tan solidario como seria preciso, para que desapareciese por completo el riesgo de arruinarse la obra por efecto de la vibración y de los pequeños movimientos parciales á que se halla sujeta por su estructura especial.

La simple enunciaci6n de los principios que acabo de sentar, basta para conocer cuan exactos son en todas sus partes, habiéndolo además acreditado suficientemente la esperiencia en las varias torres que se han destruido por haberse roto los montantes hechos con tubos de fundicion. Entre ellas figuran la de *Minot's Ledge* de 24,40 metros de altura, y la de 56,60 que se estaba erigiendo en estas costas en la roca del Obispo (*Bishop's Rock*), en el mismo punto en que ahora existe la magnífica torre de sillería construida por el entendido y respetabilísimo Ingeniero Mr. Walker.

De estas dos desgraciadas obras acompaño los dibujos correspondientes, de cuya inspeccion bien pronto se deduce que además de la poca adecuada calidad del material con que se fabricaron dichas torres, habia al mismo tiempo en ellas dos defectos tan capitales, que, á no dudarlo, debian ser causa segura de su ruina en un plazo mas ó menos corto. Refiérome primeramente á la poca solidariedad de las diversas partes de la obra por carecer de piezas

que las ligaran entre si intimamente, y en segundo lugar á la falta de estabilidad en el conjunto de la edificaci6n, así por el ligerísimo talud de la pirámide, como por haber establecido demasiado alto el centro de gravedad.

Queda pues sentado que se halla oportunamente proscrito el empleo de los tubos fundidos en torres de cierta altura, siendo solo aplicable la fundicion para aquellas que en lugar de hacerse de esqueleto, deban ser cerradas y afectar la misma forma que las que se construyen de fábrica. Entonces, como varia considerablemente la disposici6n de la obra, no hay ya peligro de emplear grandes duelas de fundicion, que, intimamente ligadas entre si por medio de tornillos, constituyen un fuste de columna perfectamente solidario y homogéneo. Esto, sin embargo, no quiere decir que para tales casos sea indispensable el empleo de las placas de hierro fundido, puesto que las notables mejoras que de algunos años acá ha recibido la fabricaci6n del palastro hacen posible su uso en los faros con mas ventajosos resultados aun en ciertas circunstancias.

A pesar de lo que antes he dicho acerca de los tubos de hierro fundido, fuerza es confesar que existe en la América del Norte un faro de pilares huecos de fundicion bien digno de mencionarse por su altura de 40 metros y por el sitio en que se halla situado, espuesto, no tanto al choque de las olas, como á los impetuosos huracanes que allí reinan.

Este faro es el de *Coral Reefs* de la Florida, á la entrada del puerto de *Key*, construido con sujeci6n á los planos dados por el Ingeniero de Filadelfia Mr. Lewis.

Constituyen la base de la obra 17 pilotes de hierro de 0,™20 de diámetro con hélices de 0,™60, sobre los cuales suben despues los montantes tubulares de fundicion, con talud de $\frac{1}{6}$ los exteriores y solo de $\frac{1}{20}$ los interiores, presentando ambos esqueletos la forma de dos pirámides cuadrangulares concéntricas y con un apoyo en su eje.

La altura total se encuentra dividida en seis partes, de cuyos puntos de division salen las

riostros y tirantes que fortifican el sistema, uniendo las diferentes piezas entre sí y con el gran cilindro central que lleva la escalera de caracol que da acceso á la linterna.

La habitacion de los torreros, tambien de planta cuadrangular, se situó en el segundo piso de la torre á unos diez metros sobre el nivel del mar.

El peso total que actúa sobre los 17 pilotes que constituyen la fundacion de aquella obra sube á 356000 kilogramos. Corresponde por consiguiente 20918 kilogramos á cada uno de los pilotes, y siendo de 48066 centímetros cuadrados el área de las 17 roscas helizoidales de fundicion, resulta para estas una carga de 7,40 kilogramos por centimetro superficial.

