

Año 23.

Núm. 12.

# REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL

---

PUBLICACIÓN MENSUAL

DE LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES

AGRUPACIÓN DE BARCELONA

---

Premiada con MEDALLA de ORO en la Exposición Universal de  
Barcelona de 1888 y en la de Boston de 1883; y con  
medalla de plata en la de París de 1889  
y en la de Bruselas de 1897

---

**DICIEMBRE, 1900**

---

**BARCELONA**

LA REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN, EN EL LOCAL DE LA ASOCIACIÓN

RAMBLA DE SAN JOSE, NUMERO 30, PISO 1.º

TELÉFONO, 541



## COMISIÓN DE REVISTA

---

Presidente: El Presidente de la Asociación, D. Carlos M.<sup>a</sup> de Moy.

Vocales: { Sr. D. José Pascual y Deop.  
              , , Bernardo Puig.  
              , , Jaime Prats.  
              , , José Playá.  
              , , Luis Daunis.  
              , , José Serrat y Bonastre.  
              , , Alvaro Llatas.  
              , , Gervasio de Artiñano.  
Secretario: , , Luis de Babot.

---

### SUMARIO

---

Líneas de sombra propia y planos tangentes en los helizoides alabeados.  
Diez años de ciencia.

#### Noticias:

Un puente colgante de 314 metros de luz.  
Empleo del cisco de antracita para terraplenar.  
El nuevo puente colgante de Budapest.

---

### PRECIOS DE SUSCRIPCION

---

10 PESETAS ANUALES EN TODA ESPAÑA Y 12 EN EL ESTRANGERO

UN NÚMERO SUELTO UNA PESETA

### PRECIOS DE LOS ANUNCIOS

VARIA SEGÚN EL SITIO Y NÚMERO DE INSERCIONES

---

La Asociación no es responsable de las opiniones emitidas por sus miembros en las discusiones, ni de las notas ó trabajos publicados en la REVISTA.

---

No pueden reproducirse los artículos de esta Revista sin permiso de sus autores.

Ayuntamiento de Madrid



# Academia Tecnológica

PARA ALUMNOS INTERNOS Y EXTERNOS

Dirigida por el Ingeniero industrial, mecánico y químico

**D. Pedro Rius y Matas**

Preparación completa para el ingreso en la Escuela de Ingenieros industriales.

Las clases de matemáticas correspondientes al primer curso de preparación, las explica el ingeniero D. Ramón M.<sup>a</sup> Pons y Bas (Vice-Director de la Academia); las de dibujo y química corren á cargo del señor Director, confiándose las restantes asignaturas al personal facultativo de la Academia, compuesto exclusivamente de Ingenieros Industriales, Arquitectos, Doctores y Licenciados en las respectivas facultades.

Curso ante-preparatorio para los alumnos no bachilleres.

Dibujo de preparación con modelos iguales á los de la Escuela de Ingenieros.

Durante el curso se realizan excursiones de carácter científico y de aplicación.

**PELAYO, 10, 1.º — BARCELONA**

---

## RICARDO ZARAGOZA

Ronda de la Universidad, 14

---

### Calderas multitubulares inexplosibles sistema NICLAUSSE

---

La caldera **Niclausse** posee ventajas no conocidas aún en ningún otro sistema de calderas tubulases. Los tubos son desmontables por el frontis de la caldera, sin necesidad de quitar ningún elemento. Las juntas son cónicas y equilibradas. No tienen tirantes ni tuercas. Con la caldera **Niclausse** se obtiene una vaporización de 11 kilogramos de vapor por kilo de carbón.

En España más de 11,000 caballos en funcionamiento.

La casa **J. & A. Niclausse de Paris** construye actualmente las calderas auxiliares del «Cardenal Cisneros», «Princesa de Asturias» y «Cataluña» y tiene otras instalaciones en proyecto, para la marina española, 17 000 caballos para la alemana, 6.000 para la inglesa, 150 000 para la francesa, 28.000 para la italiana, 36.000 para la marina rusa, etc. etc.

**Maquinas de vapor de la casa Browett Lindley & C.º de Manchester:** en Cataluña más de 2,000 caballos funcionando.

**Purificadores** de agua para la alimentación de calderas, garantizando por completo la no formación de incrustaciones. Estos purificadores son aplicables á cualquier depósito de que se disponga.

---

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.

Ayuntamiento de Madrid



# FRANCISCO DE A. MAS

REPRESENTANTE

Calle del Cármén, 40.—BARCELONA

---

**Planos anchos laminados** hasta 750 m/m de ancho; **barras redondas** hasta 210 m/m de diámetro; **chapas** hasta 3<sup>m</sup>500 de ancho por grandes dimensiones; **chapas circulares** hasta 3<sup>m</sup>600 de diámetro.

**Acero moldeado** según diseño hasta 5000 ks. la pieza.

**Cobre rojo** sin soldadura de fabricación electrolítica en tubos, cilindros y camisas de condensadores, hasta dos metros de diámetro.

**Alambre bimetalico** de acero con recubrimiento de cobre y de latón.

**Chapas** de fabricación especial con un grado de histéresis muy reducido y **acero** moldeado de gran permeabilidad magnética, para **dinamos** y otros aparatos eléctricos.

---

Agente exclusivo de Sebrüder Euskirchen de Colonia.

Constructores de máquinas-útiles

para los talleres de construcciones metálicas, caldererías, y para trabajar la madera.

---

Para precios y catálogos dirigirse á

**Francisco de A. Mas.—Cármén, 40. BARCELONA**

---

**DISPONIBLE**

---

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.

Ayuntamiento de Madrid



# LA MAQUINISTA TERRESTRE

- Y -

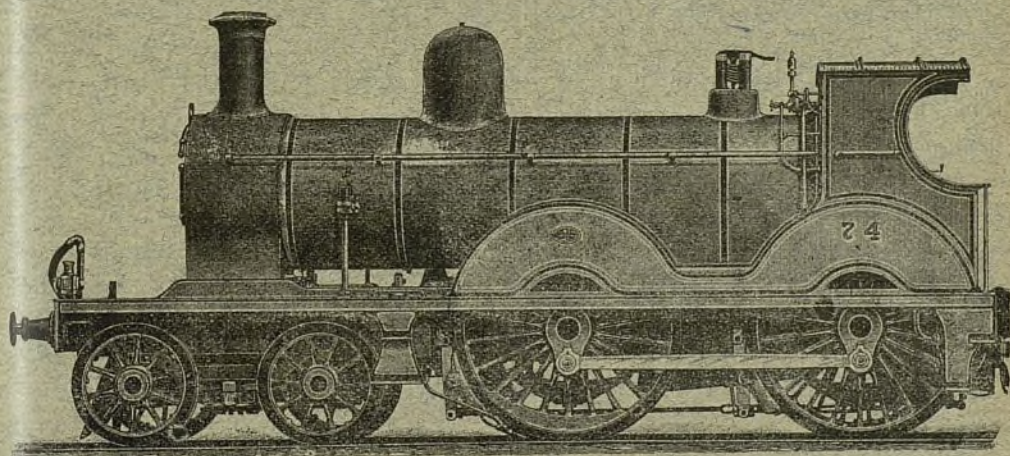
## MARITIMA

**BARCELONA**

**TALLERES DE CONSTRUCCION. — BARCELONETA**

---

Máquinas de vapor fijas, semifijas y portátiles.—Máquinas para extracción y desagüe de minas.—Máquinas para la marina.  
Generadores de vapor.—Diques flotantes.—Trabajos de calderería.  
Hierro forjado de todas dimensiones.



Locomotoras y material fijo para ferro-carriles.—Construcciones metálicas.—Puentes y armaduras.—Mercados públicos.  
Grúas de mano, de vapor é hidráulicas.—Motores hidráulicos.—  
Transmisiones de movimiento.—Fundición de hierro y bronce.  
Proyectos industriales.

---

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.

Ayuntamiento de Madrid



# PLANAS, FLAQUER Y COMP.<sup>A</sup>

## CONSTRUCTORES DE MAQUINAS

Casa fundada en 1857.—Dirección general: Ronda Universidad, 22.—Barcelona.

### CONSTRUCCIONES MECÁNICAS

Especialidad en **Turbinas** y toda clase de **Motores hidráulicos**. (Construidos más de 900, con una fuerza total de 55.000 caballos).

**TURBINAS** á libre desviación á reacción, para funcionar inmersas y con aspiración.

**TURBINAS** de eje vertical, de eje horizontal, con cámara abierta y con cámara cerrada.

**TURBINAS** dobles, de coronas múltiples y de admisión parcial.

**TURBINAS** especiales para instalaciones eléctricas.

**REGULADORES** de gran sensibilidad para turbinas.

**Transmisiones** de movimiento de todas clases.—**Prensas hidráulicas** con cilindros de acero fundido.—**Bombas** de todas clases para riegos y grandes elevaciones de agua.

### CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS

**Máquinas y Motores eléctricos** de todas clases. (Fuerza total de las construidas, superior á 25.000 caballos).

**GRANDES DINAMOS** á pequeña velocidad para estaciones centrales.

**MAQUINAS de corriente alternativa** para utilización de energía eléctrica á gran distancia.—Concesionarios de la casa **GANZ Y COMPANIA**, de Budapest.

**ALTERNADORES** de corriente polifase.

**TRANSFORMADORES** sistema Zipernowski, Dery y Blathy.

**MOTORES** de corriente continua, alternativa y trifase, de arranque automático.

**Reguladores** automáticos y á mano.—

**Aparatos de medida**.—**Accesorios** para estaciones centrales y para toda clase de instalaciones. **Lámparas** de arco, de incandescencia y de material vario.—**Cables**, **Conductores** aéreos y subterráneos, **Aisladores**, etc., etc.

### INSTALACIÓN COMPLETA DE ESTACIONES CENTRALES

Alumbrado eléctrico de poblaciones.

Transporte y distribución de energía eléctrica á grandes y pequeñas distancias.—Importantes aplicaciones efectuadas.—*Pídanse proyectos y presupuestos.*

## Patentes de Invención

Y

### MARCAS DE FÁBRICA Y DE COMERCIO

### OFICINA INTERNACIONAL

BAJO LA DIRECCIÓN DE

## D. GERÓNIMO BOLIVAR

INGENIERO INDUSTRIAL

Ronda de la Universidad, 19.—BARCELONA

Redacción de Memorias y solicitudes —Planos. Pago de anualidades. Expedientes de puestas en práctica.—Consultas y dictámenes sobre nulidad de patentes y cuanto se relaciona con la obtención y venta de patentes en España y en el extranjero.

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.

Ayuntamiento de Madrid



# COMPañÍA DEL FRENO DE VACIO

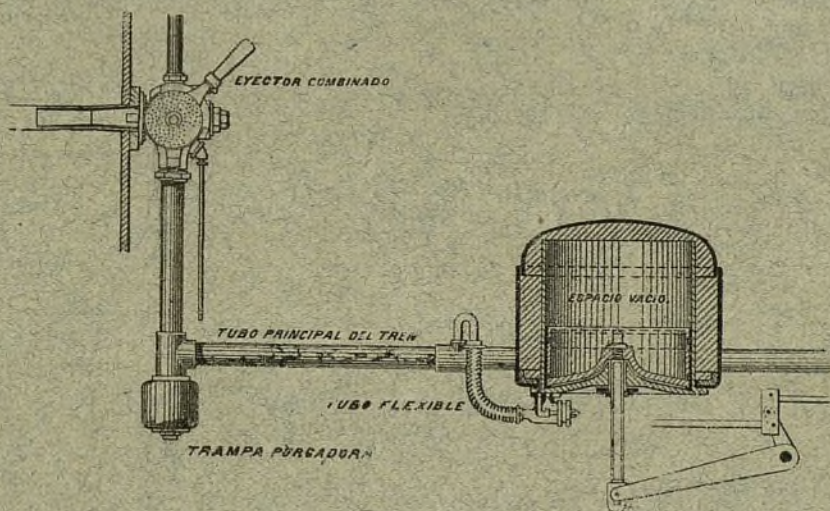
Dirección para España, Portugal, Francia y Bélgica: 15, RUE PORTALIS, PARÍS

MEDALLAS DE ORO. { Exposición Universal, París, 1878.  
— Internacional, Londres, 1885  
— Universal, París, 1889.

## FRENOS CONTINUOS AUTOMÁTICOS Y NO AUTOMÁTICOS

PARA FERROCARRILES Y TRANVIAS Á VAPOR

FRENOS DE ACCIÓN RÁPIDA para trenes largos militares y mercancías.



## SEÑALES DE ALARMA

combinadas con el freno por comunicación entre el maquinista, conductores y viajeros

CONSTRUCCIÓN SENCILLA, ACCIÓN MUY ENÉRGICA, ENTRETENIMIENTO CASI NULO

## 250.000 APLICACIONES A FIN DE 1897

en Inglaterra, en el Continente, en las Indias, América del Sur, Colonias, etc.

AGENCIAS. { Viena, 2/5 Marchfeldstrasse, 2.  
Berlin, 71, Alt. Moablt.  
Amsterdam, O. Z. Wooburgwall, 217.  
Florençia, 21, Vià Cavour.

San Petersburgo, Admralitats-Canal, 9  
Sidney, 71, Clarence Street.  
Calcuta, 30, Strand.

Dirección general — LONDRES: 32, Queen Victoria Street.

Agradecemos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.

