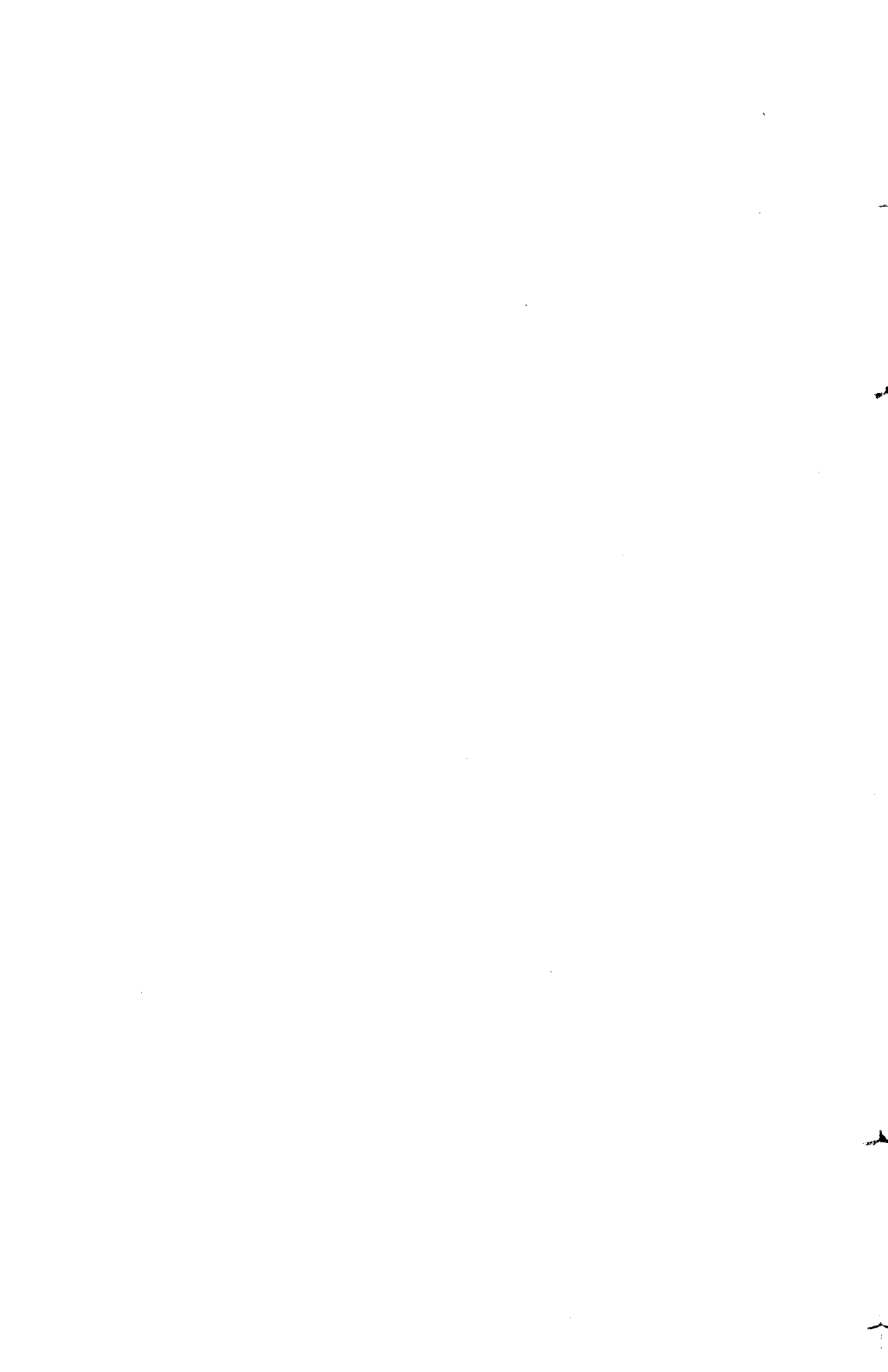


# MEMORIAL DE INGENIEROS



**MEMORIAL**  
**DE**  
**INGENIEROS DEL EJÉRCITO**

---

**COLECCION DE MEMORIAS**

---

**QUINTA EPOCA.—TOMO XLV**

(LXXXIII DE LA PUBLICACION)

---

**AÑO 1928.**

**MADRID**

IMPRESA DEL «MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO»

—  
1928

1911

1911

1911

1911

1911

1911

1911

1911

1911



# INDICE

de las obras sueltas que comprenden las entregas publicadas

POR EL

MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

en el año de 1928.

