

DESCRIPCION

de los aparatos de alumbrado empleados en los

FAROS.



Hasta fines del siglo pasado, todos los faros se iluminaban por medio de hogueras, encendidas con carbon ó leña y dispuestas en la parte superior de las torres, ó bien con hachones embreados ó mechas introducidas en sebo y aceite. El descubrimiento de la lámpara de doble corriente de aire, llamada de *Argant* en 1784, es la que suministró al célebre Borda, la idea de colocar ésta lámpara en el foco de reflectores parabólicos, construyendo segun su proyecto el primer aparato de esta clase en 1789, que fué aplicado al notable faro de Cordouan en 1791.

Antes de emplear los reflectores parabólicos, se propuso en Inglaterra desde 1759 la aplicacion de lentes de cristal á las linternas de los faros; pero la gran absorcion de luz que producian hizo que se abandonasen, á pesar de haberse aplicado ya á las luces que alumbraban la costa S. de Inglaterra, y sobre todo de Irlanda. Para evitar este inconveniente propuso Condorcet en 1775 hacer las lentes de piezas separadas, y en 1811 describe David Brewster en la *Enciclopedia de Edimburgo*, este modo de fabricar lentes. Sin embargo, hasta que Mr. Agustin Fresnel descubrió en 1819 los aparatos lenticulares, no se habia reconocido la importancia que tenia este sistema que ha llegado á ser

Tomo VIII.

casi el esclusivo. Presentó su sistema en la Memoria leida á la Academia de ciencias de Paris, el 26 de julio de 1822, colocándose en el mismo año un aparato de esta clase en el faro de Cordouan.

A los holandeses pertenece la gloria de haber seguido á los franceses, en la introduccion de este prodigioso invento, que no tardó en estenderse por todas las naciones marítimas del globo, prestando á la navegacion las inmensas ventajas que hoy reconoce todo el mundo.

España que en 1847, cuando se creó la Comision especial de faros, contaba veinte luces, de las que solo en cuatro habia aparatos lenticulares, hoy tiene sesenta y tres faros alumbrando y diez y seis en construccion, conservándose únicamente diez aparatos antiguos con el carácter de provisionales.

Vamos á dar la descripcion detallada de la composicion y de la manera de funcionar estos aparatos, deteniéndonos principalmente en los lenticulares del sistema de Fresnel, por ser los que hoy se emplean generalmente.

Todos los aparatos de iluminacion de los faros se distinguen en *catóptricos* ó de reflexion, *dióptricos* ó de refraccion, y *catadióptricos* ó compuestos de partes que reflejan la luz y partes que la refractan.

Madrid 1.º de Febrero de 1860.

PARTE PRIMERA.

APARATOS CATÓPTRICOS.

La propiedad que tiene la parábola de que una línea tirada desde su foco F (fig. 1.^a, lám. 111.^a) á un punto cualquiera B de la curva, forma con la tangente AC un ángulo FBA igual al CBD de esta tangente con una recta BD paralela al eje HO , es la que ha servido de base á la aplicacion de los reflectores parabólicos á los faros.

En efecto, haciendo girar esta parábola alrededor de su eje HO , se engendrará un parabolóide elíptico de revolucion; cada seccion principal que pasa por el eje HO gozará de la propiedad indicada, puesto que se conserva siempre el mismo foco F , la reunion de todas estas secciones formará una superficie tal, que si se materializa y se pulimenta su parte cóncava, y se coloca en el foco un punto luminoso; este emitirá rayos que se reflejarán paralelamente al eje, formando un haz.

En la práctica no se obtendrá nunca un espejo perfecto por la dificultad de la ejecucion, así como tambien es imposible que el foco luminoso sea un punto matemático, por lo que los rayos luminosos que van á parar á los extremos del espejo salen con alguna divergencia, tanto mayor, cuanto mayor sea el diámetro de la llama de la luz colocada en el foco.

Los reflectores empleados en los mejores faros son de plaqué, para lo cual, hecho el parabolóide de cobre, se ha cubierto la superficie cóncava de una capa de plata bien pulimentada, que sirve de superficie reflejante. Los dos metales han entrado en los aparatos contruidos, en la proporcion de 16 partes de cobre y seis de plata.

La disposicion adoptada generalmente para colocar las lámparas, es la que está representada en las figs. 2, 3 y 4, en donde aaa es el reflector que tiene dos aberturas, la inferior

d es elíptica para que permita pasar el mechero b de la lámpara, y á la superior d' se ha unido un tubo de metal $d'e$ para que se establezca la corriente de aire que ha de alimentar la llama.

La lámpara se compone de un depósito superior A (fig. 5), que comunica con el mechero b por medio de un conducto h ; aquel lleva un tubo ó chimenea de cristal bc , (fig. 2), para guiar la llama y cuyo eje está en prolongacion del eje del tubo $d'e$. Para que el aceite llegue al mechero b con regularidad, es preciso que el aceite se halle en el pequeño depósito A' (figs. 2 y 5) al mismo nivel que en b , ó en la línea $A'b$.

Para obtener esto, el depósito A termina en su parte inferior por un tubo l , en el cual hay practicada una abertura o y está cerrado en l . Cuando se llena este depósito de aceite, así como el A' y el tubo h hasta el nivel $A'b$, la lámpara se halla en estado de funcionar. A medida que el aceite se va consumiendo en el mechero b , va bajando el nivel en el depósito A' , hasta descubrir el orificio o del tubo l ; en cuanto esto se verifica, el aire exterior atraviesa el aceite del depósito A y pasa á la cámara l' , baja hasta mn y se repone el depósito A' , de modo que el nivel $A'b$ permanece constante, y de consiguiente el mechero siempre alimentado. Esta lámpara va montada en una varilla pq (figs. 2, 3 y 4) que permite variar su posicion para limpiarla y prepararla, la cual se apoya en una pieza ii á la que une la faja aa' que abraza el reflector. Es muy importante establecer bien la altura que debe tener el mechero respecto á el depósito de aceite A (fig. 5) para lo cual se empieza por hacer la pieza CD horizontal por medio de un nivel de aire n colocado sobre ella: en el extremo c hay un tornillo E que permite variar la posicion de la

Imaginémonos dos parábolas abc $a'b'c'$, iguales y dispuestas de modo que coincidiendo sus ejes mn y sus focos f esten vueltas en sentido contrario, si suprimimos las dos porciones dbe y $d'b'e'$ y hacemos que el resto $add'a'$ y ce $c'e'$ gire al rededor del eje rs , engendrarádos superficies una superior y otra inferior, tales que si se coloca una lámpara en el foco comun f los rayos emitidos fp sobre esta superficie se reflejarán paralelamente al eje mn y por todo el horizonte. Pero este aparato no puede hacerse de grandes dimensiones por la dificultad de construir grandes reflectores, así es que se han empleado únicamente en las luces de Puerto.

Otras modificaciones ha introducido el mismo M. Bordier Marcet en los aparatos, pero que ya no son de interes en el estado actual de la iluminacion de los faros.

Los inconvenientes que presentan los aparatos catóptricos ó de reflectores, son:

1.º La gran absorcion de luz, pues con la

misma cantidad de aceite se produce un efecto cuatro veces mayor en los aparatos lenticulares.