Ayuntamiento de Madrid



# GRAN FABRICA DE PRODUCTOS REFRACTARIOS Y DE GRÉ



DE  
**M. CUCURNY**  
**BARCELONA**



Única en España.—Fundada en 1840



GRAN EXISTENCIA  
DE  
**LADRILLOS REFRACTARIOS**

**DEPÓSITO DE TIERRA REFRACTARIA**

à precios sumamente reducidos

**Especialidad** en la construcción de retortas en grandes dimensiones para fábricas de gas, sulfuro de carbono, blanco de zinc, refinación de azufres y otras industrias.

**Hornos y crisoles** para la fundición de toda clase de metales.

**Hornos** para la calefacción de retortas, para la fabricación de cemento, cal, yeso, vidrio, cristal, negro animal y su revivificación, para ladrillerías, dulcerías y pan cocer.

**Hornillos económicos** para coladas, planchar y guisar.

**Muflas** para decorar cristal y porcelana; crisoles.

**Escorificadores**, copelas y muflas para ensayos y fundición de metales.

**Vasos porosos** de todas formas y dimensiones para pilas eléctricas y galvanoplastia.

**Torrillas de gré**, bombonas, tubos, evaporaderas, cubos, jarrros, barreños y otros objetos para la fabricación, conducción y transporte de ácidos.

**Válvulas y espitas** para algibes, tinas de tintorerías y blanqueos, y para toda clase de ácidos y licores.

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.  
Ayuntamiento de Madrid



# FRANCISCO DE A. MAS

REPRESENTANTE DE FABRICAS NACIONALES Y EXTRANJERAS

Materiales para talleres de construcciones metálicas,  
ferrocarriles, minas y contratistas.

**Cármén, 40 — BARCELONA**

**Hierros y aceros laminados en barras:** planos, cuadrados, redondos, hasta 14 metros de longitud, viguetas **I** hasta 515 m/m de altura, **L** hasta 381 m/m, hierros **L**, **T**, carriles, zores ó traviesas Wautherin, llantas y demás perfiles especiales.

**Chapas de hierro y acero:** de grandes dimensiones y calidad especial para calderas, hogares, gasómetros, puentes, para trabajos de forja, etc.—Chapas estriadas.—Planos anchos.—Planchas delgadas hasta el número 30.—Planchas especiales para cubos y para la fabricación de hoja de lata.

**Fondos de calderas.—Placas abovedadas para puentes**

**Tubos forjados de hierro y acero dulce:** para calderas fijas marinas y locomotoras; para aire comprimido; para pozos artesianos y prensas hidráulicas; tubos sistemas Field y Perkins.

**Planchas onduladas galvanizadas,** de hierro y acero para cubiertas metálicas y todos sus accesorios.—Planchas dulces planas galvanizadas, emplomadas y estañadas.

**Piezas de hierro forjado** en tornillos, tirafondos, escarpas, topes, frenos, ganchos de tracción, tensores, cadenas de seguridad y demás herrajes de vía y para coches y wagones para ferrocarriles, Argollones, Norays, etc.

**Planchas de zinc** de 2<sup>m</sup> X 1<sup>m</sup> desde 1400 gramos la plancha.

**Cables** de hierro, acero dulce y acero fundido al crisol, planos y redondos de todas dimensiones. **Cables galvanizados. Alambre de cobre** para telégrafos y teléfonos.

**Máquinas herramientas para talleres de construcción y para trabajar la madera**

**Piezas de acero:** trenes completos de eje y ruedas, cilindros para laminadores, cilindros para prensas hidráulicas, herramientas para minas y canteras, y toda pieza de acero fundido según diseño.

**Hierro colado:** tubos para la conducción de agua, gas y vapor; piezas de repetición y toda clase de piezas según diseño ó modelo.

**Hierro maleable** en piezas bajo diseño ó modelo.

**Aluminio** en planchas, barras y alambres.

**Vagonetas basculadoras** de diferentes capacidades y para varios anchos de vía.

**Lingote de hierro** de la Sociedad Vizcaya de Bilbao.

Concesionario para España del **ACEITE SOLUBLE** para el engrase de las herramientas de las máquinas-útiles.

Con mucho gusto se facilitarán cuantos catálogos, precios y datos se soliciten.

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.

Ayuntamiento de Madrid





# LA CONSTRUCTORA DE MAQUINAS DE ANDRÉS OLIVA

Carretera de Mataró, 342, San Martín de Provensals (Barcelona)

APLICACION DEL FRENO SISTEMA RAMONEDA  
Especialidad en MAQUINARIA COMPLETA para BLANQUEOS, TINTORERIAS,  
ESTAMPADOS y APRESTOS

Hidro extractores simples y con motor anexo.—Prensas hidráulicas para todas aplicaciones.—Prensas de tornillo y engranajes para la agricultura.—Elevación de aguas para riego é industria.—Instalación de fábricas para la elaboración de harinas y aserrar maderas.—Máquinas secadoras de café, privilegiadas.—Ascensores hidráulicos y mecánicos.—Máquinas y calderas de vapor.—Motores á gas.—Turbinas.—Transmisiones de movimiento y Reparación de máquinas.

Proyectos y Presupuestos

## EL INDICADOR DE PRESIONES

POR EL INGENIERO INDUSTRIAL

D. JUAN A. MOLINAS

De reconocida utilidad para Ingenieros, Constructores de máquinas de vapor, Jefes de taller y Maquinistas.

Forma un esmerado volumen con grabados intercalados en el texto, y véndese al precio de Pesetas 3'50 en esta administración.

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.



# VALLS HERMANOS

INGENIEROS Y CONSTRUCTORES

Premiados con **26 medallas** de oro y plata, **3** Grandes Diploma, de Honor y **2** de Progreso por sus especialidades.

TALLERES DE FUNDICIÓN Y CONSTRUCCIÓN FUNDADOS EN 1854

Director Gerente: D. AGUSTIN VALLS BERGÉS, Ingeniero

Calle de Campo Sagrado, núm. 19

(Ensanche, Ronda de San Pablo) — **BARCELONA**

MAQUINARIAS É INSTALACIONES COMPLETAS SEGÚN LOS ÚLTIMOS ADELANTOS PARA

Fábricas y Molinos de aceites, para pequeñas y grandes cosechas, (Prensas hidráulicas, de engranes de molineta ó palancas, etc.) movida á brazo, por caballería ó por motor.

Fábricas de fideos y pastas para sopa, movidas por caballería ó por motor

Fábricas de chocolate, en pequeña y grande escala, movidas á brazo, por caballería ó por motor.

Fábricas de harinas y sus anexos de molinería.

Prensas para vinos, bombas para trasegar, estrujadoras, etc.

Prensas para losetas y mosaicos, de palanca é hidráulicas. Moldes de todas clases para las mismas.

Máquinas de vapor, Motores, Turbinas sistema *Moreno* perfeccionadas, Malacates, Norias, Bombas, Guillotinas, Transmisiones, etc.

Especialidad en **prensas hidráulicas** y de todas clases, para todas las aplicaciones, con modelos de sus sistemas privilegiados.

Estudios, Planos, Presupuestos, Peritaciones, etc., etc.

La casa ha verificado y sigue montando de continuo instalaciones en toda España, América y extranjero.—Numerosas referencias.

Para telegramas: VALLS, *Campo Sagrado*. — BARCELONA

Teléfono número 595

---

## BREVETS D' INVENTION

(France Etranger)

*Marques de Fabrique, Procès de contrefaçon, etc.*

## CASALONGA

Ingenieur-Consell (depuis 1887

PARIS

15, RUE DES HALLES, 15

### Chronique Industrielle

### DESSINS & GRAVURES sur BOIS. CLICHES

Guides de l' Inventeur en chaque pays (2 fr. par Guide).

---

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.

Ayuntamiento de Madrid



# EXPLOSIONES DE GENERADORES DE VAPOR

POR EL INGENIERO INDUSTRIAL

**D. G. J. DE GUILLÉN-GARCIA**

---

Esta obra premiada con primer premio en el Concurso de 1893 de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona y publicada por esta Asociación á propuesta de un jurado calificador, véndese en esta Administración al precio de 7 pesetas y en las librerías de Puig, Plaza Nueva. 5; Verdaguer, Rambla del Centro, 5; Mayol, calle Fernando VII, 13; Bastinos, calle Pelayo, 52; Casals, Pino, 5; Parera, Cortes, 228 y Subirana, Puertaferri, 14.

---

## Colección Legislativa

REFERENTE Á LOS

# INGENIEROS INDUSTRIALES

---

Comprende todo lo legislado respecto á los Ingenieros Industriales desde la creación de la carrera; forma un tomo de 260 páginas encuadernado en rústica y se vende en esta Administración al precio de 3 pesetas ejemplar.

---

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.  
Ayuntamiento de Madrid



# DISPONIBLE

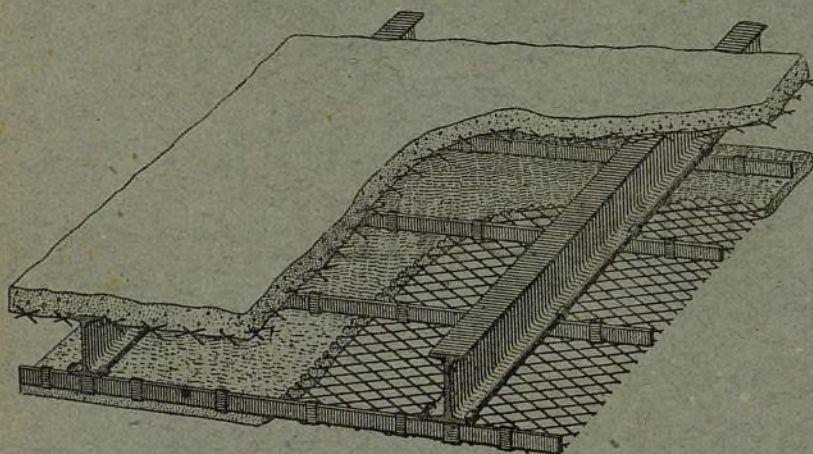
---

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á  
los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.  
Ayuntamiento de Madrid



Para la aplicación del freno  
**SISTEMA RAMONEDA**  
 para ascensores y monta-cargas, dirigirse á  
**D. JOSÉ M. MANICH.**—Ingeniero  
 Calle de Méndez-Núñez, núm. 3, piso 2.º  
**BARCELONA**

**COMPAGNIE FRANÇAISE DU**  
**• MÉTAL DÉPLOYÉ •**  
**FABRICACION ESPAÑOLA.—TALLERES DE ZORROZA.—BILBAO**



Disposición de un cielo-raso de yeso, suspendido de un pavimento de hormigón armado, con espacio intermedio libre.

**EXPOSICIÓN DE PARÍS DE 1900**  
 1 Gran Premio.  
 2 Medallas de Oro.  
 3 Medallas de Plata.

**CONSTRUCCIONES DE CEMENTO ARMADO**  
 Pavimentos, Tabiques, Muros, Cubiertas, Depósitos, etc., etc.  
**CERRAMIENTOS — ENREJADOS — REVESTIMIENTOS INCOMBUSTIBLES**

**NICOLÁS TOUS** **INGENIERO**  
 Plaza de Cataluña, 21.

**PROYECTOS Y PRESUPUESTOS DE OBRAS DE CEMENTO ARMADO**

**CONSTRUCCIONES DE CEMENTO ARMADO**, por N. Tous, ingeniero industrial.—Un tomo en f.º, de 120 páginas, con 69 grabados intercalados en el texto y 8 láminas independientes; véndese al precio de Ptas. 5, encuadernado en tela, 3'50 en rústica, en la Administración de esta Revista.

Agradeceremos á nuestros lectores que al dirigirse á los anunciantes citen la Revista Tecnológico Industrial.  
 Ayuntamiento de Madrid







que la recta  $oz$  es el eje del helizoide, y que  $GG'$  es la generatriz considerada, cuya coordenada  $z$  en el origen vale  $\mu$ , según se desprende de sus anteriores ecuaciones.

Hagamos pasar por el extremo  $m$  de dicha coordenada un rayo luminoso  $L$ , y busquemos las coordenadas de los tres puntos  $m$ ,  $n$  (traza de  $G$  sobre el plano  $xy$ ) y  $p$  (traza de  $L$  sobre el  $xy$ ), y el plano que pase por estos tres puntos, será el pedido:

Coordenadas de  $m$ :

$$m \ (x' = 0, \ y' = 0, \ z' = \mu).$$

Coordenadas de  $n$ :

$$n \ (x'' = -\frac{\mu}{\lambda}, \ y'' = -\frac{\mu}{\eta}, \ z'' = 0).$$

Coordenadas de  $p$ :

$$p \ (x''' = -a\mu, \ y''' = -b\mu, \ z''' = 0)$$

Ecuación del plano  $m, n, p$  (figura 3)

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ 0 & 0 & \mu & 1 \\ -\frac{\mu}{\lambda} & -\frac{\mu}{\eta} & 0 & 1 \\ -a\mu & -b\mu & 0 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

ó bien desarrollando la matriz

$$x (\lambda - b\eta) + y (a\eta - \lambda) + z (b\eta - a\lambda) + a\mu\lambda - b\mu\eta = 0;$$

expresión que podemos también escribir así:

$$x \frac{\lambda - b\eta}{a\mu\lambda - b\mu\eta} + y \frac{a\eta - \lambda}{a\mu\lambda - b\mu\eta} + z \frac{b\eta - a\lambda}{a\mu\lambda - b\mu\eta} + 1 = 0. \quad [X]$$

Recordemos ahora la expresión general

$$z_1 - z = \left( \frac{dz}{dx} \right) (x_1 - x) + \left( \frac{dz}{dy} \right) (y_1 - y)$$

del plano tangente á una superficie, cuya ecuación esté resuelta con relación á  $z$ , y aplicándola á nuestro helizoide



$$z = \frac{H}{2\pi} \operatorname{arc. tg.} \frac{-x}{y} \pm \operatorname{tg.} \theta \sqrt{x^2 + y^2};$$

en el cual solamente consideraremos el signo superior del  $\pm$ , porque también en un solo sentido hemos contado el radio central derivado  $R_r$  de la figura 2, tendremos:

$$\begin{aligned} z_1 - z = & -\frac{H}{2\pi} \frac{y}{x^2 + y^2} x_1 + \frac{H}{2\pi} \frac{yx}{x^2 + y^2} + \operatorname{tg.} \theta \sqrt{\frac{x}{x^2 + y^2}} x_1 - \\ & \operatorname{tg.} \theta \sqrt{\frac{x^2}{x^2 + y^2}} + \frac{H}{2\pi} \frac{x}{x^2 + y^2} y_1 - \frac{H}{2\pi} \frac{x}{x^2 + y^2}; y + \\ & + \operatorname{tg.} \theta \sqrt{\frac{y}{x^2 + y^2}} y_1 - \operatorname{tg.} \theta \sqrt{\frac{y^2}{x^2 + y^2}}. \end{aligned}$$

ecuación en que  $x, y, z_1$  representan las coordenadas generales ó corrientes del plano.