Tal es en breves palabras la descripcion del referido faro, que, como se vé, difiere en gran manera del croquis dado á luz en los Anales de Puentes y Calzadas del año 1857, que parece aludir tambien á la misma obra. Si así fuese, puedo asegurar que se padeció equivocacion, por cuanto las noticias que acabo de dar están tomadas de publicaciones inglesas, y de dibujos calcados de vistas fotográficas sacadas del mismo faro despues de armado en la localidad.

El atento estudio de los documentos relativos al faro de la Florida, léjos de cambiar de opinion, me ha afirmado todavia mas en la idea que siempre tuve de la desventajosa aplicacion del hierro fundido para las almas ó pilares de las altas torres. La manera con que el Ingeniero Lewis dispuso la del puerto de Key, indica suficientemente que conocia bien á fondo los gravisimos inconvenientes de los tubos de fundicion, porque se vé el empeño con que procuró disminuirlos en gran parte con el proyecto que adoptó, ya que no le era posible hacerlos desaparecer por completo. Sabido es que los faros de esqueleto, como todas las construcciones en claravoya, consisten esencialmente en una pirámide truncada, compuesta de montantes debidamente sujetos entre sí y con el alma central para constituir así un armazon que pueda resistir á los extraordinarios esfuerzos á que se halla sometido. Esta disposicion ha bastado siempre que el ma-

terial empleado ha reunido las circunstancias especiales que requieren las funciones que ha de desempeñar; de ello es buena prueba los diversos faros contruidos con esqueletos de hierro ó de madera, así como tambien esas elevadas pirámides cuadrangulares de este último material que hace meses se erigieron en muchos puntos de Paris para las delicadas operaciones geodésicas del plano de aquella capital.

Pues bien, el distinguido Ingeniero americano, autor del faro de Key, desentendiéndose de esa regla general y no dando tampoco gran importancia á la parte económica ó sea al coste definitivo de la obra, concibió el proyecto que ligeramente dejó reseñado, por el cual, mediante el establecimiento, no de una pirámide como es costumbre, sino de dos pirámides cuadrangulares, concéntricas y debidamente arriostradas entre sí, logró aumentar la solidaridad y estabilidad de la torre, disminuyendo al mismo tiempo el riesgo de las fracturas de los quebradizos tubos de fundicion en las épocas de fuertes vendavales.

Esto es cierto indudablemente, pero no es menos cierto tambien que á pesar del enorme gasto producido por el considerable exceso de material empleado en la obra, mientras las almas del esqueleto consistan en una serie de tubos de hierro fundido, puestos los unos sobre los otros hasta ganar la altura total de la torre, el origen del mal subsiste en pié en mas ó menos grado y el proyecto adolece de la falta de no haber procurado hacer desaparecer la causa primera que es origen del daño, habiéndose limitado tan solo á aminorar el riesgo de sus perniciosos efectos. Por lo demás, la obra de la Florida está perfectamente estudiada, y honra sobremana á su autor el Ingeniero Lewis.

Habidas, pues, en cuenta las consideraciones anteriormente espuestas, he desechado para los faros del Ebro los pilares de fundicion y he optado por el empleo del hierro forjado, que por su naturaleza resiste mucho mejor á las vibraciones, las cuales nunca desaparecerán completamente, cualesquiera que sean las precauciones que al efecto se tomen.

IV.

Resuelta así una de las cuestiones previas para la formación de los proyectos que se me encargaron, hube de ocuparme en seguida de la altura que deberían tener las torres, punto también del mayor interés, especialmente en lo que respecta á la luz de segundo orden con eclipses de minuto en minuto de la Isla de Buda que exige una grande elevación. A ella, por lo tanto concretaré mis observaciones, dejando para las torres de la Baña y del Fangar, en que han de montarse aparatos de tercero y sexto orden, las mismas alturas fijadas en el plan general del Alumbrado marítimo ó sean 19 y 8 metros respectivamente.

Al redactarse el mencionado plan hicieron-se los cálculos correspondientes para la determinación de las alturas focales segun la magnitud y clase del aparato, y con arreglo á ellos resultan ser necesarios 58 metros en la Isla de Buda, para que colocado el observador cuatro metros sobre el nivel del mar, pueda divisar el faro á la distancia de 20,20 millas en las noches en que lo permita la fuerza de refulgencia de la luz.