2.º El empleo de un gran número de lámparas y de su vigilancia, lo cual hace que el servicio sea mas difícil y mas espuesto á alteraciones durante la noche.

5.º La facilidad con que se rayan y se empañan los reflectores, lo cual ademas de disminuir el efecto de la luz, necesita que se pulimenten continuamente.

4.º El enorme peso de los reflectores, lo que no permite aumentar su número mas que reduciendo sus dimensiones y su alcance. Los mayores reflectores empleados apenas tenian 0^m,35 de luz, 0^m,155 de distancia focal y pesaban 50 kilogramos.

5.º La dificultad de colocar exactamente en la posicion correspondiente, cada reflector y su lámpara, lo cual hace que se disminuya el efecto de la reflexion.

PARTE SEGUNDA.

APARATOS DIÓPTRICOS Y CATADIÓPTRICOS.

Los aparatos de esta clase conocidos generalmente con el nombre de *lenticulares*, se componen de una lámpara colocada en el centro de una envolvente de cristal, cilindrica ó poligonal, fija ó movable, que sirve para aumentar el brillo y para hacer variar las apariencias de la luz.

Esta envolvente está dividida en tres zonas, la central ó *dióptrica* y las dos superior é inferior ó *catadióptricas*; enlazadas todas por medio de una *armadura*, que se apoya en una columna hueca de fundicion.

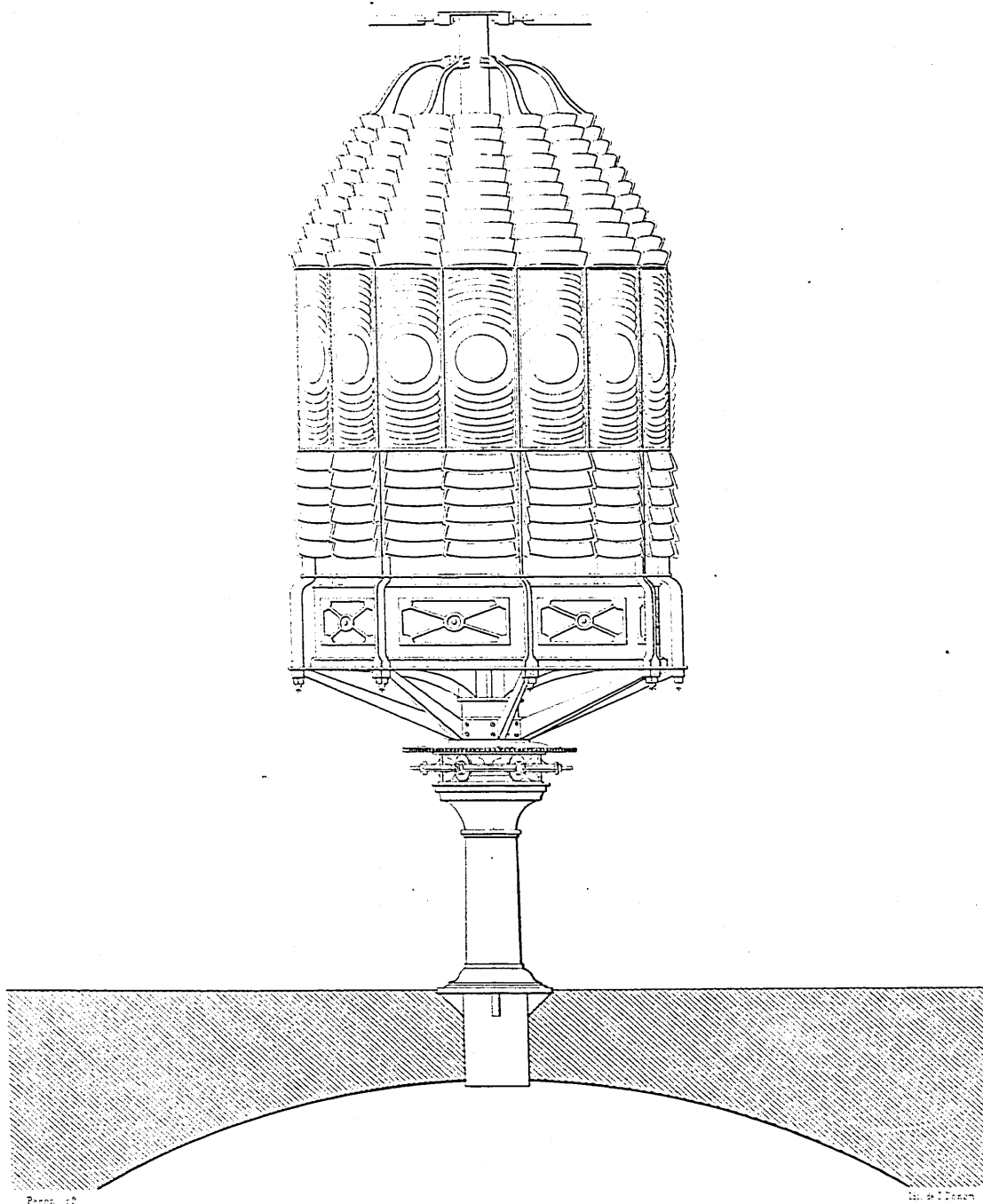
El aparato así formado, está cubierto con una linterna poligonal de cristal, lo mismo que en los aparatos de reflectores que sirve para preservarlos y se apoya en el torreón del faro, dejando en el interior un espacio ó galeria suficiente, para hacer el servicio del alumbrado y limpieza.

Los aparatos se dividen en seis órdenes con arreglo á sus dimensiones y á la fuerza de sus lámparas, segun se espresa en la tabla siguiente:

ORDEN de los aparatos.	DIÁMETRO interior en metros.	INTENSIDAD de la luz espresada en mechas de Cárcel para las luces	
		fijas.	de destellos.
1.º	1,84	600	4050
2.º	1,40	545	2500
5.º	1	110	1000
4.º	0,50	60	550
5.º	0,375	20	"
6.º	0,50	11	"

FARO CATADIÓPTRICO DE 1^{ER} ORDEN

con destellos en toda la altura.



Escala de tres centímetros por metro.

0 1 2 3 Metros.

Para hacer la descripción completa de estos aparatos, examinaremos separadamente en un aparato de primer orden.

1.° La envolvente de cristal y sus accesorios.

2.° Las diferentes clases de lámparas empleadas.

3.° La linterna.

Y después veremos las modificaciones que experimenta cada una de estas partes en los cinco aparatos restantes.

1.° ENVOLVENTE DE CRISTAL

Si suponemos que enfrente de un punto luminoso F (fig. 10) se coloca una lente biconvexa MN de tal manera que su foco se confunda con el punto F , todos los rayos emitidos por este punto y que caigan sobre la superficie de la lente MN tales como Fa , Fa experimentarán dos refracciones sucesivas, saliendo en la dirección cr paralela al eje de la lente; de consiguiente, aun cuando por diferente medio, habremos llegado al mismo resultado que con los reflectores, que es obtener un haz luminoso paralelo al horizonte.