La anterior expresión podemos también escribirla así:

$$\begin{aligned} x_1 \left[ \frac{H}{2\pi} y - \operatorname{tg.} \theta x \sqrt{x^2 + y^2} \right] + y_1 \left[ \frac{-H}{2\pi} x - \operatorname{tg.} \theta y \sqrt{x^2 + y^2} \right] + \\ + z_1 [x^2 + y^2] + (x^2 + y^2) (\operatorname{tg.} \theta \sqrt{x^2 + y^2} - z) = 0; \end{aligned}$$

ó así:

$$\begin{aligned} \frac{\frac{H}{2\pi} y - \operatorname{tg.} \theta x \sqrt{x^2 + y^2}}{x_1(x^2 + y^2)(\operatorname{tg.} \theta \sqrt{x^2 + y^2} - z)} + \frac{\frac{-H}{2\pi} x - \operatorname{tg.} \theta y \sqrt{x^2 + y^2}}{y_1(x^2 + y^2)(\operatorname{tg.} \theta \sqrt{x^2 + y^2} - z)} + \\ + z_1 \frac{1}{\operatorname{tg.} \theta \sqrt{x^2 + y^2} - z} + 1 = 0; \end{aligned}$$

ecuación que identifica con la anteriormente obtenida [X], ya que ambas representan lo mismo, darán:



$$\left. \begin{aligned} \frac{\frac{H}{2\pi} y - \operatorname{tg.} \theta x \sqrt{x^2 + y^2}}{(x^2 + y^2) (\operatorname{tg.} \theta \sqrt{x^2 + y^2} - z)} &= \frac{\lambda - b\lambda\eta}{a\mu\lambda - b\mu\eta} \\ -\frac{\frac{H}{2\pi} x - \operatorname{tg.} \theta y \sqrt{x^2 + y^2}}{(x^2 + y^2) (\operatorname{tg.} \theta \sqrt{x^2 + y^2} - z)} &= \frac{a\lambda\eta - \eta}{a\mu\lambda - b\mu\eta} \end{aligned} \right\}$$

de donde

$$\frac{\frac{H}{2\pi} y - \operatorname{tg.} \theta x \sqrt{x^2 + y^2}}{\lambda - b\lambda\eta} = \frac{-\frac{H}{2\pi} x - \operatorname{tg.} \theta y \sqrt{x^2 + y^2}}{a\lambda\eta - \eta}.$$

eliminando ahora la  $y$  entre esta ecuación, y la ya sabida de la generatriz

$$y = \frac{\lambda}{\eta} x$$

tendremos:

$$x \left[ \operatorname{tg.} \theta \sqrt{\lambda^2 + \eta^2} + \operatorname{tg.} \theta \frac{\lambda^2}{\eta^2} \sqrt{\lambda^2 + \eta^2} - \operatorname{tg.} \theta \frac{\lambda^2}{\eta} b \sqrt{\lambda^2 + \eta^2} - \right. \\ \left. - \operatorname{tg.} \theta a \lambda \sqrt{\lambda^2 + \eta^2} \right] + \frac{H}{2\pi} a \lambda^2 - \frac{H}{2\pi} b \lambda \eta = 0;$$

pero, recordando el valor precedentemente obtenido [IX]

$$\operatorname{cot.} \theta = \frac{\sqrt{\lambda^2 + \eta^2}}{\lambda\eta} \quad \text{ó bien} \quad \sqrt{\lambda^2 + \eta^2} = \lambda\eta \operatorname{cot.} \theta$$

se tendrá:

$$x \left[ \eta + \frac{\lambda^2}{\eta} - \lambda^2 b - a \lambda \eta \right] + \frac{H}{2\pi} [a\lambda - b\eta] = 0;$$

de donde

$$x = -\frac{H}{2\pi} \frac{a\lambda\eta - b\eta^2}{\lambda^2 + \eta^2 - \lambda^2 b\eta - \eta^2 a\lambda}.$$

coordenada  $x$  del punto de sombra situado sobre la generatriz GG' (figura 3), hallado por el método de la geometría descriptiva, pero tratado por la analítica; no cabe pues duda acerca de su valor, y como vemos que es exactamente igual al hallado por el teorema



de los helizoides derivados, se infiere inmediatamente de aquí, la veracidad de dicho teorema, conforme queríamos demostrar. (\*)

En la seguridad ahora, de que es cierto el teorema de los helizoides derivados, podemos ya en él fundarnos para resolver todas las cuestiones relativas á planos tangentes de los helizoides, y por tanto, también, buscar y discutir la curva de contacto de los cilindros circunscritos á dichos helizoides.

Mas antes, para acabar de hacer práctico el método que exponemos y descartar de él todo formulage, dejando el problema, dada su índole, únicamente relegado al terreno de las construcciones gráficas, procede el indicar la marcha que se puede seguir, para

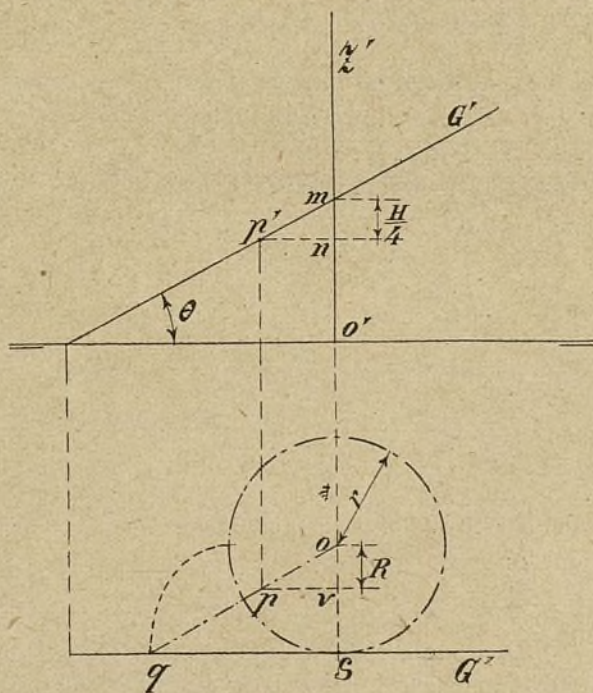


Fig. 5.

hallar facilmente y sin auxilio de fórmula alguna, la longitud de los radios centrales derivados.

(\*) No hay necesidad de comprobar la igualdad de las otras dos coordenadas  $x$  é  $y$ , que en los dos procedimientos analíticos seguidos, hemos precisado al punto de sombra á pertenecer siempre á la misma generatriz.



Sea (figura 5)  $o - o' z'$  el eje de un helizoide cualquiera, y  $G - G'$  las proyecciones diédricas de la generatriz paralela al plano vertical de proyección, y sea el círculo del radio  $r$  la proyección horizontal de la arista de restricción del helizoide.

Para tener la magnitud del radio central derivado, no hay más que tomar  $mn = \frac{1}{4}$  del paso de la arista de restricción, (á partir del

punto  $m$  en que se cortan las proyecciones del eje y de la generatriz, proyección vertical del punto central); trácese por  $n$  la  $n p'$  paralela á la línea de tierra, y bájese desde  $p'$  una línea de correspondencia  $p p'$  hasta cortar en  $p$  á la línea  $o q$  que une el pie del eje del helizoide con un punto  $q$ , tal, que  $qs = \frac{\pi r'}{2}$ ; y por fin trazan-

do por  $p$  la  $p v$  paralela á la línea de tierra, obtendremos el segmento  $o v$  que es la longitud del radio central derivado que queríamos buscar. En efecto:

Observando la proyección horizontal de la figura 5, tenemos:

$$\frac{ov}{os} = \frac{pv}{qs};$$

pero

$$pv = mn \cot. \theta = \frac{H}{4} \cot. \theta, \text{ y además,}$$

$$os = r \text{ y } qs = \frac{\pi r'}{2},$$

luego, poniendo estos valores en la anterior proporción y despejando  $ov$ , queda:

$$ov = \frac{H}{2\pi} \cot. \theta,$$

expresión del radio central derivado, según queríamos demostrar. Obsérvese que  $ov = R$  es independiente de  $r$ .

Así las cosas, y en virtud de la especial manera como hemos llevado nuestra cuestión, podremos con mucha facilidad deducir del teorema de los helizoides derivados, toda la teoría de los planos tangentes á los helizoides en sus dos cuestiones de: 1.º dado el punto de tangencia, hallar el plano tangente, y 2.º dado el plano



tangente hallar el punto de tangencia, y veremos cuán sencillamente se pueden resolver estos dos problemas por medio sólo de un radio central derivado; el del helizoide en cuestión.

Efectivamente: tomemos la ecuación de la recta PQ (figura 3), que unía los extremos de los dos radios centrales derivados, y que sabemos es:

$$y + \frac{aH}{2\pi} = \frac{\frac{1}{\lambda} - a}{b - \frac{1}{\eta}} \left( x - \frac{bH}{2\pi} \right)$$

cuyo coeficiente angular  $\omega$  vale

$$\omega = \frac{\eta - a\lambda\eta}{b\eta\lambda - \lambda}$$

Tomemos ahora la ecuación del plano tangente al helizoide, y que conforme hemos ya deducido, sabemos que es:

$$x \frac{\lambda - b\lambda\eta}{a\mu\lambda - b\mu\lambda} + y \frac{a\lambda\eta - \eta}{a\mu\lambda - b\mu\lambda} + 1 = 0,$$

plano cuya traza horizontal, tiene evidentemente por ecuación

$$y = - \frac{\lambda - b\lambda\eta}{a\lambda\eta - \eta} x - \frac{a\mu\lambda - b\mu\eta}{a\lambda\eta - \eta}$$

recta cuyo coeficiente angular  $\omega'$  vale

$$\omega' = - \frac{b\lambda\eta - \lambda}{\eta - a\lambda\eta}$$

valor que comparado con el de  $\omega$ , da:

$$\omega = - \frac{1}{\omega'},$$

por tanto la recta que une los extremos de los radios centrales derivados, es perpendicular á la traza horizontal del plano tangente, y como que en esta recta hemos antes demostrado (teorema de los helizoides derivados), que existe el punto de tangencia, se infiere inmediatamente que:



1.º (figura 6): dada la traza horizontal  $T$  del plano tangente á un helizoide cualquiera, cuyo eje se proyecte en  $o$ , el punto de tangencia  $m$  se encuentra en la intersección de la generatriz  $G$  (proyección horizontal), con la perpendicular á  $T$  trazada por el extremo  $Q$  del radio central derivado  $R$ ; y también,

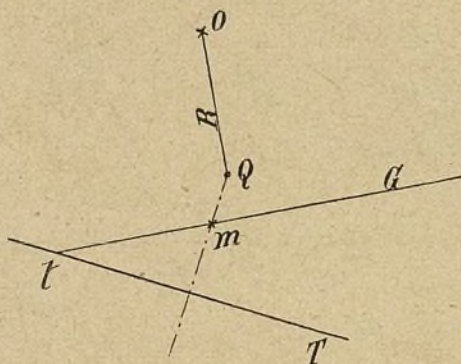


Fig. 6.

2.º (figura 6), dado el punto  $m$  de tangencia sobre una generatriz  $G$ , para tener la traza horizontal  $T$  del plano tangente, no hay más que trazar por el pie  $t$  de dicha generatriz, una recta  $t$   $T$  perpendicular á la  $m$   $Q$ , que une  $m$  con el extremo  $Q$  del radio central derivado.

Si sólo se nos da la dirección del plano tangente, entonces para cada generatriz del helizoide corresponderá un punto de tangencia, y el lugar geométrico de todos los puntos, formará la polar de un polo situado al infinito en la dirección dada, es decir, la curva de sombra del helizoide en cuestión, cuyo problema podemos resolver por medio del teorema de los helizoides derivados con mucha facilidad. Vamos á indicar la marcha:

Sea (figura 7)  $o$  la proyección horizontal del eje de un helizoide (toda la figura representa una proyección horizontal), y el círculo de radio  $r$  indica la proyección de la arista de astricción, siendo por tanto  $G$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ , etc., las generatrices del helizoide. Sea además  $L$  la dirección de la luz, y tracemos ahora el correspondiente rayo  $R_L$  central derivado cuyo extremo es  $P$ .