El emplazamiento especial de aquella obra exige ganar toda la altura por medio de la torre de hierro, cuyo coste y dificultades crecen rápida y desproporcionadamente con la elevación en mas alto grado aun que cuando los mismos edificios se construyen de fábrica. Ahora bien, ¿se ha dado constantemente á estos últimos las alturas que para cada caso resultan calculadas en las tablas? De manera alguna, y así en Francia como en Inglaterra y otros países se han tenido muy presentes los principios antes espuestos, y siempre que las circunstancias de la localidad han exigido torres sumamente elevadas, se ha procurado disminuir su altura hasta un límite que no afectára sensiblemente al buen servicio de la luz.

En la excelente Memoria del Ingeniero don Angel Mayo sobre el alcance y altura de los fa-

ros, al tratar de este asunto, bajo el mismo punto de vista que yo le presento, acompaña la nota de las alturas de algunas torres cimentadas al nivel del mar, en la cual aparece la rebaja que sufrieron en las elevaciones preceptuadas por las tablas.

No hay por lo tanto, inconveniente en que para la torre de hierro de Buda se siga igual ejemplo, máxime cuando con su observancia se facilita la ejecución de una obra que por su clase y extraordinaria altura será de todos modos notable, y figurará á la cabeza de las que de su género se han construido hasta el día.

Las dimensiones que he adoptado dan para el gran faro del Ebro las siguientes alturas generales:

	Metros.
Desde el nivel del mar hasta las cabezas de los pilotes.	4,00
Desde estas hasta la plataforma de la linterna.	45,75
Altura de la luz sobre la plataforma.	5,50
	<hr/> 50,05

lo cual hará que el foco luminoso se halle á 50 metros sobre el nivel del mar.

La diferencia entre esta cifra y la de los 58 metros que consignan las tablas es de 8 metros, que solo hará disminuir en 5,92 millas las 20,20 que segun se ha visto constituian la longitud de la tangente, suponiendo el observador á cuatro metros sobre el agua, pero cuya distancia quedará inalterable, si gana este en el barco los mismos ocho metros, subiéndose á una altura de doce metros sobre el nivel del mar.

V.

Con los datos previos de la magnitud de la torre y una vez elegida la clase de hierro que mas convenia emplear en su construcción, pro-

cedí inmediatamente á estudiar un anteproyecto para la de Buda, en el que, sin entrar en minuciosos detalles de fabricacion, pudieran, sin embargo, conocerse desde luego los principios fundamentales en que descansaba la obra y apreciarse asimismo con bastante claridad sus diferentes elementos, á fin de que los fabricantes pudiesen calcular el coste con exactitud para acordar yo despues cual de las proposiciones por ellos presentadas ofrecia mas ventajas al Gobierno.

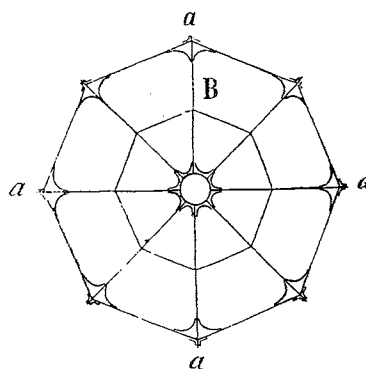
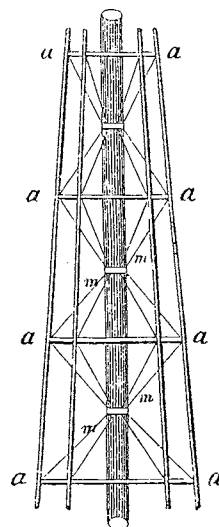
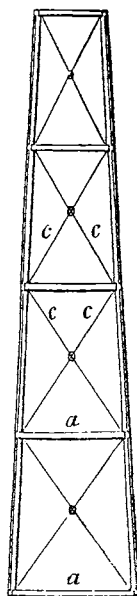
Como ya dejo dicho y no me cansaré de repetir, la bondad de estas edificaciones consiste esencialmente en que las piezas todas que constituyen el esqueleto de la torre formen un conjunto solidario y estable á la vez, pues que faltando cualquiera de estos dos requisitos en la obra, de seguro dejaria de existir en un plazo mas ó menos corto.