La dificultad de construir lentes de grandes dimensiones, la gran absorción de luz debida al mucho espesor del material y la circunstancia de que en las lentes esféricas se reúnen en el foco, solamente los rayos incidentes que caen próximos al eje, sugirió en un principio á Buffon y después á Condorcet la idea de no emplear como lentes, mas que pequeños segmentos de la esfera. La experiencia de este hecho es por sí suficiente para construir las lentes de piezas separadas; sin embargo, Fresnel fué el primero que valiéndose de el constructor Mr. Soleil, hizo ejecutar lentes bajo este principio y completó su aplicación.

Empezó por adoptar desde luego las lentes plano-convexas, por ser de mas fácil ejecución, y el *crown-glass*, á pesar de un color gris, por tener menos *striae* que el *flint-glass*, determinando su índice de refracción (1) por medio

(1) Recordaremos aquí que se llama *índice de refracción* á la relacion que hay entre los senos del ángulo

de experimentos hechos con toda paciencia y precisión, que encontró ser de 1,51; con lo cual subdividió la superficie total de las lentes en una central designada con el núm. 1 en la figura 15 y en bandas anulares y concéntricas 2, 3, 4 ... encontrando cuidadosamente los elementos de curvatura de cada una.

El disco central de las lentes empleadas en los faros de primer orden y cuya distancia focal es de 0^m,92, tiene 0^m,28 de diámetro y las bandas anulares que le rodean, van decreciendo gradualmente en anchura á medida que se retiran de su eje desde 0^m,07 á 0^m,052. La altura de estas zonas puede variar entre ciertos límites; pero es muy conveniente que todas tengan la misma, para evitar el inconveniente de que las superficies de las unas se proyecten sobre las otras, y además para que las pérdidas de luz debidas á la absorción sea la misma en todas.

Los efectos conseguidos con las lentes compuestas de esta manera son:

1.° Corregir la excesiva *aberración* producida por refracción en un segmento grande de la esfera, en donde los rayos paralelos que caen sobre los bordes de la superficie curva, así como los inmediatos al eje, convergen en un punto mas próximo á la lente que su foco principal.

2.° Disminuir la cantidad de material que entra en la composición de las lentes, lo cual no solo aumenta el coste y el peso del aparato, sino que disminuye por absorción la cantidad de luz transmitida.

de incidencia y del ángulo de refracción, de manera que en la fig. 12, si suponemos que en el punto F haya colocado un punto luminoso que emita un rayo incidente FQ , tirando la normal QQ' á la superficie MN , el ángulo de incidencia será el FQQ' , formado por el rayo incidente FQ con la normal á la superficie en el punto Q , en que dicho rayo la encuentra; el ángulo de refracción será el PQQ'' , que el rayo refractado QP forma con la misma normal; por lo tanto, si llamamos i el índice de refracción, tendremos

$$i = \frac{\text{sen. } FQQ'}{\text{sen. } PQQ''}$$

esta relacion permanece siempre constante para un mismo cuerpo, cualquiera que sea la inclinación del rayo FQ , respecto á la superficie MN .

Para corregir cuanto sea posible este efecto de la aberracion, en las lentes de los faros se verifica parcialmente en cada zona, determinando un radio medio de curvatura para el disco central y para cada banda sucesiva á medida que se retira del eje.

En las lentes construidas primitivamente por Mr. Soleil, las zonas se unian por medio de piezas de cobre; pero la gran precision y exactitud que se emplea hoy, ha hecho que los actuales constructores de Paris Mr. Sauter y Mr. Lepaute encierren las piezas solamente en un bastidor metálico ABCD (fig. 15), uniéndose unas zonas á otras por medio de las pequeñas fajas *a b*. Es notable que un aparato que tiene 0,84 metros cuadrados de superficie y que pesa 50 kilógramos próximamente y se halla compuesto de tantas partes, pueda ser mantenido por un enlace tan delgado como son las diez fajas pequeñas de cristal pulimentado, ligadas por una película de cola de pescado.

Fórmulas de los elementos de curvatura.

Vamos ahora á determinar las fórmulas dadas por Fresnel, para calcular los elementos de una lente compuesta, y para ello examinaremos dos casos: 1.º El del disco ó lente central y 2.º el de una cualquiera de las bandas concéntricas. En ambos casos partiremos de los datos que nos dan, la distancia focal y el índice de refraccion de el cristal.

PRIMER CASO.

La seccion de la lente central por un plano que pasa por su centro, es una figura mistilínea ABEDGH (figura 11) compuesta de un segmento circular HGD, unido á un rectángulo HAED, cuyo espesor HA = ED está determinado por la resistencia que necesita, para que puedan unirse las demas piezas que constituyen la lente completa.

Para determinar el radio de curvatura de esta lente que llamaremos $\hat{c}$, encontraremos el valor del radio de curvatura próximo al eje

que supondremos sea $\hat{c}'$ y el inmediato á los extremos ó bordes que podemos llamar $\hat{c}''$, con el fin de evitar la aberracion de esfericidad y entonces tendremos para el radio medio

$$\hat{c} = \frac{\hat{c}' + \hat{c}''}{2}$$

Supongamos pues (figura 12), que AMM sea la seccion de una lente, por un plano que pasa por su eje AF; F el foco de los rayos paralelos; C el centro de curvatura; FQP II la direccion que sigue un rayo de luz paralelo al eje despues de haberse refractado. Tiremos las rectas QG prolongacion de la PQ hasta encontrar al eje en G y CPT que será normal á la curva en P y llamemos ademas

$\varphi = \angle AF$, distancia local,

$e = AB$, espesor de la lente,

$\hat{c}' = AC$, radio de curvatura en el vértice,

$\Theta = \angle AG$,

$r =$ índice de refraccion,

entonces tendremos que

$$r = \frac{\text{sen. } PCG}{\text{sen. } GPC} = \frac{PG}{CG} \text{ para el rayo } PG \text{ y}$$

$$r = \frac{\text{sen. } QFG}{\text{sen. } QGF} = \frac{QG}{QF} \text{ para el rayo } QF.$$

Pero ahora bien, á medida que el punto P se aproxima á el A, las distancias PG, QG y QF tienden á ser iguales á las AG. BG y BF de manera que para los puntos próximos al A tendremos

$$r = \frac{\Theta}{\Theta - \hat{c}'}; \quad r = \frac{\Theta - e}{\varphi}$$

eliminando Θ de estas ecuaciones resulta

$$r^2 \varphi - r \hat{c}' = r \varphi + e \text{ de donde}$$

$$\hat{c}' = (r-1) \left(\varphi + \frac{e}{r} \right)$$

Pasemos á determinar $\hat{c}''$, para lo cual supondremos (figura 11), que FA'HX represente la marcha que sigue un rayo refractado, paralelamente al eje de la lente; y conservando las denominaciones de la figura anterior añadiremos las siguientes:

$a = AB$

$a' = A'B$

$\hat{c}' = AH$ espesor del reborde de la lente

$i = \angle A'FB$, primer ángulo de incidencia

$i' = AFB$,

$r' = H'AH$ primer ángulo de refracción

$r'' = A'HC$, segundo ángulo de refracción

$\alpha = r' + r'' = \text{ángulo de emergencia.}$

Entonces tendremos que en el triángulo LHC

$$CH = \delta'' = \frac{LH}{\text{sen. } LCH} = \frac{a}{\text{sen. } \alpha}$$

Vamos a determinar $\text{sen. } \alpha$, para lo cual ob-

servaremos que el índice de refracción r , en este caso es

$$r = \frac{\text{sen. } LCH}{\text{sen. } r'} = \frac{\text{sen. } \alpha}{\text{sen. } r'}$$

$$\text{sen. } \alpha = r \text{ sen. } r' = r \text{ sen. } (\alpha - r'') \text{ ó}$$

$$\frac{\text{sen. } \alpha}{r} = \text{sen. } \alpha \cos. r'' - \cos. \alpha \text{ sen. } r''$$

$$\text{sen. } \alpha \left(\cos. r'' - \frac{1}{r} \right) = \cos. \alpha \text{ sen. } r''$$

$$\text{sen. } \alpha \left(\cos. r'' - \frac{2 \cos. r''}{r} + \frac{1}{r^2} \right) = \cos. \alpha \text{ sen. } r'' = \text{sen. } r'' - \text{sen. } \alpha \text{ sen. } r''.$$

$$\text{sen. } \alpha \left(1 - \frac{2 \cos. r''}{r} + \frac{1}{r^2} \right) = \text{sen. } r''$$

y por último

$$\text{sen. } \alpha = \frac{r \text{ sen. } r''}{\sqrt{1 - 2r \cos. r'' + r^2}} \quad (a) \text{ que susti-}$$

tuido en el valor de δ'' dará

$$\delta'' = \frac{a}{r \text{ sen. } r''} \sqrt{1 - 2r \cos. r'' + r^2}.$$

Nos queda conocer en este valor, únicamente el ángulo r'' , para lo cual observaremos, que para la refracción en el punto A podremos tomar el rayo AH' tal que HH' será próximamente igual a AA'. Entonces sabemos que el índice de refracción r será

$$r = \frac{\text{sen. } BFA'}{\text{sen. } A'HA} = \frac{\text{sen. } i}{\text{sen. } r''} \text{ de donde}$$

$$\text{sen. } r'' = \frac{\text{sen. } i}{r} \quad (1) \text{ pero}$$

$$\text{tang. } i = \frac{a'}{c} \quad (2) \text{ y}$$

$$a' = a - AA' = a - HH' \quad (3) \text{ y}$$

$$HH' = HA \times \text{tang. } HAH' = c' \times \text{tang. } HAH' \quad (4)$$

el índice de refracción en el punto a será

$$r = \frac{\text{sen. } i}{\text{sen. } HAH'}, \text{ ó sea } HAH' = \frac{\text{sen. } i}{r} \quad (5)$$

Por último, el ángulo i está dado por

$$\text{tang. } i = \frac{a}{c}.$$

Esta expresión nos dará el ángulo i , que sustituido en la ecuación (5), dará el valor de HAH' y por sustituciones sucesivas en las (4), (5), (2) y (1) llegaremos al valor de r'' .

SEGUNDO CASO.

En el caso de una banda concéntrica, necesitamos determinar no solo el radio de curvatura z , sino las coordenadas que fijan la posición del centro, referidas a los ejes rectangulares que pasan por el foco y por la cara interior de la lente. Supongamos, pues, que ABCD (fig. 15), sea la sección de una de las bandas anulares, compuesta de un triángulo mistilíneo BCD y de un rectángulo ABDE, siendo el grueso ó espesor AB el mismo que el del disco central. Para determinar el radio de curvatura, sea como en el caso anterior (figura 14), F el foco, C el centro de curvatura y FB'bx, FE m'x' la marcha que siguen los rayos refractados que salen en direcciones bx y m'x' paralelas al eje de la lente central. El último pasa desde E' hasta e por una parte de la banda inmediata AEea'. Representemos por

$z = mC = bC$, el radio de curvatura

$\varphi = AF$, la distancia focal

$c = Bb$, altura del reborde de la lente

$c' = BE$, grueso de la misma

$a = AB$

$b = AE$

$a' = AB'$

$b' = AE'$

$r' = bBK = \text{primer ángulo de refracción del rayo FB'}$

$r'' = B'BC$, segundo ángulo de refracción

$\alpha = r' + r''$

$r'_1 = cEK = \text{primer ángulo de refracción del rayo FE}$

$r''_1 = e mC$, segundo ángulo de refracción

$$\alpha' = r_1' + r_1''$$

$$i = BFA, i' = B'FA, i_1 = EFA, i_1' = E'FA$$

$r =$ índice de refraccion.

El triángulo bmc nos da

$$bC = \delta = \frac{bm \times \text{sen. } b m C}{\text{sen. } b C m}$$

Vamos á encontrar cada una de las cantidades que entran en el segundo miembro, en funcion de los datos de la cuestion, para lo cual

$$bm = \frac{e' \cos. r_1'}{\text{sen. } (90^\circ - \frac{1}{2}(\alpha - \alpha') - r_1'')} = \frac{e' \cos. r_1'}{\cos. (r_1'' + \frac{1}{2}(\alpha - \alpha'))}$$

y el de δ en

$$\delta = \frac{e' \cos. r_1' \cdot \cos. \frac{1}{2}(\alpha - \alpha')}{\cos. (r_1'' + \frac{1}{2}(\alpha - \alpha')) \times \text{sen. } (\alpha - \alpha')}$$

$$\delta = \frac{e' \cos. r_1'}{2 \cos. (r_1'' + \frac{1}{2}(\alpha - \alpha')) \cdot \text{sen. } \frac{1}{2}(\alpha - \alpha')}$$

Determinemos ahora los valores de los ángulos α, α' y r_1' para lo cual sabemos (espresion (a) del caso anterior) que:

$$\text{sen. } \alpha = \frac{r \text{ sen. } r'}{\sqrt{r^2 - 2r \text{ sen. } r' - 1}} \quad (1)$$

$$\text{sen. } \alpha' = \frac{r \text{ sen. } r_1'}{\sqrt{r^2 - 2r \text{ sen. } r_1' - 1}} \quad (1)$$

$$r = \frac{\text{sen. } BFA}{\text{sen. } BbB'} = \frac{\text{sen. } i}{\text{sen. } BbB'}; \quad r = \frac{\text{sen. } EFA}{\text{sen. } EeE'} = \frac{\text{sen. } i_1}{\text{sen. } EeE'}$$

de donde

$$\text{sen. } BbB' = \frac{\text{sen. } i}{r}, \text{ sen. } EeE' = \frac{\text{sen. } i_1}{r} \quad (5)$$

y por último los ángulos i, i_1 están conocidos por las espresiones

$$\text{Tang. } i = \frac{a}{\varphi}, \text{ Tang. } i_1 = \frac{b}{\varphi}$$

Partiendo pues de estos últimos valores, en donde no entran mas que cantidades conocidas a, b, φ , puesto que la posicion del foco F está dada, y haciendo sustituciones sucesivas en las espresiones (5) (4) (3) (2) (1), obtendremos los valores de α, α' y r_1' que substituidos en el valor δ nos darán el radio de curvatura.