Esto supuesto, comprendemos ya que el punto de sombra  $m$  situado sobre la generatriz  $G$ , se encontrará en la recta  $PQ$  que une  $P$  con el extremo  $Q$  del otro radio central  $R$ , (el del helizoide en cuestión) y como que todas las generatrices, por pertenecer al mismo helizoide tienen de igual longitud su correspondiente radio central derivado, se infiere que los extremos de dichos radios caerán en la circunferencia de radio  $R$ , al paso que siendo la luz, siempre de la misma dirección, el punto  $P$  es constante, por tanto en definitiva resulta que:

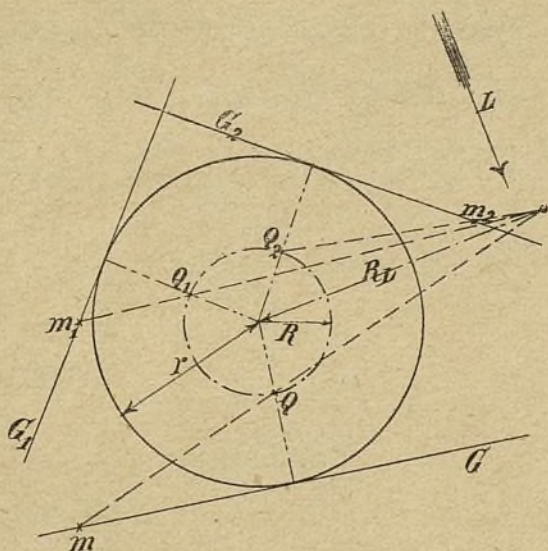


Fig. 7.

Uniendo el punto  $P$  con los extremos  $Q, Q_1, Q_2...$  de los radios de las diversas generatrices  $G, G_1, G_2...$  iremos obteniendo los puntos  $m, m_1, m_2...$  de sombra, situados sobre dichas generatrices.

Ya vemos, pues, cuán fácil y sencillo es determinar la sombra de un helizoide por general que sea, con el empleo del teorema de los helizoides derivados.

Evidentemente, por lo que antes expusimos, es este método aplicable á los helizoides conoides: el de plano director y el que informa la superficie del tornillo de filete triangular.

Mas por ser estos dos helizoides los que más generalmente se



emplean, y por constituir la determinación de su sombra, capital punto en todos los programas de las asignaturas de sombras y estereotomía, vamos á detallar un poco la cuestión para estos dos casos, discutiendo al efecto la curva de sombra.

*Helizoide del tornillo de filete triangular.*—El helizoide general degenera en éste, si la generatriz encuentra al eje. La ecuación de este helizoide ya la hemos deducido, y sabemos que es:

$$z = \pm \operatorname{tg.} \theta \sqrt{x^2 + y^2} + \frac{H}{2\pi} \operatorname{arc.} \operatorname{tg.} \frac{-x}{y}$$

cuyas letras conservan el significado que anteriormente las hemos asignado.

Esta superficie tiene por arista de atricción el eje del helizoide.

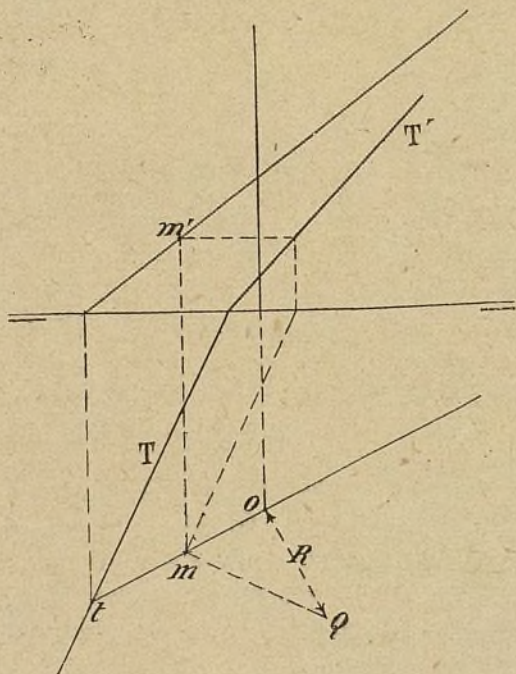


Fig. 8.

Plano tangente en un punto  $m$  (figura 8). Se investiga exactamente que en el helizoide general. Tracemos por el pie  $o$  del eje el



radio  $R$  central derivado, normal á la generatriz  $G$ , que como sabemos tiene por valor

$$R = \frac{H}{2\pi} \cot. \theta$$

siendo  $\theta$  el ángulo de inclinación de la generatriz con el plano horizontal. Ya sabemos traducir geoméricamente el valor de dicho radio  $R$ .

Únase ahora el extremo  $Q$  de  $R$  con el punto  $m$ , trácese por el pie  $t$  de la generatriz  $G$  la recta  $tT$  perpendicular á  $Qm$ , y ella será la traza horizontal del plano tangente. Como vemos en la figura, por una simple horizontal del plano, determinamos la traza vertical  $T'$  del mismo.

Si se nos diese la traza  $T$ , desde  $Q$  bajaríamos la  $Qm$  perpendicular á  $T$  y  $m$ , sería el punto de tangencia.

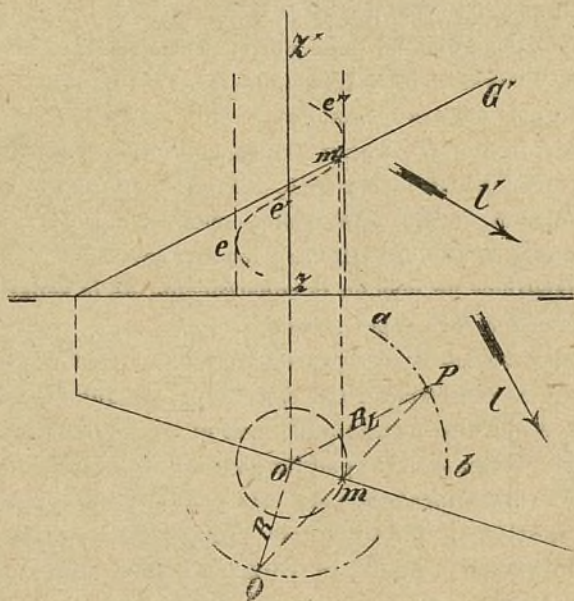


Fig. 9.

*Curva de sombra.*—Sea (figura 9)  $o-zz'$  el eje del helizoide y  $l-l'$  las proyecciones del rayo luminoso; vamos á buscar el punto de sombra situado sobre una generatriz  $G-G'$  cualquiera.



Trácese los radios centrales derivados  $R$  y  $R_L$ , que ya sabemos valen

$$R = \frac{H}{2\pi} \cot. \theta \quad \text{y} \quad R_L = \frac{H}{2\pi} \cot. \gamma,$$

siendo  $\theta$  = ángulo de inclinación de la generatriz y  $r$  = íd. íd. del rayo luminoso. Esto hecho, la recta  $PQ$  que une los extremos de dichos radios centrales derivados, cortará á  $G$  en  $m$  (punto de sombra) que en proyección vertical será  $m'$ ; y exactamente como se ha obtenido el punto  $m$ ,—  $m'$  iríamos obteniendo todos los demás de la línea de sombra; y más fácilmente aún, puesto que el punto  $P$  es fijo para todas las generatrices, y los extremos  $Q$  de los radios centrales derivados de todas las generatrices, están todos en la circunferencia de radio  $R$ , de modo, que es poco menos que instantáneo este procedimiento una vez obtenido el primer punto.

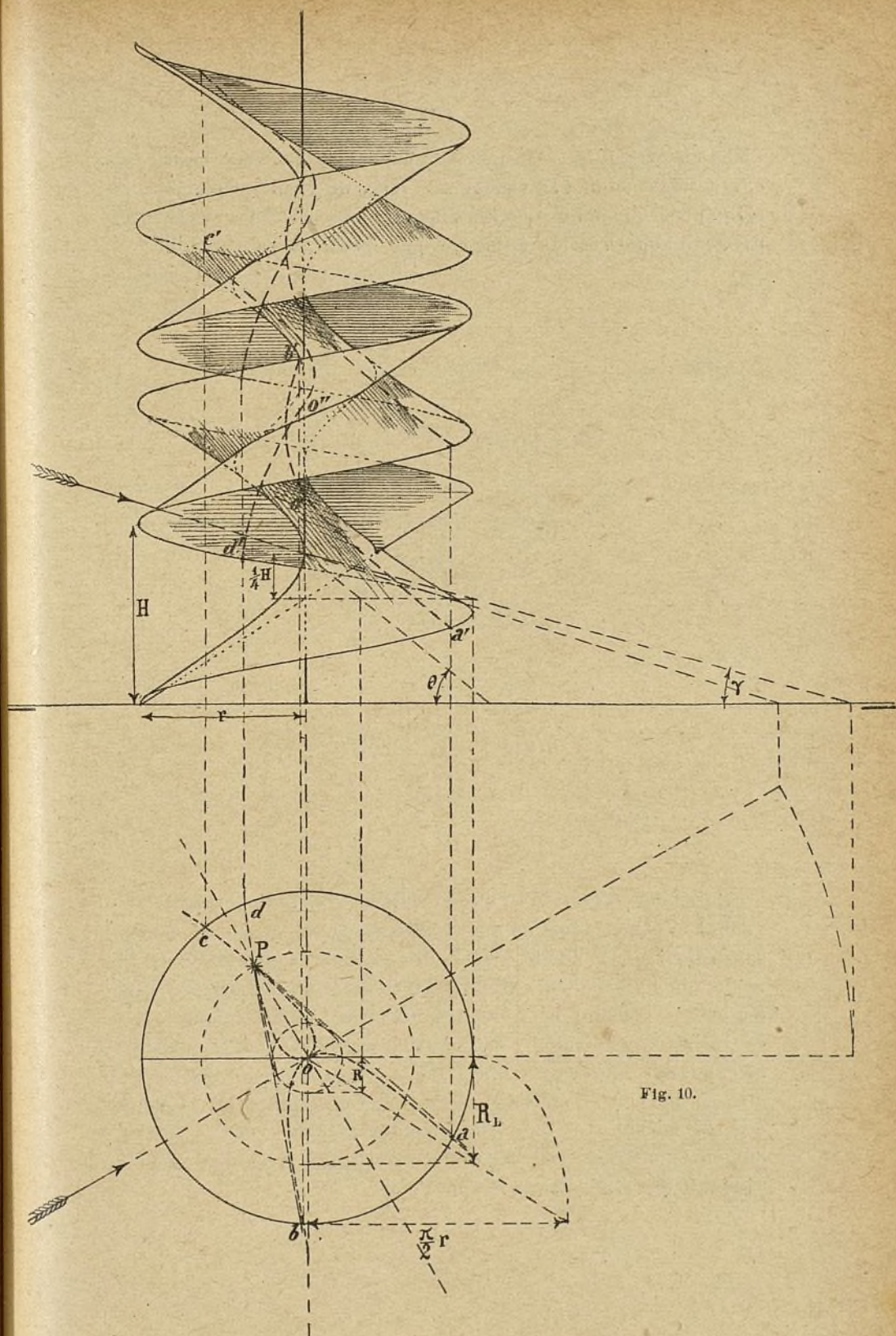
En la figura 10 presentamos la separatriz de un helizoide conoide con sus dos hojas, hallada por el procedimiento que venimos explicando, y cuyas principales construcciones quedan ya indicadas en la figura con sus letras, cotas, etc., siguiendo en un todo la misma notación que hasta aquí hemos convenido. La separatriz en nuestro caso, afecta la forma  $aob$ ,  $dPoPc$  en planta y  $a'o'b'$ ,  $d'o''c'$  en alzado, forma que como veremos, nos corroborará la discusión que más adelante llevaremos á cabo.

Y no insistimos ya más en la construcción de la separatriz, por no incurrir en ociosas repeticiones.

Solamente un detalle recalcaremos, y es el sentido en que deben tomarse los radios centrales derivados, porque efectivamente, hasta aquí, no hemos indicado más que el modo de hallar su magnitud y que deben ser perpendiculares á la proyección, sea del rayo, sea de la generatriz; pero esto podría dejar lugar á duda, acerca del sentido en que se han de tomar. Para saberlo, una ligera consideración cinemática será más fácil, que no volver á abordar la cuestión por el cálculo:

El helizoide puede ser engendrado por un movimiento del cilindro  $c$  (figura 11), en que está arrollada su arista de astricción; y suponiendo que en este movimiento el cilindro arrastra una generatriz  $G$  invariablemente unida á él, el lugar de las posiciones de







dicha generatriz será la superficie helicoidal. Este movimiento es el resultante de una traslación á lo largo del eje  $e$  y de una rotación al rededor del mismo, movimiento que indicamos convencionalmente, en dirección y sentido, por medio de la flecha  $F$ .