Para lo segundo, es decir, para conseguir la necesaria estabilidad, debe disponerse el proyecto de manera que el centro de gravedad de la construccion esté lo más bajo posible, que al mismo tiempo la base de sustentacion sea relativamente grande y que descansen ademas sobre fundaciones igualmente resistentes por todos lados para que no haya depresiones en ningun sentido. Todas estas circunstancias son fáciles de reunir en una torre, haciéndola de forma piramidal, situando la casa de los toreros hácia la parte inferior de ella y adoptando finalmente para la cimentacion los pilotes de rosca de Mitchell.

Respecto á la solidaridad, claramente se comprende que habrá de conseguirse tambien con suma perfeccion siempre que se haga de figura invariable cada una de las caras de la pirámide, con tal de que se ligen despues todas ellas entre si de la manera mas conveniente á impedir el movimiento de los diferentes elementos que las constituyen.

Para obtener la primera de estas circunstancias, esto es, para hacer que cada dos montantes consecutivos esten unidos de manera que se evite su aproximacion y separacion no hay mejor medio que el empleo de las piezas rígidas *aa* y de los tirantes *cc* que vienen á

formar una verdadera viga armada de cada cara de la pirámide.



Por igual sistema se ligan unos con otros esos enormes trapecios de manera que no puedan ceder á la flexion en ningun sentido, conservando siempre su posicion natural. Una serie de armaduras rígidas horizontales y radiales *B*, de que forman tambien parte las antedichas piezas *a*, impiden se doblen los armazones hácia adentro, mientras que el atirantado de varillas *m* evita su separacion hácia el exterior.

VI.

Tales fueron en pocas palabras los principios con arreglo á los cuales redacté el anteproyecto del faro para la Isla de Buda, que pasé á diferentes fabricantes, advirtiéndoles, entre otras cosas, que al que presentare la

proposicion mas beneficosa se le adjudicarian tambien las dos torres mas pequenas de la Bana y del Fangar, bajo iguales condiciones que la grande, deduciendo el coste segun la cantidad de materiales que exijiesen con arreglo á los proyectos especiales que se darian al mismo tiempo que se entregase el proyecto definitivo de Buda debidamente detallado.

Cumpliendo con los deseos de la Direccion general, traté de que el ajuste comprendiese á la vez el material, su transporte á España y hasta el montaje de las torres en las respectivas localidades, pero todos los fabricantes se negaron á ello abiertamente, aduciendo las mismas razones que ya me habian espuesto los que consulté para la contrata de los tramos de hierro del puente sobre el Eo en Asturias, por lo cual, ahora como entonces, hube de desistir de mi empeño, limitando el ajuste á la entrega del material al costado del buque que lo haya de conducir á los Alfaques por cuenta del Gobierno.

Bajo estas condiciones se me han dirigido las proposiciones siguientes.

De *Mr. Frederick Johnson* de Londres, comprometiéndose á hacer la obra para el faro de la Isla de Buda por la suma de 6821 *libras esterlinas*.

De *Mr. George Rennie é hijos* de Londres, pidiendo 5700 *libras*, caso de emplearse tubos de fundicion y 7500 *libras*, si toda la torre se hacia de hierro forjado.

De *Mr. Cochrane y compañía* de Woodside, cerca de Dudley, calculando el peso en unas 200 toneladas, garantizando que no excederia dicho peso de un 10 por 100, y exigiendo 25 ½ *libras* por la obra de hierro, lo cual hace subir el presupuesto á 4700 *libras esterlinas* cuando menos, y sin contar el coste de la madera y tabazon de la habitacion de los torreros.

De *Mr. John Henderson Porter*, de Birmingham, marcando definitivamente para el peso del hierro 187 toneladas y comprometiéndose á hacer toda la obra, inclusa la parte de madera, al respecto de 22 *libras 10 chelines* cada tonelada ó sea por la cantidad fija y alzada de 4207 *libras 10 chelines*.