Nos queda determinar aun la posicion del

tenemos: que el triángulo bmc da

$$bm = \frac{be \times \text{sen. } bem}{\text{sen. } b m C} = \frac{e' \times \text{sen. } (90^\circ - r_1')}{\text{sen. } (b m C - e m C)}$$

pero $b m C$, por ser isosceles el triángulo $b m C$, es igual á

$$90^\circ - \frac{1}{2} b C m = 90^\circ - \frac{1}{2} (\alpha - \alpha')$$

así pues, el valor de bm se convertirá en

en donde conoceremos los ángulos r' y r_1' por los valores siguientes

$$r = \frac{\text{sen. } BFA}{\text{sen. } r'}; \quad r = \frac{\text{sen. } EFA}{\text{sen. } r_1'} \quad \text{ó}$$

$$\text{sen. } r' = \frac{\text{sen. } i'}{r}, \quad \text{sen. } r_1' = \frac{\text{sen. } i_1'}{r} \quad (2)$$

en estos determinaremos los ángulos $i' e' i_1'$, por las espresiones

$$\text{tang. } i' = \frac{a'}{\varphi} \text{ y tang. } i_1' = \frac{b'}{\varphi} \quad (3). \quad a' \text{ y } b' \text{ se}$$

conocerán de la manera siguiente

$$a' = a - Bb' = a - bK = a - e \text{ tang. } BbB \quad (4)$$

$$b' = b - Ee' = b - eK' = b - e \text{ tang. } EeE' \quad (4)$$

los ángulos BbB' y EeE' se deducirán por medio del índice de refraccion

centro C para trazar el arco bm , y para ello hallaremos los valores de las coordenadas CG y CQ referidas al origen A y tendremos

$$CQ = Cq - qQ = Cq - Bb$$

$$Cg = bq - ab = bq - AB$$

ó llamándolas $x e' y$

$$x = \delta \cdot \text{sen. } \alpha - e.$$

$$y = \delta \cdot \cos. \alpha - a.$$

Todos los elementos de las demas bandas concéntricas, podrán determinarse del mismo modo.

Las lentes anulares, para los faros de primer orden del sistema de Fresnel, se componen de un disco central de 0^m,275 de diámetro y de diez bandas concéntricas, las cuales tienen un foco comun, donde se cruzan los rayos

luminosos, despues de haberlas atravesado. Se colocan con tal precision el disco central y todos los anulares, que la posicion del foco del sistema completo de las lentes, difiere en una cantidad muy pequeña, de la que se obtiene por el cálculo.

(Se continuará.)

A. MAYO.

PROYECTO DEL PUERTO DE BARCELONA.

El Ingeniero D. José Rafo, Inspector del Cuerpo, á quien la Direccion general de Obras públicas encomendó en 28 de abril del año pasado la formacion del proyecto del puerto de Barcelona, acompañando « un exámen critico de las disposiciones adoptadas en los diferentes planos que consultase », ha presentado en 31 de octubre último un importante trabajo de que vamos á ocuparnos.

El Sr. Rafo separándose de la opinion de los autores de los demas proyectos, en cuanto al origen de las arenas que ciegan el puerto, y que ha sido la base principal en que han fundado sus estudios, establece su teoria respecto á el régimen de la costa y puerto de Barcelona, en virtud de la cual deduce las consecuencias siguientes:

1.ª Que las arenas provienen de las montañas que rodean el puerto, cuyo manantial haciendo avanzar la costa, es inagotable y por lo tanto inútil oponerse á él.

2.ª Que el arrastre de las arenas y su acumulacion que tanto se ha temido, es de proporciones tan limitadas dentro del puerto, que no tienen importancia alguna al lado de la inmensa riqueza que representa el puerto de Barcelona, puesto que la limpia aun en el caso mas exajerado no escederá de 64,000 metros cúbicos proxinamente al año y su coste de 400,000 reales.

5.ª Que por efecto de los mares y de los vientos reinantes el movimiento de las arenas se verifica de Levante á Poniente y solo en algun caso en sentido contrario.

4.ª Que la formacion de las barras ha sido debida á las obras de prolongacion de los espigones y muelles, que han ido variando sucesivamente el régimen de las costas.

5.ª Que la Tasca que hoy existe, no es otra cosa que una parte de la barra que se empezó á formar en 1814 y de la cual por causa de las limpias para mantener espeditos los canales y aumentar el fondo del puerto, solo ha quedado de ella la porcion actual, á donde no se ha llegado con los dragados.

6.ª Que los canales ó pasos por cada lado de la Tasca deben su primera existencia á el dragado y no á la naturaleza, y su conservacion al cuidado que desde tiempos antiguos se ha tenido para conservarlos á fuerza de trabajo especialmente el del E. por donde entran y salen las embarcaciones.

Fundado en estas conclusiones propone en su proyecto dos diques para cerrar el puerto: El 1.º el del Este de 1,024 metros de longitud; con el objeto de impedir por el mayor tiempo posible que las barras puedan incomodar la fácil entrada, con el de resguardar los buques anclados en el puerto de todos los vientos y mares de que sea capaz, y por último con el de que, en combinacion con el dique del Oeste, deje una entrada que pueda tomarse sin peligro en todos tiempos. El 2.º del Oeste de 440^m, dispuesto de modo que proporcione el abrigo á que no alcanza el del E. y subordinado á él, para que al paso que contribuyan ambos al objeto que deben satisfacer, impida la entrada á las arenas que marchan hácia el E. en la costa de Santa Madrona.

Estos dos diques dejan una boca de 500 metros y comprenden un espacio abrigado formando el puerto, de 145 hectáreas.

Sin entrar á esponer nuestra opinion acerca de un proyecto, al que han precedido otros 28 formados por gran número de Ingenieros y de personas ilustradas, sobre todo, hoy que se halla sometido al exámen de la Junta Consultiva de Caminos, queremos consignar que este trabajo debe considerarse como un modelo de esta clase de estudios, tanto en la manera de presentarle

FAROS

Descripcion de los aparatos de alumbrado.

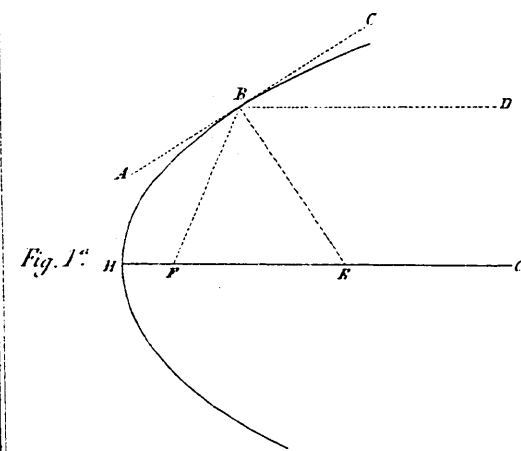


Fig. 1.

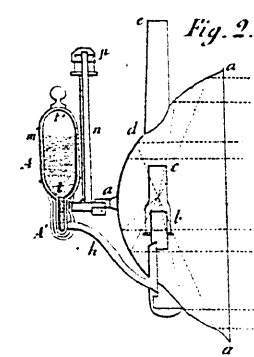


Fig. 2.