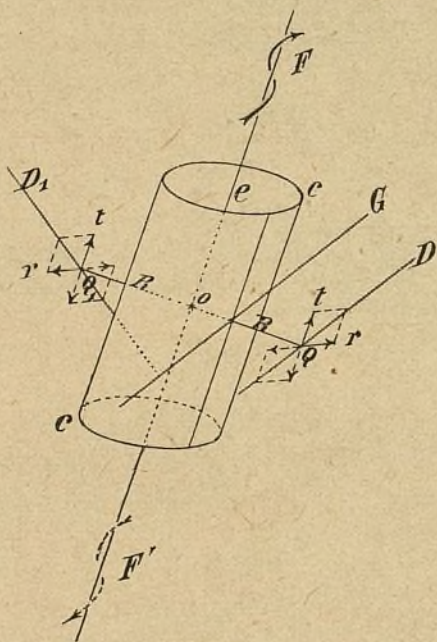


Fig. 11.

Pues bien, el sentido en que debe llevarse el radio central derivado  $R = oQ$ , es aquel en que el extremo  $Q$  del mismo, al comenzar el movimiento citado, siga la dirección de la generatriz  $G$ . De modo, que aplicando al extremo  $Q$  ó  $Q_1$  del radio central derivado (en los dos sentidos en que pueda tomarse), las direcciones  $t$  y  $r$  de traslación y rotación, vemos que el sentido  $OQ$  es el que satisface, por dar una resultante  $D$  de la misma dirección que  $G$ , y el otro sentido  $OQ_1$  no satisface por dar una resultante  $D_1$  contraria á  $G$ . El mismo resultado encontraríamos (obsérvese la figura), aunque supusiésemos al helizoide engendrado en virtud del movimiento que simboliza la flecha  $F'$ .



Hecha esta indispensable digresión, entremos á discutir la forma que afectará la curva de sombra en la proyección horizontal y en los diversos casos que puedan presentarse. Estos casos dependen exclusivamente de la relación entre los ángulos de inclinación del rayo luminoso y de la generatriz, es decir entre  $\gamma$  y  $\theta$ , distingamos pues los 3 casos siguientes:

$$\gamma > \theta; \quad \gamma = \theta; \quad \gamma < \theta.$$

1.º caso (figura 12).—Se comprende que dados los valores de  $R$  y  $R_L$ :

$$R = \frac{H}{2\pi} \cot. \theta \quad \text{y} \quad R_L = \frac{H}{2\pi} \cot. \gamma,$$

el extremo  $P$  fijo de que nos valemos para determinar la separatriz, cae dentro de la circunferencia de radio  $R$ .

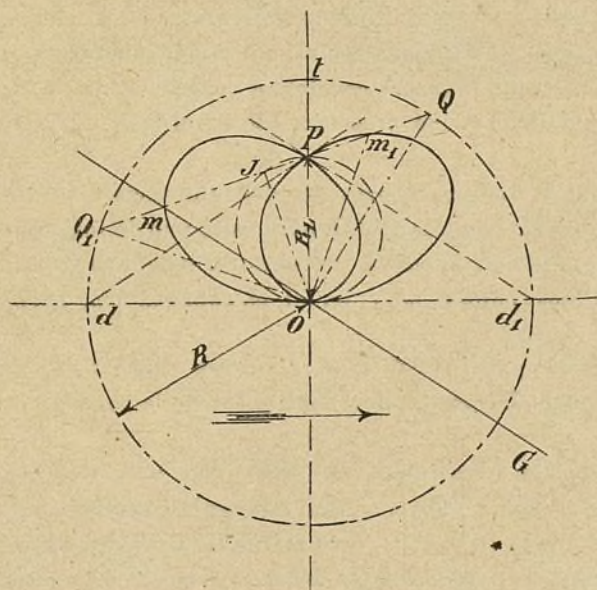


Fig. 12.

Para obtener el punto de sombra situado en la generatriz  $G$  (la figura 12 representa una proyección horizontal), tracémosle su correspondiente radio central derivado perpendicular  $oQ =$



$\frac{H}{2\pi} \cot \theta$ , unamos Q con P y la recta QP cortará á G en  $m$ , punto de sombra. A medida que el punto Q vaya recorriendo la circunferencia descrita con  $\frac{H}{2\pi} \cot \theta$ , como radio, es decir, á medida que vaya haciendo referencia á los extremos de los radios centrales derivados, de otras generatrices, el punto  $m$ , vértice del triángulo rectángulo  $m o Q$ , cuya hipotenusa pasa por el punto fijo P, describe la curva cuya forma nos proponemos determinar:

Tracemos el diámetro  $d d_1$ , paralelo á los rayos luminosos. El punto Q se aproxima á  $d_1$  y el  $m$  á P, y cuando Q llega á  $d_1$ , el  $m$  se confunde con P, degenerando entonces la recta P  $m$  en la tangente P  $d_1$ , á la separatriz en P. Evidentemente esto es cierto también para el punto  $d$ , es decir que la recta P  $d$  ha de ser una tangente á la separatriz en P, luego la curva de sombra ha de ser simétrica respecto al diámetro que pasa por el punto P, resultando de aquí que: La proyección horizontal de la curva tiene un punto doble en P y que las rectas que unen este punto con los extremos  $d$  y  $d_1$  del diámetro paralelo á la proyección de la luz, son tangentes á dicha curva precisamente en el mencionado punto doble P.

Además la recta  $m Q$  corta á la circunferencia de radio R en los dos mencionados puntos Q y  $Q_1$ , para cada uno de los cuales corresponde un punto de la curva de sombra, luego, sobre la recta PQ existirán dos puntos,  $m$  y  $m_1$  (el  $m_1$  sobre la  $om_1$  perpendicular á  $o Q_1$ ).

Se infiere, pues, por último, que sobre dicha recta P Q hay 4 puntos, luego: La proyección horizontal de la separatriz es de  $4.^\circ$  grado.

Observemos ahora que las rectas  $o m$  y  $o m_1$  siendo perpendiculares á los lados  $o Q$  y  $o Q_1$  del triángulo isósceles  $o Q Q_1$ , determinan también con la  $m m_1$  otro triángulo isósceles, siendo el punto  $j$ , pie de la perpendicular trazada desde  $o$  á la recta  $Q Q_1$ , el punto medio de  $m m_1$ . Se comprende ahora, como siendo  $o P j$  un triángulo rectángulo, el lugar geométrico de los puntos análogos á  $j$  será una circunferencia descrita sobre  $o P = \frac{H}{2\pi} \cot \theta$  como diámetro; y por fin, dada la propiedad de ser el punto  $j$ , medio de



las cuerdas  $m m_1$ , la mentada circunferencia será una línea diametral de la separatriz en cuestión.

En el momento en que  $Q$  alcance á  $t$  el punto  $m$  se confundirá con  $o$ , y la recta  $om$  siendo perpendicular al diámetro  $o t$  indica que la curva llegará á  $o$  tangencialmente al diámetro  $d d_1$ ; y continuando el movimiento, veremos que la curva vuelve á pasar por  $P$ , y contiene á  $m_1$  y en fin, la acabaremos de trazar tomando el punto  $Q$  y siguiendo su movimiento.

En resumen, que podemos ya inferir que la separatriz afectará en proyección horizontal la disposición que indicamos en la figura 12.

2.º caso  $\gamma = 0$  (figura 13). Para no hacer interminable nuestra cuestión y darla carácter más práctico, diremos que razonando exactamente como en la discusión anterior se obtiene:

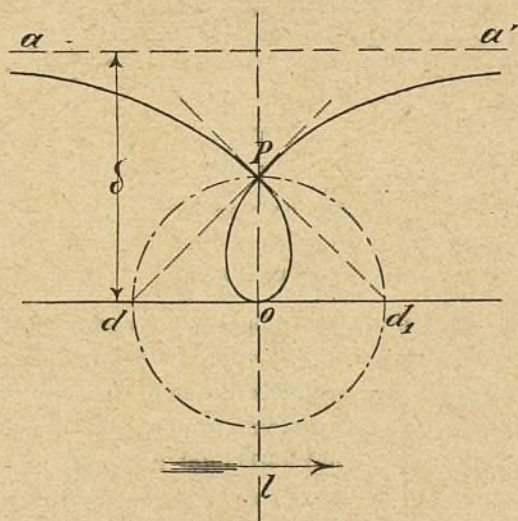


Fig. 13.

Que el punto  $P$  es doble; que las rectas  $P d_1$  y  $P d$  son tangentes á la curva de sombra en dicho punto  $P$ ; que la recta  $\alpha \alpha'$  paralela á la proyección  $l$  de la luz y á una distancia  $\delta = 2 \cdot o P = \frac{H}{\pi} \cot \gamma$  del centro  $o$ , es una asíntota de la curva de sombra, y por fin, que la recta  $d d_1$  forma parte de la curva de sombra; y en fin, que el punto  $P$  está marcado el 4.º grado de dicha curva.



3.<sup>er</sup> caso  $\gamma < 0$  (figura 14). Análogamente, en este caso se obtiene:

P = punto doble; Pd y Pd<sub>1</sub> tangentes á la curva en dicho punto, y por fin las tangentes Pt<sub>1</sub> y Pt al círculo de radio  $o d = \frac{H}{2\pi} \cot \theta$  son asíntotas de la curva. En conjunto afecta esta curva la forma de la figura 14.

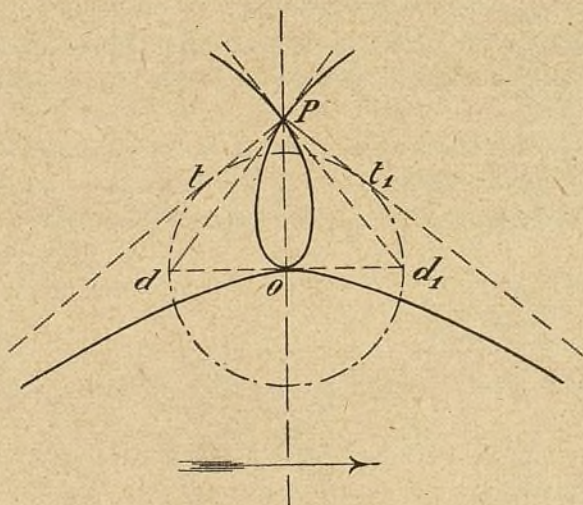


Fig. 14.

Conocida ya detalladamente la forma que debe afectar la curva de sombra del helizoide conoide en los diversos casos, se hace preciso para acabar de asegurar más el buen trazado de la misma, el saber determinar con antelación cuales serán los puntos de sombra situados sobre tal ó cual hélice del helizoide en cuestión. Vamos á ver cómo podemos lograrlo por este procedimiento:

Obsérvese (figura 9) que perteneciendo el punto de sombra *m* á la hélice *e e e''* cuya proyección horizontal es el círculo de radio *o m* (radio perpendicular al central R), y sabiendo ahora, además, que el punto P es fijo, no habrá más, para saber qué punto de sombra corresponde á dicha hélice *e e' e''*, que reconstituir la figura triangular *o P Q*, trazando al efecto un radio *o m* cualquiera, su perpendicular igual al central R, unir Q con *m*, trazar por fin desde *o* el arco *a b* de radio R<sub>L</sub> y unir P con *o*. Esto hecho, hacer







cuatro puntos de sombra, lo cual corrobora el cuarto grado que hemos encontrado para dicha curva; perteneciendo dos de estos puntos á la hoja superior y los otros dos á la inferior del helizoide en cuestión. La figura 15 indica dichos cuatro puntos en proyección horizontal y vertical viéndose claramente los que corresponden á una y otra hoja del helizoide.

Veamos ahora la curva de sombra del helizoide conoide de plano director, ó sea de la

*Superficie del tornillo de filete rectangular.*—Aplicaremos aquí las mismas construcciones, generalizándolas en lo que se deba, que en el caso anterior.

Construyamos como siempre el radio  $R_L$  central derivado y normal á la proyección horizontal  $l$  de la luz (figura 16) y cuyo valor sabemos que es

$$R_L = \frac{H}{2\pi} \cot. \gamma.$$

Supongamos ahora que  $G \cdot G'$  es la generatriz cuyo punto de sombra vamos á buscar, tracémosle el radio central derivado

$$R = \frac{H}{2\pi} \cot. \theta = \infty,$$

por lo tanto, trazando por  $P$  una paralela á  $R$  el punto  $m$  será el buscado y lo referiremos verticalmente en  $m'$ .

Se comprende ahora que debiendo ser siempre rectángulo el triángulo  $O P m$  determinativo del punto de sombra, y siendo el punto  $P$  fijo la separatriz será forzosamente la circunferencia de diámetro  $R_L$ , esto en proyección horizontal, mientras que en la vertical será una hélice de paso igual á  $\frac{H}{2}$ .  $H$  siempre ha representado el paso de una hélice cualquiera directriz del helizoide en cuestión.

Evidentemente, todas cuantas conclusiones hemos obtenido referentes á la discusión de las curvas de sombra en los dos helizoides más corrientes, el de tornillo de filete triangular, y el de cuadrado, las hubiésemos podido deducir analíticamente, para lo cual, habiendo ya deducido las ecuaciones de dichos helizoides, no había más que aplicarlas la ecuación de la polar para un polo al



infinito (luz paralela), y por fin haciendo esto mismo con el helizoide general, hubiésemos acabado por obtener conclusiones realmente bellas, aunque merced á una labor analítica bastante penosa.