Del mismo *Mr. Porter* manifestando, que si en vez de usarse hierro redondo en los montantes del esqueleto, se disponen estos de anchas y gruesas llantas reforzadas con escuadras en toda su longitud, el peso seria de 180 toneladas, y la suma por la cual se compromete á ejecutar toda la obra de hierro y de madera de la torre de Buda es de 4050 *libras esterlinas*.

Del exámen comparativo de las anteriores cifras, fácilmente resaltan las ventajas que ofrece el fabricante de Birmingham *Mr. Porter* sobre sus compañeros, por cuya razon no dudé un momento en dar la preferencia á su propuesta, si bien con el carácter de provisional hasta la superior aprobacion del Gobierno, y con solo el objeto de poder desarrollar en seguida los detalles todos del proyecto y valorar tambien las otras dos torres pequenas, que han de formar asimismo parte del contrato. Paso, pues, á ocuparme sucesivamente de estos diferentes puntos.

VII.

Para formar juicio exacto de un proyecto sin necesidad de pesadas esplicaciones, nada mejor que la representacion gráfica en que aparezca el conjunto de la obra, al mismo tiempo que la manera con que se hallan dispuestos sus diferentes elementos. Esta regla general es mas aplicable aun si cabe á aquellos trabajos en que, como en las torres de que voy tratando, es el hierro el único material de que se ha de hacer uso, puesto que desaparecen las grandes masas que existen siempre en las obras de fábrica, cuyos macizos se hallan aqui reemplazados por multitud de piezas de dimensiones convenientes, colocadas cual corresponde y debidamente enlazadas entre si unas con otras.

Persuadido de esta verdad incluyo varias láminas con los detalles de la torre de Buda, y me limito en este escrito á apuntar aquellas consideraciones que no es fácil deducir del exámen de los planos.

Lo primero que habia que resolver era la determinacion de la longitud de los pilotes, su

número, su espesor y el diámetro del helizoide de la rosca, circunstancias todas de la mas alta importancia, puesto que constituyen la fundacion de la obra ó sea su parte mas esencial.

Desconociendo la localidad y no habiéndose hecho tampoco los sondeos necesarios para tener cabal idea de la naturaleza del terreno en que la torre ha de establecerse, no me era posible asignar exactamente la profundidad á que podrán entrar las roscas. Sin embargo, como el Ingeniero de Tarragona manifieste que la isla de Buda en el delta mayor del Ebro, ha sido formada de las arenas y limo negruzco de bastante consistencia, acarreados por el rio, juzgo por comparacion con otras localidades algun tanto análogas, que los pilotes de 8 pulgadas inglesas de grueso y 1^m,22 de helizoide podrán meterse unos 9 á 10 metros.

Bajo esta hipótesis he fijado su longitud total en 12^m,20 con la cual habrá probablemente bastante para la porcion enterrada y para que las cabezas queden elevadas unos 5 metros á fin de que pueda emplazarse el faro mar adentro donde haya 2 metros de agua, si así lo acordare definitivamente la superioridad, despues de oir las observaciones que mas adelante espondré respetuosamente contra esta disposicion.

La base de la torre es un octógono regular de 17 metros de diámetro, en cuyos ángulos, así como en el centro, se hincarán los pilotes, que serán por consiguiente nueve, soportando cada uno de ellos 20 toneladas próximamente, puesto que el peso total asciende á unas 180.

De entre los diferentes modelos de rosca he elegido el de mayor diámetro ó sea de 1^m,22. Esto proporciona una área de 1,1684 metros para resistir á la presion de 20 toneladas, resultando por lo tanto cargada la superficie helizoidal no mas que con 1,74 kilogramos por centimetro cuadrado, peso que resulta ser cinco veces menor que el de 7,16 kilogramos á que se hallan sometidos los 17 pilotes del faro de la Florida, y muy inferior tambien al de 4,40 kilogramos (4 toneladas por pié superficial), que es el tipo que á juicio de los Inge-

nieros ingleses puede servir de guia con toda seguridad para los pilotes hincados en suelos nada resistentes.