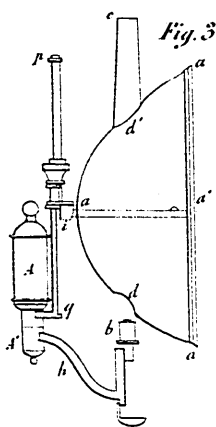


Fig. 3.

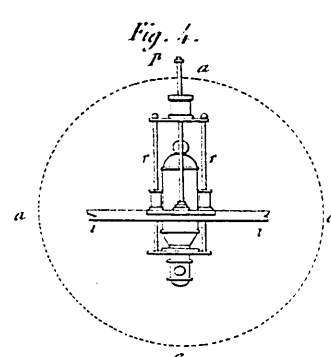


Fig. 4.

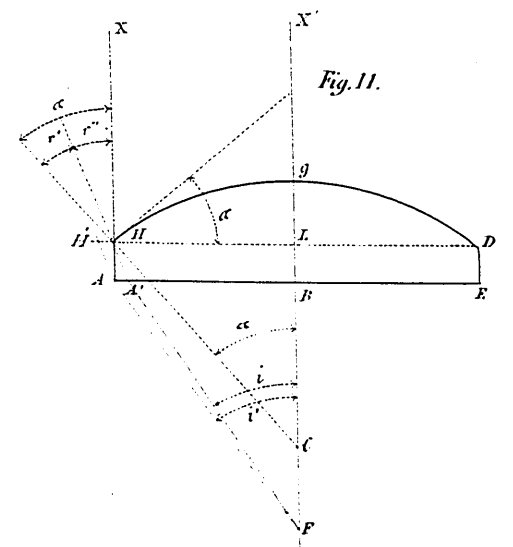


Fig. 11.

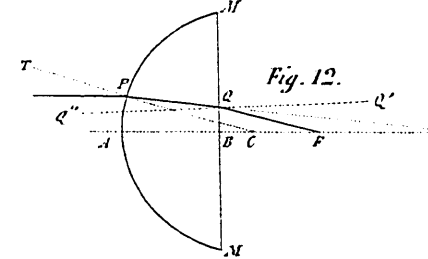


Fig. 12.

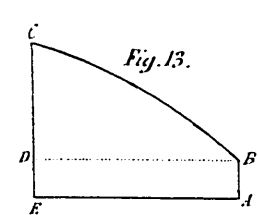


Fig. 13.

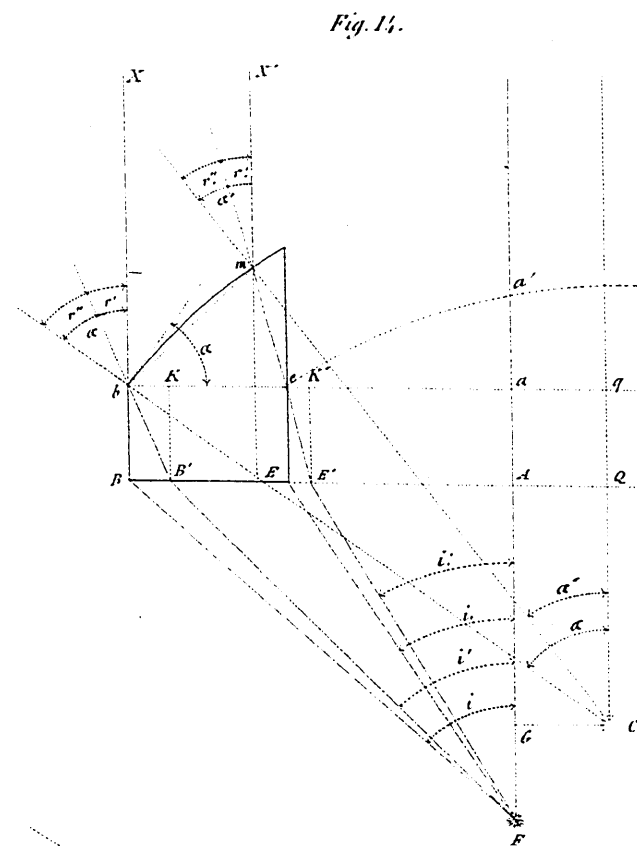


Fig. 14.

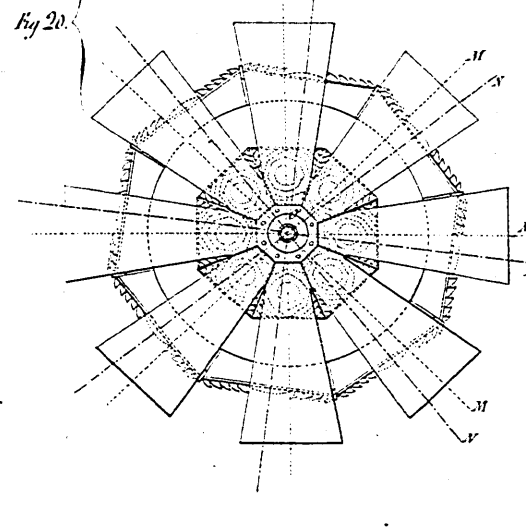
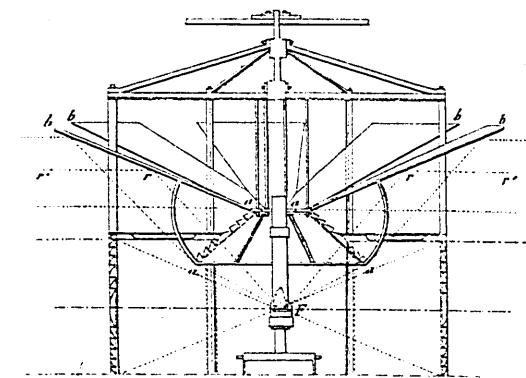


Fig. 20.

Aparato de eclipses

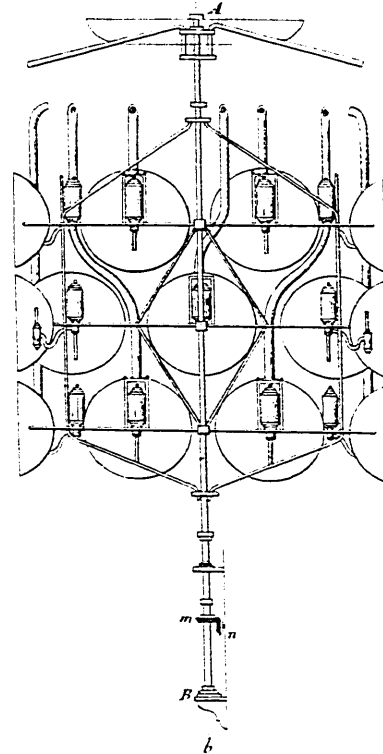


Fig. 8.

Aparato de luz fija

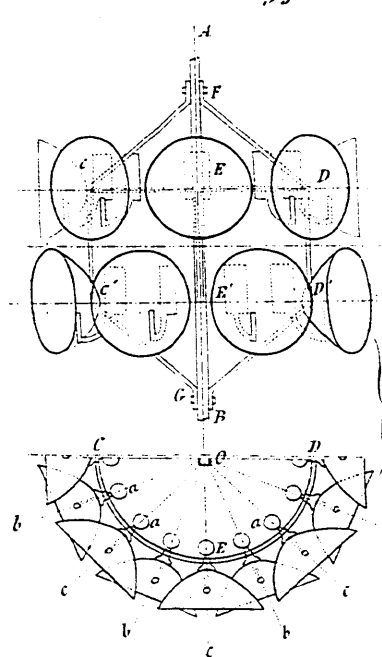


Fig. 6.