No obstante, con gusto intercalaríamos este estudio aquí, si no

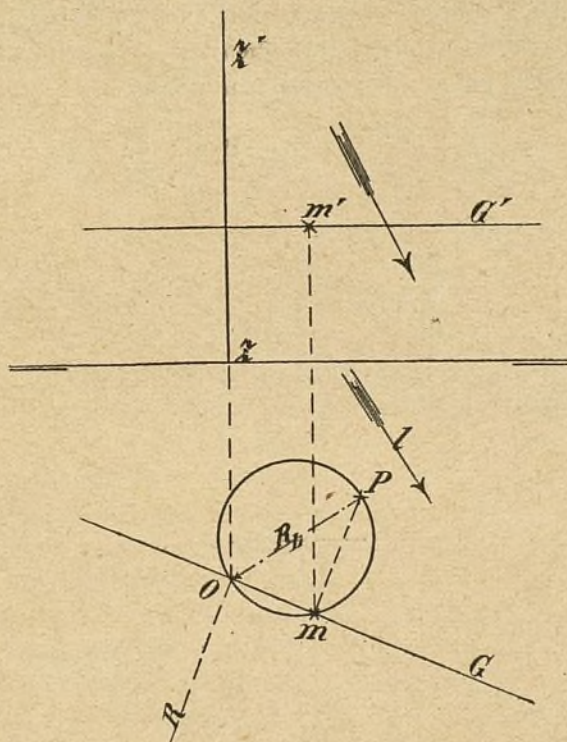


Fig. 16.

temiésemos desvirtuar, tratando de otro modo la cuestión, la idea principal de nuestro trabajo, cual ha sido la de mostrar con un lenguaje científico arcaico, digámoslo así, la última y más elegante conclusión de la moderna geometría cinemática, haciendo de este modo asequible al que no ha tenido ocasión de profundizar las teorías modernas, la admirable facilidad con que se resuelve la separatriz del helizoide alabeado más general; separatriz cuya investigación constituye un árduo problema de las sombras, y lo



decimos así, no solamente por la poca experiencia que en estas cuestiones tenemos, sino porque realmente, fatigosa resulta la cuestión á aquel que consulte aún los clásicos tratados de Leroy, Adhemar, etc. etc. Pues bien, merced exclusivamente á las recientes conclusiones de la geometría cinemática, que hemos integrado en nuestro teorema de helizoides derivados, y cuya demostración analítica hemos también intentado dar, queda el pesado problema de que nos hemos ocupado, figurando ahora el primero entre los más sencillos de toda la teoría de las sombras.

FELIX CARDELLACH.  
Ingeniero.

---



## DIEZ AÑOS DE CIENCIA

TRADUCCIÓN DE UNA CONFERENCIA DE MR. CH. ED. GUILLAUME, DADA  
EN LA ASAMBLEA GENERAL DE LOS ANTIGUOS ALUMNOS DE LA  
ESCUELA POLITÉCNICA FEDERAL DE ZURICH.

---

Cuando se sigue el progreso científico del siglo que termina, llama la atención desde luego la grandísima importancia que tiene el estudio del espectro luminoso, ó hablando en términos generales, del movimiento oscilatorio del éter.

Durante mucho tiempo, el conocimiento del espectro difiere muy poco de los estudios de Newton, el primero que demostró que la luz blanca encerraba una serie de colores elementales. Hasta nuestro siglo no se hizo la observación capital de que un papel ennegrecido y mojado en alcohol, y expuesto después al espectro solar de modo que lo rebasara, se secaba más allá del espectro visible del lado del rojo, demostrando de este modo la existencia de lo que se llamó durante mucho tiempo el calor en una región donde nuestra vista no distingue nada absolutamente. Más tarde la fotografía reveló una acción química por el otro lado del espectro más allá de las últimas fajas de violado.

La consecuencia que se sacó de esto fué que la radiación solar contenía rayos de naturaleza esencialmente diferente, unos luminosos, otros caloríficos y otros químicos. El razonamiento era pueril y estaba fundado únicamente en las apariencias. Se parecía al de una persona que, viendo aplastar con un martillo una bala de plomo, hacer volar en pedazos una bola de vidrio ó hacer saltar un fulminante, dedujera de ello que el martillo había dado sucesivamente un golpe aplastante, un golpe fracturante y un golpe detonante.

Y sin embargo, el espíritu del hombre es tan sumamente obtuso, tan íntimamente ligado á la observación inmediata, los ojos del cuerpo tienen tal preponderancia sobre los del alma, que fueron necesarias innumerables comprobaciones, la demostración repetida de la coexistencia perfecta de las rayas de Fraunhofer en las porciones superpuestas de los espectros, para comprender que lo



que cambiaba era sólo el reactivo, pero que el espectro en sí era único.

Por insignificante que fuese este progreso, fué sin embargo decisivo para el estudio del espectro, que desde entonces se simplificó singularmente. Fresnel había demostrado de una manera definitiva que la luz es debida á una oscilación transversal del éter. La teoría se hacía inmediatamente general, comprendía todas las oscilaciones del éter susceptibles de ejercer acciones fotográficas, luminosas, caloríficas, directa ó indirectamente fisiológicas. A medida que se perfeccionaban los aparatos, se extendió el espectro hacia el ultra-violeta y el infra-rojo. En las porciones ya exploradas se conocieron detalles nuevos, pero aún pasaron varias décadas sin que la experiencia produjera más que pequeños progresos.

Sin embargo, se anunciaba una revolución. Faraday al descubrir la inducción, mejor dicho, al buscar su explicación, había sido inducido á pensar que esta acción era transmitida por el intermedio de un medio que rodeaba todos los cuerpos. Maxwell por primera vez mostró que la velocidad de propagación de esta acción es igual á un coeficiente característico de la relación de las unidades electro-estáticas y electro-dinámicas, y las experiencias hechas entre 1860 y 1870 demostraron que esta velocidad es la misma de la luz. Esto no era más que una luz vaga, una esperanza remota de una grandiosa síntesis, y con esta esperanza llegamos al umbral de la década de que vamos á ocuparnos.

¿Qué se podía esperar á más de lo que había visto Maxwell, aunque esta vez con los ojos del alma? Para él era ya evidente que las acciones electro-dinámicas, con relación á las cuales la inducción no es más que un efecto particular, se propagan con la velocidad de la luz, es decir, por el mismo medio que transmite el movimiento luminoso. Pero no era fácil confirmar por una vía más directa esta consecuencia admirable de las ideas de Maxwell. Un físico de talento lo ensayó. En las manos de Hertz esta presunción se transformó en una realidad palpable.

Uno de nuestros ilustres maestros, lord Kelvin, había demostrado ya que, en condiciones determinadas, una descarga eléctrica puede ser oscilatoria. La inducción resultante debe serlo también. Pero si la inducción se mueve con una velocidad de 300000 kiló-



metros por segundo, un movimiento de 300000 periodos por segundo, engendra ondas de un kilómetro de longitud. Ahora bien, como con los instrumentos que se poseían hace diez años, la acción inductriz dejaba de ser sensible á 20 ó 30 ms., no se podía pensar en abrazar una onda entera en el espacio en que la inducción es perceptible más que haciendo la oscilación incomparablemente más rápida. Hertz lo logró, y desde su primera memoria publicada sobre la oscilación eléctrica, habló de ondas de 1 m. de longitud, sucediéndose con intervalos de  $\frac{1}{300000000}$  de segundo. Demostró asimismo la reflexión y refracción de estas ondas y produjo delante de un espejo ondas estacionarias, cuya velocidad de propagación se hacía fácil de medir.

El encanto estaba roto, la ciencia había franqueado un gran paso.

Estas experiencias de Hertz tuvieron una resonancia inmensa. En todos los países fueron imitadas, se perfeccionaron, se aumentó la potencia de la inducción y se idearon aparatos más sensibles para comprobar sus efectos; se aumentó la frecuencia de las oscilaciones y se redujo proporcionalmente la longitud de onda. Finalmente, con aparatos de dimensiones modestas se pudieron imitar sin excepción todas las experiencias de la óptica.

Ya no cabía dudar, las ondas hertzianas eran ondas luminosas de menor frecuencia, pero de idéntica naturaleza. Eran los tonos graves de la gamma óptica, cuyas ondas visibles son los tonos elevados y los rayos ultravioletas los tonos más agudos.

En el estudio de la luz, Maxwell y Hertz habían descubierto un nuevo continente, conocido en un principio sólo en el punto en que fué abordado, pero que bien pronto fué explorado en todos sentidos. Poco á poco se fueron aproximando á los campos conocidos; hoy día las ondas obtenidas alcanzan á  $3 \text{ m/m}$ , mientras en el espectro producido por la incandescencia se ha alcanzado hasta  $0.07 \text{ m/m}$ .

Si formamos octavas de longitudes de onda que partan de  $0.1 \mu$ , entre  $0.4 \mu$  y  $0.8 \mu$  se encuentra el espectro visible, el único conocido hace medio siglo apenas, como debido á las oscilaciones del éter, después de miles de años de estudios científicos. Hoy día poseemos dos octavas superiores y  $6 \frac{1}{2}$  inferiores. Después á  $5 \frac{1}{2}$  octavas, vienen las ondas conocidas que se extienden hasta el infinito.



Comparemos nuestros conocimientos actuales del espectro con lo que teníamos hace diez años. Del lado del espectro visible se han ganado de 2 á 3 octavas, del lado eléctrico de 6 á 7; en total de 9 á 10, dos veces más que el intervalo todavía desconocido. Puede decirse si en una década más el vacío quedará lleno? Sería muy imprudente afirmarlo, puesto que las dificultades van creciendo en ambos límites de este espacio. Hagamos votos para que los dos arcos del puente, empezados por ambos lados se reunan pronto. Será necesaria mucha inteligencia, mucha paciencia, quizás gran talento, pero el resultado final no es dudoso, el tiempo lo dirá.

Partiendo de los fenómenos de óptica conocidos desde muy antiguo, hemos entrado de lleno en el dominio de las oscilaciones eléctricas. Recorramos ahora el camino á la inversa; partamos de las oscilaciones eléctricas, cuyo origen es el movimiento de la electricidad en su conductor, para intentar comprender el origen de las ondas ópticas.

Si puede parecer imprudente el afirmar la identidad de su génesis, á lo menos puede ensayarse la hipótesis. Desde largo tiempo, creemos que la emisión luminosa es el resultado de una reacción directa del movimiento de las moléculas sobre el éter ambiente. Por otra parte, la electrolisis nos enseña que los átomos llevan cargas eléctricas. La vibración de los átomos en la molécula pone pues en movimiento cargas y quizás es su inducción la que produce el efecto luminoso. Si nuestro razonamiento es exacto, esta emisión debe ser modificada por la presencia de un campo magnético obrando sobre los circuitos moleculares. La experiencia enseña que así sucede y este resultado, buscado por varios físicos, y hallado por Zeeman, es uno de los triunfos más bellos de la lógica imaginativa que ha tomado un sitio preponderante en la física moderna.

Resumamos en dos palabras los hechos adquiridos. La inducción eléctrica es una de las manifestaciones de un movimiento del éter idéntico al movimiento luminoso, y recíprocamente, este movimiento es debido á la onda de inducción provocada por la oscilación de las cargas eléctricas de las moléculas. Esta conclusión cuyas consecuencias son tan remotas, no deja de darnos un poco de inquietud.



Si existe una gran identidad entre la óptica, la electricidad y los movimientos de la materia, qué se ha hecho de las divisiones de la antigua física? Podrá hablarse ya de óptica, de electricidad, de física de la materia? Los espectros serán tratados aparte ó como consecuencia de las oscilaciones eléctricas y de la inducción?

No valdría más hablar de ellos á propósito de la constitución de la materia, de la cual dan una imagen fiel? En diez ó veinte años lo sabremos mejor que hoy, pero podemos afirmar desde ahora que la física ha roto sus viejos moldes, que todo parece mezclarse y entrar en una nueva forma más clara, en que la agrupación se hará según las afinidades naturales y no según las formas artificiales á las cuales todavía estamos apegados por una vieja costumbre. Los buenos talentos dan crédito á la ciencia, en frente de un descubrimiento admirable no preguntan qué provecho inmediato se puede sacar de él. El paso franqueado en la física por la realización de las ondas eléctricas es tan grande que aunque quedaran mucho tiempo sin utilización alguna por el lado práctico, nuestra admiración no debería ser menor por ello.

Pero estos descubrimientos han conducido ya á aplicaciones que satisfarán á los más exigentes, aquellos que no aprecian el esfuerzo más que en razón del éxito evidente. La onda de inducción puede ser recogida á distancia en los circuitos conductores, se propaga hasta el infinito y en todo punto del espacio en que se puede disponer de un aparato bastante sensible, se puede percibir el flujo inductor escapado del transmisor. Los émulos de Hertz lo comprendieron y poco después de sus primeras publicaciones, se habló corrientemente de la percepción de la onda eléctrica á distancias de algunos centenares de metros. En Inglaterra, donde las aplicaciones de la ciencia son muy estimadas, se han realizado en esta vía progresos marcados. Pero el físico al cual esta aplicación debe los progresos más indiscutibles es sin duda el profesor Reghi, de Bolonia, que perfeccionó considerablemente todo el material de Hertz. Uno de sus jóvenes alumnos, M. Marconi, transportó sobre el terreno aparatos que todavía no habían salido del laboratorio é hizo conocer al público una innovación que pareció maravillosa y lo era en efecto; si no sorprendió á los físicos tanto como el público podía creer, es porque, desde diez años, habían seguido paso á paso el progreso y conocían el detalle.



Pero hay que dar á cada uno lo suyo; el éxito de la telegrafía sin hilos se debe al receptor extremadamente sensible descubierto por Branly. Este receptor consiste en un tubo lleno de limaduras metálicas, cuya resistencia eléctrica disminuye en proporción enorme por la absorción de la onda eléctrica. Un pequeño choque vuelve el tubo á su estado primitivo y para percibir una serie de señales, basta seguir, por un procedimiento elemental, las variaciones de resistencia eléctrica del tubo.