En cuanto á los vástagos, con solo considerar que los dos tercios de su longitud han de hallarse metidos en el terreno, basta para conocer que es sobrado su grueso de 0,20 metros para soportar las 20 toneladas que han de gravitar sobre cada pilote. El cálculo lo comprueba además, puesto que si se sustituye en la fórmula práctica,

$$P = \frac{11125 d^4}{4 d^2 \times 0,16 l^2}$$

empleada comunmente por los fabricantes de Inglaterra para los soportes cilindricos de hierro forjado, por d y l sus respectivos valores de 8 pulgadas y 40 piés, se obtendrá para el peso P la cifra de 89.000 libras ó sean 39,75 toneladas.

Queda, pues, bien manifiesta la suficiencia de los nueve pilotes verticales para la fundacion de la torre de Buda, y solo será necesario disponerlos de modo que sus cabezas estén perfectamente ligadas entre si para que todos ellos formen un cuerpo, en el que se distribuya bien é igualmente la presion, destruyendo al mismo tiempo los esfuerzos laterales que pudiesen originarse en algun punto, si por cualquier evento se rompía la solidariedad dada á las diferentes piezas del esqueleto piramidal.

Tal es el objeto del fuerte arazon de hierro colocado sobre el pilotaje, formando una plataforma radial suficientemente rígida que servirá de coronacion á los pilotes de fundacion, al mismo tiempo que de base ó asiento á la torre del faro. La disposicion de las diferentes piezas que componen este gran arazon, así como la forma, dimensiones y enlace que todas ellas tienen entre si se manifiestan con suma claridad en las láminas correspondientes.

La pirámide, cuyo diámetro en su pié es de 17 metros y de 5,70 en su parte superior, mide, como ya he dicho, una altura de 45^m,75 hasta el piso de la galeria de la linterna, y para que su construccion sea tan solidaria cual con-

viene, he observado los buenos preceptos de que hablé en un principio, atirantando los montantes angulares por medio de varillas en forma de cruces de S. Andrés, acodalándolos con hierros de C y estableciendo despues rígidos armazones horizontales alrededor del tubo de la escalera, al cual van unidos, en fin, los otros tirantes inclinados que evitan los movimientos hácia el exterior.

La combinacion de estas diferentes piezas, convenientemente distribuidas en toda la altura de la pirámide, hará por consiguiente de la torre un solo cuerpo tan solidario como es preciso para su seguridad y para que no ejerza en la base, de una manera sensible, otros esfuerzos que los debidos al peso de la construccion.

A 9^m,60 sobre la gran plataforma del pilotaje, he situado la casa de los torreros, cuyo piso está formado de una armadura de vigas radiales y otras mas pequeñas paralelas al octógono de la pirámide. Aumenta considerablemente la resistencia de este suelo, al mismo tiempo que su trabazon con el esqueleto de la torre; 1.º la columna vertical de 0^m,60 de diámetro situada á plomo del pilote central; 2.º las ocho tornapuntas pequeñas que en ella se apoyan dentro del cono inferior, y 3.º las piezas de hierro que sirven de generatrices de la superficie cónica

Dicho se está que este cono además de proporcionar un espacio útil para depósito de aceite y otros efectos, tiene tambien por objeto el aminorar la accion de los vientos, estableciendo una especie de *taja-aire* que cubra el gran plano horizontal del piso de la casa, idea que he adoptado asimismo para la parte superior ó sea para la misma casilla, la cual, en vez de ser prismática, estará formada de husillos cilindricos de palastro, recubiertos de tablas por el interior y cuyas directrices serán las ocho fuertes cerchas ó vigas arqueadas de hierro, que, partiendo desde el piso, irán á parar al tubo de la escalera, sirviéndole al mismo tiempo de botareles para repartir su presion en mayor número de puntos.

La altura de estos arcos de hierro permite que haya dos pisos, en los cuales se hace la

distribucion de las habitaciones por medio de tabiques divisorios de madera. En el primer piso se establecen además de la puerta de entrada, ventanas y vidrieras á la inglesa, y para obtener luz y ventilacion en el piso segundo, van los traga-luces inclinados de cristal y los ventiladores verticales (fig. 23 y 24), dispuestos unos y otros convenientemente á impedir que penetre el agua en tiempo de lluvia.