Fig. 7.

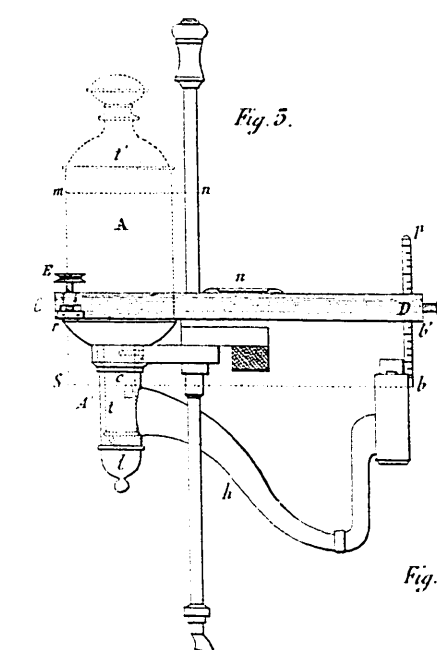
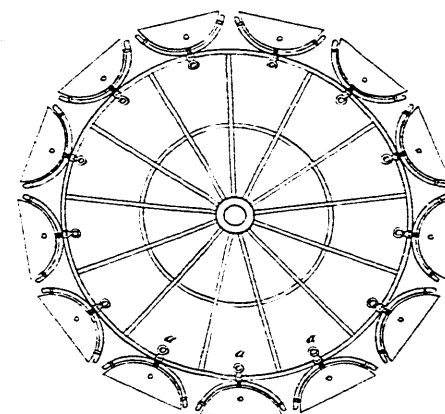


Fig. 5.

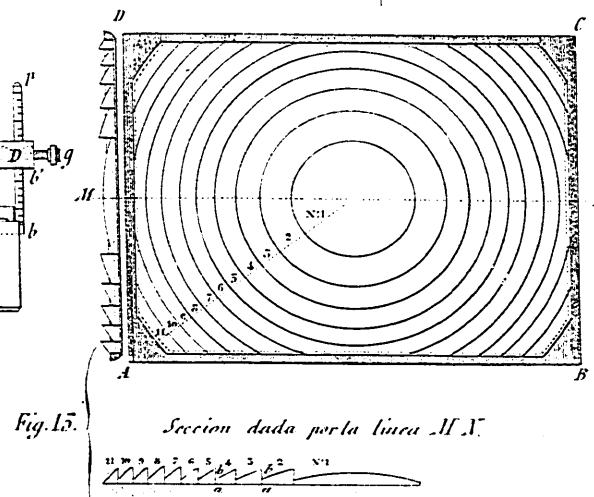


Fig. 15.

Seccion dada por la linea M N

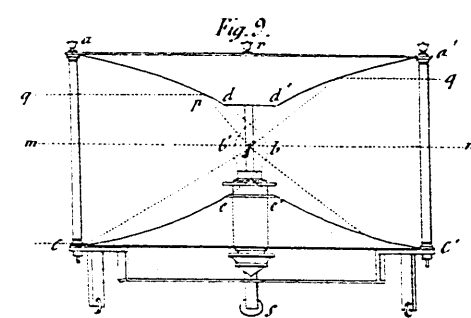


Fig. 9.

Fig. 10.

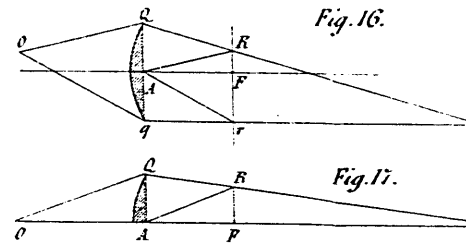
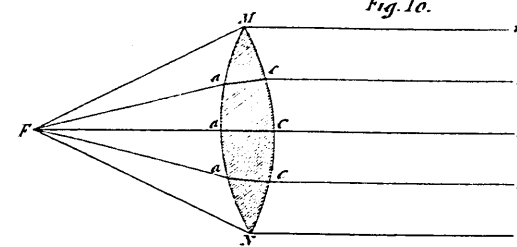


Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 23.

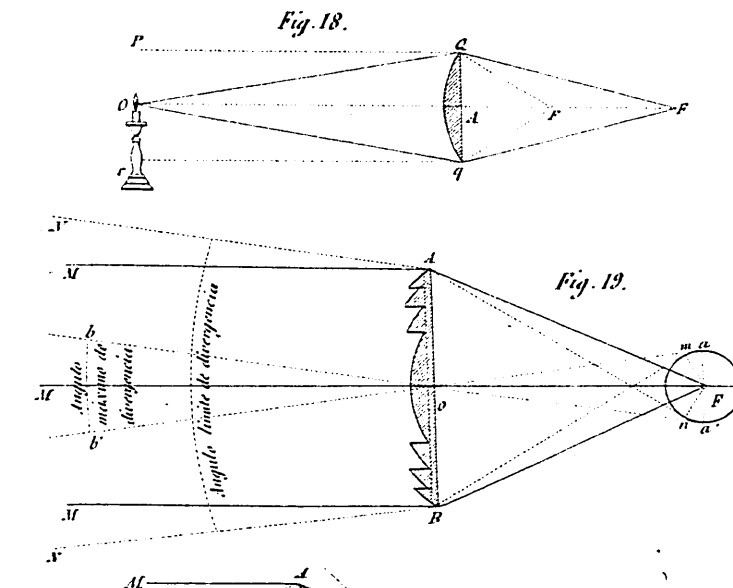
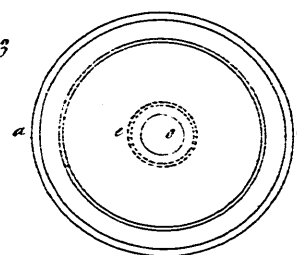


Fig. 18.

Fig. 19.

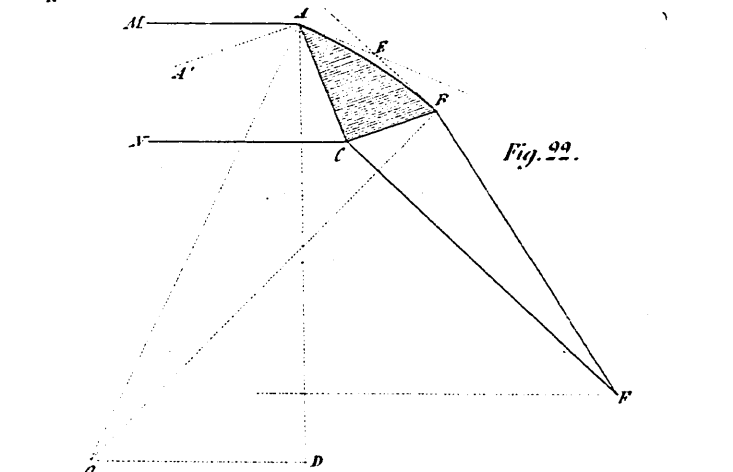


Fig. 22.