Se fundan sobre la telegrafía sin hilo grandes esperanzas que parecen justificadas. Se han hecho transmisiones á 100 kilómetros y constituyen un medio precioso de comunicación de los puestos aislados, de las ciudades sitiadas, de los buques entre sí ó con la costa.

Un servicio, inaugurado por Mr. Marconi en la travesía del Atlántico, ha permitido permanecer en comunicación con el continente americano durante algunas horas después de la salida y recibir noticias de Europa, mucho antes de divisar las costas.

Es evidente que la telegrafía sin hilo por la onda eléctrica no es otra cosa que telegrafía óptica. De aquí que se ocurra preguntar dónde reside su ventaja sobre aquélla.

La contestación á esta pregunta ya se encuentra en la obra de Fresnel. El gran físico, que no conocía más que el espectro visible, había demostrado que la absorción de una onda en un medio que contenga corpúsculos opacos es tanto menor, cuanto mayor es la longitud de la onda.

La experiencia ha confirmado esta deducción mucho más allá de lo que Fresnel podía conocer. Ella ha demostrado que las ondas hertzianas franquean los cuerpos granados á condición de que el medio, en su conjunto, sea mal conductor de la electricidad. Estas ondas atraviesan las nieves y las brumas, la madera y la piedra que oponen á la luz ordinaria obstáculos infranqueables.

Por otra parte, la difracción es tanto más intensa, cuanto mayor es la longitud de onda. Las ondas eléctricas salvan los obstáculos casi como las ondas sonoras del mismo orden de magnitud. La telegrafía por ondas eléctricas puede tener lugar por lo tanto con un tiempo cualquiera, á través de todos los cuerpos malos conductores de la electricidad, con aparatos transmisores ó recep-



tores que no tienen necesidad de ser orientados rigurosamente. Es una preciosa ventaja en todos los casos en que la línea que une los dos aparatos está mal determinada, pero esta difusión de las ondas en todas direcciones del espacio es un inconveniente capital para el secreto de las comunicaciones y para la claridad, si varios transmisores están uno en el radio de acción del otro.

Los diversos fenómenos á que acabamos de pasar revista y sus aplicaciones son una consecuencia lógica de las ideas de Faraday y de Maxwell, así como de la experiencia fundamental de Hertz. Pero lo que ningún hombre de talento podía prever es la manera como los organismos vivientes se comportan cuando son atravesados por ondas eléctricas de alta frecuencia.

Se sabe, después del memorable experimento de Galvani, que unas descargas eléctricas, aun de débil intensidad, en los filetes nerviosos, producen contracciones musculares muchas veces intensas. Se sabe también, desde largo tiempo, que estas contracciones se producen en seres que no presentan ninguna sensibilidad particular, cuando las corrientes son rápidamente variables ó alternativas. Se habría podido creer por lo tanto que las ondas eléctricas de alta frecuencia producirían efectos de tetanización extraordinarios y completamente insoportables. Pero el experimento ensayado por M. D'Arsonval y M. Tesla dió un resultado completamente opuesto á lo que se previó. Llevando ondas de alta frecuencia directamente de un punto á otro de la superficie de un ser vivo, no parecieron afectarlo, en manera alguna. El mismo experimentador se sometió á ellas y no experimentó sensación alguna.

Durante algún tiempo se creyó que las corrientes se propagaban en la superficie, y no alcanzando las capas profundas, no tenían ocasión de manifestarse. Pero otras experiencias de distinto orden demostraron que esta idea era errónea.

En realidad estas corrientes penetran enteramente en el organismo y si no producen acción nerviosa alguna que pueda observarse directamente, se manifiestan por otras acciones que es fácil poner en evidencia. Los fenómenos respiratorios son activados, las combustiones muy intensas y más completas y, sin hacer movimiento alguno, el sujeto sometido á la experiencia sufre sin fatiga



aparente las acciones que produciría un ejercicio exagerado.

Las consecuencias de estas observaciones, bajo el punto de vista fisiológico y especialmente medicinal son muy importantes. Todos nosotros sufrimos en más ó en menos de una falta de equilibrio entre las ganancias y las pérdidas de nuestro organismo. Nuestras combustiones son incompletas, conservamos residuos y nos encontramos en condiciones análogas á una máquina de vapor cuya caldera se dejara llenar de incrustaciones y cuya rejilla no se limpiase nunca. La artritis, la diabetes y otras enfermedades crónicas son la consecuencia de este estado de cosas deplorable.

Las observaciones del doctor D'Arsonval tomaban, desde entonces, una importancia práctica muy grande. Algunos médicos las emplearon con gran éxito en tanto que algunos constructores fabricaron aparatos que permitían aplicar al organismo vivo la alta frecuencia bajo todas las formas. La más singular consiste en colocar el paciente dentro de un carrete por el cual circulan las corrientes. La inducción se produce entonces directamente, el paciente es como el secundario del carrete; en cada volumen infinitamente pequeño de su cuerpo tiene lugar una corriente inducida. Si pone los brazos en circunferencia, ve brotar chispas entre sus dedos y si toma entre sus manos los conductores de una lámpara de incandescencia ésta se encenderá.

Si las relaciones previstas entre la luz y la electricidad nos han permitido á la vez, extender indefinidamente nuestro conocimiento del espectro por el lado de las frecuencias inferiores á la de la luz y realizar al mismo tiempo invenciones grandiosas y bellas, otras relaciones que ningún físico había sospechado han abierto á la ciencia un dominio nuevo é imprevisto sobre toda una serie de radiaciones tan singulares, tan inesperadas, que el primer contacto con ellas fué completamente sorprendente, aun para aquellos que nada les sorprende.

Desde mucho tiempo se estudiaban las descargas eléctricas en los gases enrarecidos y se habían librado verdaderos combates sobre los fenómenos que las acompañan.

Una parte de los fenómenos concordaba tan bien con la idea de un movimiento material, sostenida por el célebre filósofo inglés W. Crookes, que su hipótesis estuvo muy en boga durante un mo-



mento. A ejemplo de esto se admitió que los gases á presión muy baja poseían propiedades características por la individualidad completa de las moléculas y se resumían bajo el nombre de *materia radiante*.

Otros físicos se empeñaban en demostrar con argumentos no menos buenos, que era casi imposible explicar los fenómenos observados por un flujo de materia. Ahora bien, como para compensar los casos científicos numerosos en que todo el mundo se equivoca, parece que en los fenómenos de que tratamos, todos tenían razón, por una causa muy sencilla, y es que los hechos observados al rededor de los tubos de Crookes se componían de dos grupos completamente distintos, unos materiales, otros etéreos. Todos conocéis el brillante descubrimiento del profesor Röntgen. Habiendo encerrado un tubo de Crookes en una pantalla de papel negro, vió que á cierta distancia del tubo, unos cristales de platino cianuro de bario daban una débil luz; un examen rápido de las circunstancias de esta fosforecencia le mostró que su causa principal debía buscarse en el mismo tubo que era una fuente de una forma de energía todavía desconocida; prosiguiendo sus investigaciones, encontró el hecho capital de que estos rayos se propagan en línea recta, cualesquiera que sean las superficies atravesadas, y otra propiedad, que sorprende en mayor grado á las personas poco familiarizadas con los fenómenos físicos, que la opacidad de los diferentes medios para estos rayos no tiene relación alguna con el poder absorbente para las ondas etéreas conocidas hasta la fecha. Estas radiaciones poseen, aparte del poder de iluminar ciertas sustancias, el de impresionar las placas fotográficas.

Estos hechos, enunciados desde la primera comunicación del profesor Röntgen á la Sociedad Físico-Medicinal de Wartzbourg, creaban una nueva rama de actividad: la radiografía y la radioscopia.

Todos se acuerdan de la inmensa resonancia que estas revelaciones tuvieron. En todas partes se pusieron á trabajar; todos querían encontrar un hecho nuevo y el gran público mismo, de ordinario tan indiferente para los descubrimientos más hermosos, el público, que ignoraba los nombres de Maxwell y de Hertz, se precipitó en masa en los laboratorios y en las sesiones de las



sociedades científicas donde esperaba satisfacer su curiosidad.

El descubrimiento de los rayos que M. Röntgen bautizó con el nombre de rayos X para señalar de esta manera el gran misterio que los envolvía, tuvo la suerte singular de conducir á la vez á un hecho científico de la mayor importancia y á maravillosas aplicaciones.

Empleados en todas partes para la investigación de los espacios donde nuestra vista no puede penetrar, permiten precisar la posición de cuerpos extraños en nuestro organismo, la naturaleza de una fractura ó de una deformación, evitando de este modo investigaciones á menudo largas y dudosas que, á pesar del mejor método y la mayor perspicacia, conducían á veces al médico y al cirujano sobre una vía falsa con el mayor detrimento del enfermo. Esta parte del descubrimiento del profesor Roentgen que ha permitido evitar muchos sufrimientos, asegura á su autor uno de los mejores puestos entre los bienhechores de la humanidad.

Al mismo tiempo el descubrimiento de los rayos X, terminó del modo más imprevisto una lucha cuyo término era difícil de prever. Se hizo evidente que si no se había llegado á un acuerdo hasta entonces sobre la naturaleza de los fenómenos que pasan en el interior y alrededor del tubo de Crookes, es porque era imposible señalar á tales fenómenos un origen único. Se presentaban dos clases de fenómenos completamente distintos; la teoría de Crookes subsistía por entero, pero no abrazaba más que una parte de los hechos, mientras los otros le escapaban totalmente. Pero estos últimos eran tan nuevos, se avenían tan poco con todo lo que ya sabíamos de las radiaciones, que los físicos más distinguidos andaban errantes al rededor de ellos sin aportar ninguna teoría completamente satisfactoria. Sobre su producción se llegó bastante deprisa á un acuerdo.

Puesto que la teoría de Crookes era viable, se admitió fácilmente que las partículas de materia violentamente rechazadas del electrodo negativo del tubo, herían la pared opuesta con una velocidad muy grande, y determinaban en el punto de choque unas vibraciones de naturaleza particular, que á su vez engendrabán los rayos X.

Volvamos á las relaciones entre la materia y las ondas etéreas



que acabamos de tratar. La causa inmediata de los rayos X parece ser una vibración molecular, pero una vibración desordenada, comparable á la de una campana recibiendo una granizada de balas. Esta teoría de las ondas no periódicas sin cesar renovadas por nuevos choques, es la que según Mr. G. G. Stokes, parece concordar mejor con todos los hechos.

Este descubrimiento de Roentgen, debía engendrar otros más sorprendentes sobre los cuales siento que deberé ser muy breve. A consecuencia de una observación de M. H. Becquerel, que había descubierto en un pedazo de uranio rayos semejantes á los rayos Roentgen, M. y Mme. Curie se pusieron á buscar, por un nuevo sistema ideado por ellos, cuerpos que poseyeran esta propiedad en grado exagerado. Después de trabajos largos y penosos, llegaron á aislar algunas sustancias que tenían todas las propiedades de un tubo Crookes sometido á descargas eléctricas. Estas sustancias, de las cuales sólo se han podido tener hasta ahora preparaciones mezcladas con bario y bismuto, y que M. y Mme. Curie han llamado *polonium* y *radium*, emiten constantemente rayos capaces de ennegrecer las preparaciones fotográficas, de iluminar las pantallas y de atravesar cuerpos opacos á la luz, tales como los metales.

Por otra parte, el *radium* da una emisión de partículas materiales, propagándose en línea recta con una velocidad prodigiosa y desviadas solamente por un campo magnético ó un campo eléctrico. Estas partículas están cargadas de electricidad y son análogas en todos sus puntos á la descarga estudiada por M. Hittorf y sir W. Crookes. La existencia de estos cuerpos es el mayor misterio, cuyo estudio se presenta en la actualidad á los físicos.

Por brillantes que sean estos descubrimientos en el dominio de la óptica y de la electricidad, por oscuro que parezca, en comparación, el estudio de las propiedades de la materia, hemos visto, en otro sitio, el contacto íntimo entre estos dos órdenes de ideas y la imposibilidad de separarlas enteramente unas de otras. La molécula material, considerada hoy día como el generador de las ondas luminosas que no son en sí mismas más que ondas eléctricas de alta frecuencia, la producción de los rayos Röntgen por choques moleculares, y para acabar, la existencia del radio nos muestran cuántos misterios de la física del éter podrían aclararse si las pro-



propiedades de la materia fuesen mejor conocidas. También, aunque un poco descuidado durante cierto tiempo, el estudio de la materia, vuelve á estar de nuevo sobre el tapete. Además de una ciencia nueva que toma este estudio por objeto único, la *físico-química*, hoy se le consagran numerosos trabajos experimentales de física y de química puras. Las relaciones entre la materia y el éter indican el programa de una parte de estos trabajos. Pero hay otros que por el momento son puramente materiales.

Quiero citar, particularmente, el estudio de las aleaciones por los dos procedimientos de las temperaturas de fusión y micrografía. Esta nueva dirección dada á las investigaciones ha revolucionado nuestros conocimientos de las mezclas de los metales; nos ha revelado la existencia en las aleaciones de combinaciones en proporciones definidas en vez de simples mezclas en proporciones cualesquiera como se admitía antes; ha mostrado las condiciones de formación de las aleaciones y las condiciones de que dependen sus propiedades. Por este camino se ha ido directamente á crear nuevas aleaciones obtenidas no ya por ensayos numerosos y hechos al azar, sino por una vía segura, en la cual el resultado ha confirmado muy amenudo las previsiones. La idea, cada vez mejor establecida, de la difusión de los metales en casos bien determinados, de la ausencia de difusión en otros, da cuenta de la existencia posible de mezclas homogéneas ó de mezclas heterogéneas ó licuadas, y da para la práctica las indicaciones más preciosas.