Deseando economizar el empleo de la fundicion en las partes principales de la obra, proyecto de palastro el gran tubo que ha de contener la escalera y que ha de servir á la vez de alma central al esqueleto piramidal que constituye la torre. El tubo es cilindrico, tiene 2 metros de diámetro y está formado de planchas de 0^m,025 de espesor unidas entre sí por medio de cubre-juntas exteriores horizontales y verticales, cuyas anchuras de 0^m,10 y 0^m,15 permiten poner las dos filas de roblones de 0^m,016 de grueso, necesarias para ligar bien dichas planchas. Esta union que, como dejo manifestado, es solo por el exterior, se aumenta en muy alto grado interiormente por los peldaños de hierro fundido encastrados entre sí unos con otros, roblonados fuertemente por su extremo mas ancho al tubo de palastro, y enchufados, en fin, los anillos centrales en la barra vertical de hierro forjado de 0^m,050 que constituye el alma de la escalera de caracol.

Para iluminarla y para ventilarla proyéctanse ventanas repartidas convenientemente en toda la altura, siendo sus dimensiones capaces de permitir que salga por ellas el operario á los armazones radiales horizontales, sobre los cuales, pueden ponerse tablonés, escaleras y aun andamios, así para reconocer la torre este-riormente, como para facilitar las operaciones de reconocer la pintura, regular la tension de los tirantes, etc.

La plataforma en que descansa la linterna, es de 5^m,50 de diámetro y como el del octógono formado por los montantes solo mide 5^m,70, ha sido preciso disponer (fig. 22) unas fuertes ménsulas, que fortificando la parte voladiza, contribuyen, en union con la balaustrada, á dar á la coronacion de la obra un buen aspecto.

Las esplicaciones que dejo hechas, y sobre todo el exámen de los dibujos bastan en mi concepto para formar una idea exacta del proyecto del faro de segundo orden del Ebro, res-tándome tan solo manifestar que para los ocho montantes ó piezas principales del esqueleto de la torre, en lugar de las barras redondas de hierro forjado de 0^m,15 hasta 0^m,10 de diámetro que pudieran emplearse, he preferido las anchas y gruesas llantas planas, propuestas por Mr. Porter, las cuales, con las dos fuertes es-cuadras á ellas cosidas en toda su longitud, presentan la necesaria resistencia con mas la ventaja de facilitarse y mejorarse estraordinariamente por este medio la union de las dife-rentes partes de los montantes entre si y con los tirantes, codales y demás piezas á que deben quedar intimamente sujetos.

(Se continuará)

BIBLIOGRAFIA.

ROCCO (Giuseppe). Questioni di diritto amministra-tivo. Napoli 1860, 1 volume in-8, di pag. 711. 10 fr.

BROGLIO (Emilio). Dell'imposta sulla rendita in Inghilterra e sul capitale negli Stati Uniti; lettere al conte di Cavour. Torino 1856, 2 vol. in-8, di pag. 481 e 183. 5 fr.

NOTIZIE topografiche del Monte Rosa ed ascensioni su di esso, di G. GNIFETTI, parroco d'Alagna; seconda edizione con note ed aggiunte. Novara 1858, 1 vol. in-8, pag. 93. 1 fr. 25 c.

DIZIONARIO corografico universale dell'Italia, sis-tematicamente suddiviso secondo l'attuale partizione po-litica d'ogni singolo Stato italiano, compilato da parec-chi dotti italiani. Milano 1852-58, 9 vol. in-8 gr. a 2 col., leg. 360 fr.

Questa importante opera è così suddivisa: *Lumbar-dia*, 1 vol. di pag. XLII-1008; *Veneto*, 1 vol., pag. xcvi-10072; *Stati Sardi di Terraferma*, 1 vol., pag. cxiv-1419; *Modena, Parma, Piacenza, Trentino ed Istria*, 1 vol., pag. cxlix-574; *Toscana*, 1 vol., pag. xcvi-1578; *Stato Pontificio*, 1 vol., p. LVII-1447; *Napoli*, 1 vol. pag. cxi-1056; *Isole di Sardegna, Sicilia, Corsica, Mal-ta*, 1 vol., pag. cxvii-569; *Svizzera italiana, Savoia*, 1 vol., pag. cxi-419.