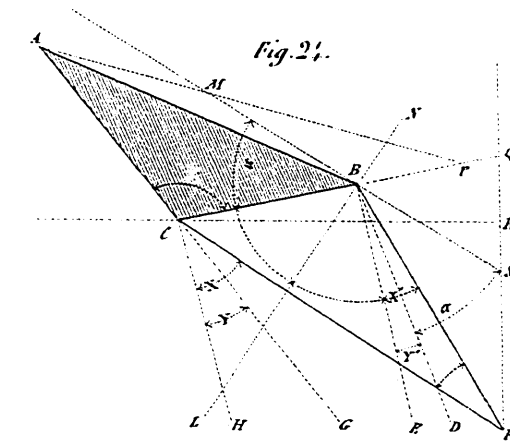


Fig. 21.

Fig. 25.

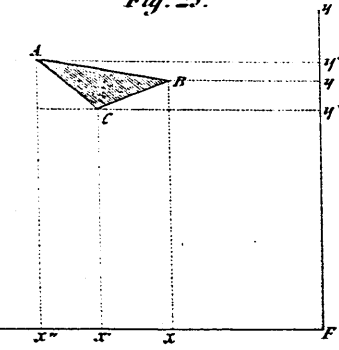


Fig. 21.

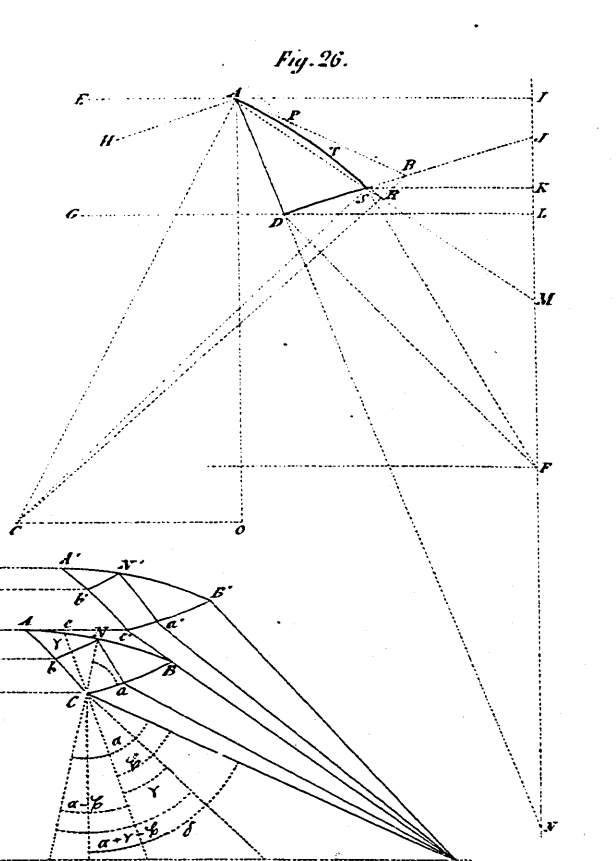
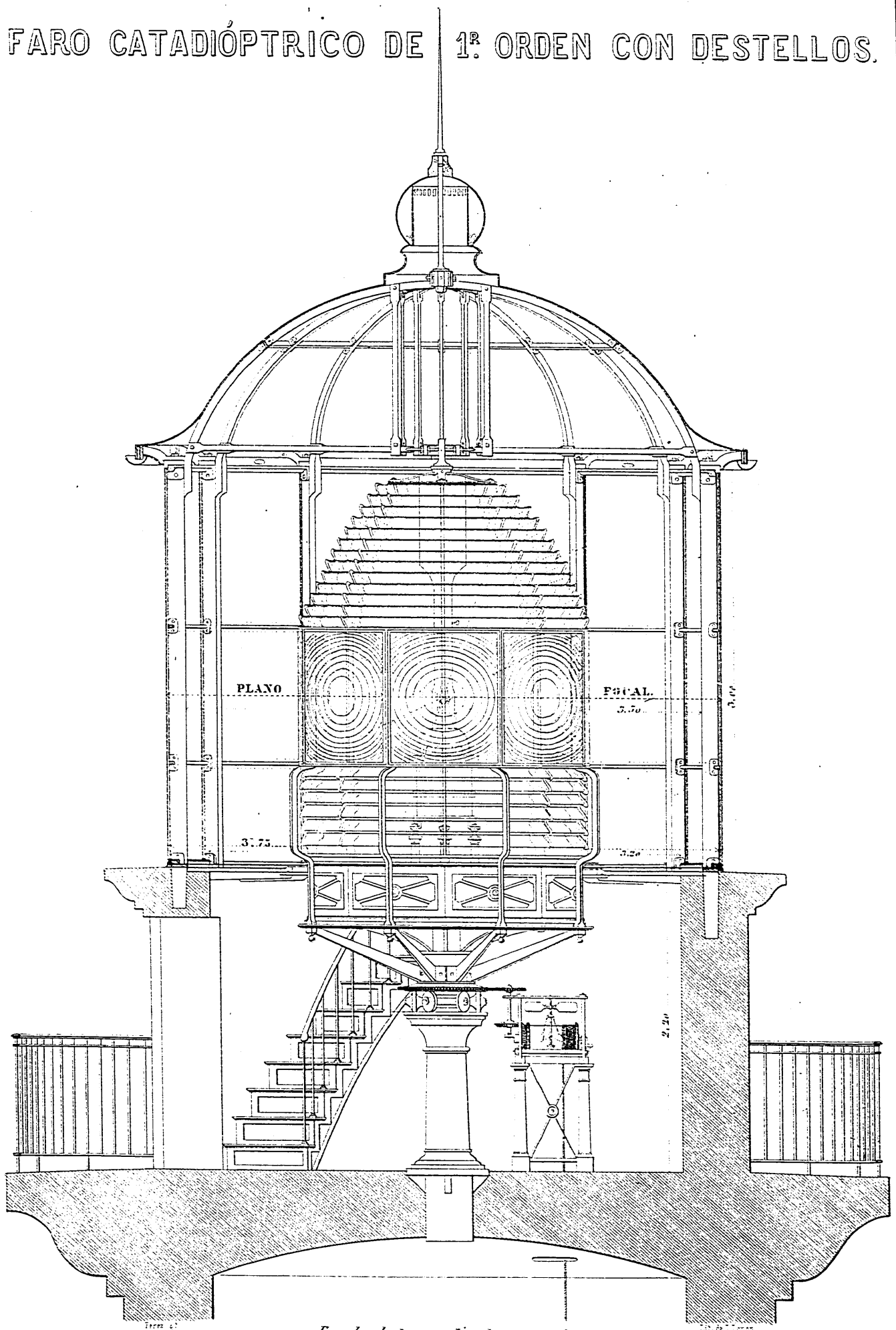


Fig. 26.

FARO CATADIÓPTRICO DE 1.^R ORDEN CON DESTELLOS.



PROYECTO DE UN TEMPLO DE LA GUAYANA.

Escala de $\frac{1}{10}$ 