El inmenso desarrollo industrial debido á la producción económica de la energía eléctrica por la máquina dinamo ha conducido también, aparte de las aplicaciones ya antiguas al alumbrado y á los transportes de todas clases, á estudios muy nuevos y ya fructuosos. A la temperatura elevadísima que se establece en el punto donde salta el arco eléctrico, los cuerpos ya no existen en estado de combinación, se disocian y por este camino se ha podido obtener fácilmente, por medio del horno eléctrico, algunos cuerpos que apenas se habían podido aislar hasta hoy. A la preparación de varios de estos cuerpos quedará unido el nombre de M. Moissan.

Al mismo tiempo que el horno nos hacía pasar de un salto de



la temperatura de unos  $2000^{\circ}$  que da el soplete oxhídrico á la de  $3500^{\circ}$  correspondiente á la ebullición y disolución del carbono en el aire; por otra parte, partiendo de las experiencias de M. Cailletet y de M. Pictet, de Wroblewski, de M. Olzewski, algunos físicos é industriales construían máquinas capaces para producir el aire líquido en gran cantidad. M. Linde, M. Hampson venden hoy día aparatos que producen hectólitros de aire líquido por hora, y que realizan industrialmente temperaturas de  $180^{\circ}$  y  $190^{\circ}$  bajo cero. M. J. Dewar ha ido mucho más lejos. Enfriando en aire líquido sobre el cual se hacía el vacío, el hidrógeno fuertemente comprimido, y dejándolo expansionar después, logró liquidarlo á su vez en cantidades suficientes para permitir determinar su temperatura á diversas presiones y sus propiedades más importantes. Así se ha llegado á menos de  $10^{\circ}$  del cero absoluto; es decir, que por este lado ya se tocan los límites de lo que se puede conocer.

Las aplicaciones prácticas de los gases licuados son ya numerosas y considerables, el porvenir nos mostrará mejor toda su importancia.

Volvamos ahora sobre nuestros pasos; hemos visto esta sencilla idea de la oscilación etérea crecer y extenderse, invadir la óptica y la electricidad y conducirnos á un dominio que pudiéramos llamar hiperóptica. La hemos visto ensanchar indefinidamente algunas nociones que estaban como atrofiadas hace menos de un cuarto de siglo. La hemos visto también servir en bien de la humanidad en aplicaciones que, totalmente ignoradas hace diez años, ocupan actualmente un lugar considerable que no hará más que crecer. El estudio de la oscilación del éter nos hace remontar á su origen más ordinario que es la materia y hemos señalado el interés poderoso que presenta su estudio. En fin el inmenso desarrollo paralelo de la ciencia y la industria, en los diez años que acaban de transcurrir, ha puesto en manos de los prácticos nuevos elementos de investigación que sobrepujan en potencia los sueños más hermosos de los físicos que fueron nuestros maestros.

¿Qué será la ciencia de mañana? Muy atrevido ha de ser quien lo diga. Pero su pasado más reciente es para nosotros una garantía preciosa del porvenir. ¿Se preguntará todavía para qué sirven los



estudios de los laboratorios? Si algunos espíritus displicentes han podido expresar sus dudas en otro tiempo, los brillantes éxitos obtenidos por la alianza de la ciencia con la industria han sido la mejor respuesta que hubiera sido posible darles.

Por otra parte sería comprender mal la ciencia el exigirla otra cosa que el descubrimiento de hechos precisos y su coordinación en teorías cada vez más comprensibles, abrazando de una sola mirada dominios crecientes, vistos desde alturas cada día más elevadas.

Seamos indulgentes con el que busca, sepamos esperar largo tiempo el cumplimiento de sus promesas; la visión interior intensa por los ojos del espíritu lo ciega á veces y no le deja ver las realidades, pero vosotros debeis sorprenderlas; de vosotros, mis queridos compañeros, que en vuestra mayoría, consagrais vuestros esfuerzos á las aplicaciones de la ciencia, de vosotros espera la humanidad los progresos visibles para todos y que aumentarán su bienestar.

Vuestra tarea es grande y al mismo tiempo hermosa y no habeis salido mal de ella, puesto que vosotros, dejándoos guiar por el espíritu científico, habeis llevado á todos los países del mundo el gran renombre de vuestra Escuela, con trabajos que causarán la sorpresa de las generaciones venideras.

Traducido por,

*J. S. B.*



## NOTICIAS

---

UN PUENTE COLGANTE DE 314 METROS DE LUZ.—El *Engineering Record* describe en un número reciente, un puente colgante que se acaba de construir en Mampimi (Méjico), para la explotación de unas antiguas minas de plata que existen en dicha localidad. La long. del puente es de 314 metros, entre ejes de torres de apoyo, y la altura de éstas es de 15<sup>m</sup>,250. Las bases de las mismas son cuadradas y tienen 4<sup>m</sup>,10 de lado, descansando sobre pilas cuadradas de mampostería de 5<sup>m</sup>,350 de lado. Los cables están espaciados á 9<sup>m</sup>,15 entre ejes, en el vértice de las torres, y á 3<sup>m</sup>,50 en el centro; cada uno se compone de 3 cables de acero de 50 milímetros de diámetro retorcidos juntos. Los sistemas de los cables se fijan á unos encajes de mampostería, establecidos en túneles abiertos en la roca que constituye las paredes abruptas del monte. El puente se halla á unos 1500 metros sobre el nivel del mar, y las variaciones de la temperatura son tan pequeñas, que los soportes de los cables están fijados en la parte superior de las torres, sin preocuparse de las dilataciones ó contracciones que puedan producirse detrás de ellas. Las torres están arriostradas, entre sí, transversalmente, por una viga transversal de madera. Las vigas del puente son igualmente de madera. El peso total del puente colgante es de 150 toneladas; la carga máxima que debe soportar es de 4 vagones de mineral, de 6 toneladas cada uno, que descenden de las minas á los depósitos de reserva, por la misma pendiente del puente que es de 6 por 100, y se hacen volver á subir por medio de un cable de 12 milímetros, movido por un motor eléctrico.

---

EMPLEO DEL CISCO DE ANTRACITA PARA TERRAPLENAR.—En las minas de antracitas de América se pierde generalmente de un 15 á 20 % en polvo de carbón ó cisco, el cual por su demasiada finura no puede emplearse como combustible. Este polvo, que se amontona en pilas, ocupa sobre el terreno extensiones á veces considerables. Por primera vez, en 1887, se tuvo la idea de utilizar este cisco para terraplenar las partes inferiores de los yacimientos de hulla, en la mina de Kohinoor (región del Schuylkill).

Este procedimiento ha sido empleado en 1892 en las minas de Dodson y Blackdiamond y también otras minas de antracita lo comienzan á adoptar. Consiste el procedimiento en cuestión; en acarrear el polvo de antracita en tubos de 0,10 metros de diámetro por medio de una corriente de agua que le conduce á las regiones que se desea terraplenar.

Las uniones de los tubos están de tal modo dispuestas que permiten la limpia de los mismos en caso de una obstrucción.



El cisco, á la salida de los tubos, queda depuesto después de un recorrido de unos 360 metros, y el agua que le acompañaba, filtra á través de los terrenos, depositándose clarificada en el sumidero ó depósito de la mina, de cuyo lugar se la asciende á la superficie por medio de bombas.

Este sistema permite la penetración del polvo de carbón en las cisuras más estrechas y llenar así todas las cavidades que de otro modo macizadas, es decir, con materiales ordinarios, podrían ocasionar peligros. Por otra parte la experiencia ha demostrado que no se produce, en este cisco así dispuesto, combustión espontánea.

Además, tiene la ventaja, como se desprende ya, de tapar los huecos herméticamente, y por tanto, de no dejar paso al aire. Se puede, pues, en ciertos casos, emplearle para sofocar incendios en alguna parte de la mina. El terraplenado con este polvo, cuando está bien seco, es evidentemente duro y permite, por tanto, el ser atravesado por galerías exentas de todo sostén ó revestimiento.

En fin, que este procedimiento, puede extenderse al terraplenado de ciertas minas, reemplazando el polvo de antracita por otras sustancias, tales como la arena, margas, etc.

---

EL NUEVO PUENTE COLGANTE DE BUDAPEST.—El *Zeitschrift des Vereines Deutschen Ingenieure* da una detallada descripción del puente construido recientemente en Budapest. La obra construida según un proyecto de Mr. Czekeluis, consejero ministerial, se compone de tres tramos, uno central de 290 metros de luz á través del río y dos tramos de orilla de 44 metros cada uno, lo que da una longitud total de 378 metros. El ancho del tablero entre centros de vigas principales es de 20 metros, de los cuales 11 están ocupados por el arroyo que lleva una doble vía de tranvía y el resto está destinado á aceras.

Las dos pilas tienen sus fundaciones hechas con aire comprimido y penetrando á 7 y 9 metros de profundidad debajo del nivel normal del río. Los macizos para la fijación de las cadenas de suspensión se componen de masas de hormigón encuadradas en filas de hierro de doble T que bajan á 2'50 metros bajo el nivel del agua. El volumen total de mamposterías que entra en la construcción es de 40000 ms.<sup>3</sup>

Encima de cada pila hay dos torres de hierro armado en forma de portales sobre las cuales están amarradas las cadenas de suspensión. Estas torres cargan por medio de rótulas sobre zapatas de acero moldeado, cuya parte superior está á 10 m, 30 sobre el nivel del agua. La altura de las torres es de 59'20 metros lo que dá 69'50 metros sobre el nivel del agua.

Las vigas rígidas son de una sola pieza de un extremo á otro de puente; están suspendidas de las cadenas; su planta inferior tiene la forma de una curva con la convexidad hacia arriba á ma-



nera de un arco de puente; estas vigas sirven de barandilla y atraviesan las torres á las cuales están unidas por medio de bielas de suspensión.

Las cadenas son de acero Martín muy carburado para el cual se ha exigido una resistencia mínima á la rotura de 50 á 55 kilogramos por milímetro cuadrado con 20 por 100 de alargamiento en sentido del laminado, sobre barretas de 5 cm.<sup>2</sup> de sección. El espesor de las barras es de 25 milímetros y el ancho en el cuerpo de las mismas de 0 m. 500 y en la cabeza de 0'900; el diámetro del ojo para el gorrón es de 0'33 metros y la distancia entre centros de 9'33 metros. Para su fabricación después de haber estudiado diversos procedimientos se decidió recatarlas de planchas laminadas por medio de una máquina de entallar y acabar las porciones rectas por medio de la muela. Para abrir los ojos se juntaban varias barras unas sobre otras y se taladraban á la vez; de este modo cada eslabón de cadena se componía de varias barras de longitud exactamente igual entre centros de gorriones.

La estructura metálica era de acero más dulce que las barras, con pequeña proporción de carburo.

El presupuesto total del puente para la construcción fué el siguiente:

Fundaciones, mampostería, etc. . . . .			2.860,000 frs.
Cadenas de acero. . . . .	4 273	ts.	2.874,000 frs.
Torres. . . . .	2 064	»	1.095,000 »
Construcción metálica			
restante. . . . .	2,065	»	1.855,000 »
Acero forjado. . . . .	143	»	156,800 »
Acero moldeado . . . . .	298	»	291,000 »
Fundición . . . . .	123	»	47,000 »
Plomo. . . . .	24	»	13,800 »
Varios. . . . .			207,000 »
Total de la parte metálica 8.990	ts.	6.539,600 frs.	6.539,600 frs.
Ornamentación. . . . .			164,000 »
Aparatos de alumbrado . . . . .			20,000 »
Varios. . . . .			1.020,000 »
Total. . . . .			10.603,600 frs.

La ejecución de esta obra ha proporcionado una ocasión muy buena de comparar el empleo de cadenas con el de cables en los puentes colgantes. En un estudio del mismo puente hecho, suponiendo que se emplearan cables de acero se partió de una resistencia á la ruptura de 145 kilogramos y un trabajo normal máximo de 33 kilogramos por milímetro cuadrado, cifras que son bastante exageradas. Para las cadenas cuya resistencia á la ruptura ya hemos indicado, se adopta un trabajo máximo de 14 kilogramos.

Con el empleo de cables, los enlaces de éstos con las vigas rígidas y los amarres dan lugar á dificultades bastante serias que no



se presentan con las cadenas. Además con éstas todas las superficies del metal son visibles y poco expuestas á la oxidación, lo que no ocurre con los cables, y al mismo tiempo las cadenas dan un aspecto arquitectónico mejor que el de los cables, que resultan demasiado débiles.

Bajo el punto de vista del coste puede decirse lo siguiente:

1.º Con las cadenas el peso total de la obra es mucho mayor que con cables.

2.º El precio de la unidad de peso de los cables es un 91 por 100 más elevado que el de las cadenas.

3.º Deduciendo del gasto total efectuado para el puente de Budapest, la mitad solamente del valor de los útiles de fabricación, el coste no pasa de 9·5 por 100 del puente colgante hecho con cables. Pero si admitiendo que los útiles pueden tener otro destino se descuenta todo su valor, la diferencia de coste entre ambos sistemas resulta insignificante.