VASARI (Giorgio). Le vite dei più eccellenti pittori, scultori e architetti, pubblicate per cura di una Società di amatori delle arti belle. Firenze 1840-57. 15 vol. in-12, adorni di molti ritratti incisi in legno. 32 fr.

VIGNA (P. Raimondo Amedeo, dei Predicatori).

L'antica collegiata di S. Maria di Castello in Genova, illustrata col mezzo di copiosi documenti inediti. Geno-va 1859, 1 vol. in-8, pag. xi-502. 3 fr.

FEBRERO (Ingegnere Luigi Claudio). Dei tubi per le condotte d'acqua e loro accessori; Manuale pratico. Torino 1860, in-8, p. 62, 1 tav. lit. 1 fr. 50 c.

RELAZIONE del Giurati é giudizio della R. Camera di Agricoltura e Commercio sulla Esposizione Nazionale di prodotti delle industrie, seguita nel 1858 in Torino. Torino 1860, 1 vol. in-8, pag. cxcii-546. 10 fr.

CANTONI (Ingegnere Giovanni). Sunto di un corso di lezioni sui fenomeni elettrici e magnetici. Milano 1860 in-16, pag. 114. 1 fr. 80 c.

NUOVA ENCICLOPEDIA popolare italiana, ovvero Dizionario generale di scienze, lettere, arti, storia, geo-grafia, ecc. ecc.; opera compilata sulle migliori in tal genere inglesi, tedesche e francesi, coll'assistenza e col consiglio di scienziati e letterati italiani, corredata di molte incisioni in leguo inscrite nel testo e di tavole in rame. Quarta edizione intieramente riveduta ed accre-sciuta di più migliaia di articoli e di molte incisioni si in legno che in rame. Torino 1860, in-4 a due col. Vo-lume X. (II IZ). 24 fr.

Vol. I-IX (A-G), 200 fr.

(Quest'Opera formerà circa 25 vol. con atlante di tavole incise).

GRAN CARTA d'Italia, disegnata ed incisa colla scorta delle opere più recenti ed accreditate di Geografia rettificata d'appresso i nuovi confini politici, pubbli-cata da G. CIVELLI, e dedicata all'illustre geografo ita-liano ADRIANO BALBI, sulla scala di 1/535 m. Milano 1860, 28 gr. fogli. 60 fr.

PARTE OFICIAL.

26 de Abril. Real orden autorizando á D. Julian Duro, vecino de Madrid, para que en el término de un año verifique los estudios de un ferro-carril que par-tiendo de la linea general de Madrid á Zaragoza, en Si-güenza ó Medinaceli, y pasando por Soria, empalme en el punto mas conveniente con la linea de Zaragoza á Alsásua.

1.^o de Mayo. Real orden autorizando á D. Agustín Morales Munuera para que practique investigaciones con objeto de iluminar aguas en el sitio llamado Falda de la Muela, término de la villa de Alhama, provincia de Mur-cia, de cuyas aguas, si fuesen encontradas, podrá dis-poner á perpetuidad el concesionario, al tenor de lo prescrito en el art. 27 del Real decreto de 29 de abril del año próximo pasado.

1.^o de Mayo. Real orden autorizando á D. José Diaz Morillas, para que aproveche las aguas del arroyo Ha-mado de las Cañas, como fuerza motriz de un molino harinero que intenta construir en el terreno de Carra-traca, provincia de Málaga; bajo ciertas condiciones.

2.^o de Mayo. Real orden prorogando por el término de nueve meses el plazo que se le señaló á D. Ildefonso Aragoneses, vecino de Madrid, por la Real orden de 13 de agosto del año último, para practicar los estudios de un canal de riego derivado de la orilla izquierda del Guadalquivir, que fertilice las vegas de Alcolea, Sevilla, y otros pueblos.