---

**La instalación del 1.<sup>er</sup> Regimiento de Zapadores Minadores en el nuevo cuartel Infanta María Teresa.**—Por el teniente de Ingenieros D. LUIS DE AZCÁRRAGA.—Consta de 30 páginas y 25 figuras intercaladas en el texto y 22 láminas.

**Metalografía simplificada.**—Por el comandante de Ingenieros D. ANTONIO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ.—Consta de 71 páginas y 7 figuras intercaladas en el texto y 30 fotografías.

**Noticia histórica de la Galería de Retratos de Ingenieros ilustres que existe en la Academia de Ingenieros del Ejército.**—Por el comandante de Ingenieros D. FRANCISCO BUERO.—Consta de 91 páginas.

**El nuevo globo cautivo tipo D.**—Por el comandante de Ingenieros D. JOSÉ CUBILLO FLUITERS.—Consta de 79 páginas y 26 figuras intercaladas en el texto.

**Cambio de velocidad progresivo V. P., aplicable a toda clase de vehículos de propulsión mecánica y máquinas fijas.**—Por el teniente coronel de Ingenieros D. FRANCISCO DEL VALLE y el comandante de Infantería de Marina, Licenciado en Ciencias D. PEDRO PILÓN TERUEL.—Consta de 16 páginas y 6 figuras.





**La instalación del 1.<sup>er</sup> Regimiento de Zapadores  
Minadores en el nuevo cuartel Infanta María Teresa.**



LUIS DE AZCARRAGA

TENIENTE DE INGENIEROS

---

La instalación del 1.<sup>er</sup> Regimiento de

---

== Zapadores Minadores en el ==

---

nuevo cuartel Infanta María Teresa.

---

(SAN SEBASTIAN)



---

MADRID.—IMPRESA DEL «MEMORIAL  
DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO».—1928.

---





**E**N el mes de mayo del año 1926 se trasladó del viejo edificio de la Beneficencia donde estaba instalado desde el año 1914 al magnífico cuartel Infanta María Teresa, recién terminado en el barrio de Loyola (San Sebastián), sobre la orilla derecha del río Urumea, el 1.<sup>er</sup> Regimiento de Zapadores, que con dicho cambio pasó de su alojamiento deplorable a otro proyectado y construido precisamente con la finalidad indicada, o sea, para ser ocupado por un Regimiento de Zapadores y por consecuencia sirviendo de base el programa de necesidades de dicho Cuerpo, con arreglo a la organización decretada en julio de 1924 y que con ligeras modificaciones ha subsistido en la reciente de febrero 1927.

Por tratarse de un «cuartel moderno», no sólo por lo reciente de su construcción, sino por haberse seguido en ésta los preceptos técnicos en la actualidad de aplicación más recomendable para estos edificios colectivos, ha entendido el Sr. Coronel del Regimiento podría ser útil a nuestros compañeros conocer la forma en que aquél se ha instalado en su nuevo alojamiento, encomendando al firmante de este artículo el desarrollo del mencionado trabajo descriptivo, para el que han servido de base las plantas que bondadosamente nos ha facilitado el Comandante de Ingenieros del destacamento de esta plaza D. Luis Barrio, jefe que, en unión del hoy coronel D. Martín Acha, dirigió las obras del mencionado cuartel, por éste y el capitán Sánchez Ruiz proyectado el 1919.

Según la organización de julio del 1924, un regimiento de Zapadores Minadores estaba formado por dos batallones, de dos compañías en armas y tres en cuadro cada uno, lo que hace un total de 10 compañías y la Piana Mayor; con la moderna organización los regimientos tipo A tienen tres batallones, el primero de tres compañías en armas, el segundo con una compañía de destinos y las restantes en cuadro, y el tercero totalmente en cuadro, y corresponde a cada regimiento un parque divisionario de vanguardia que aún no ha sido entregado. El cuartel Infanta

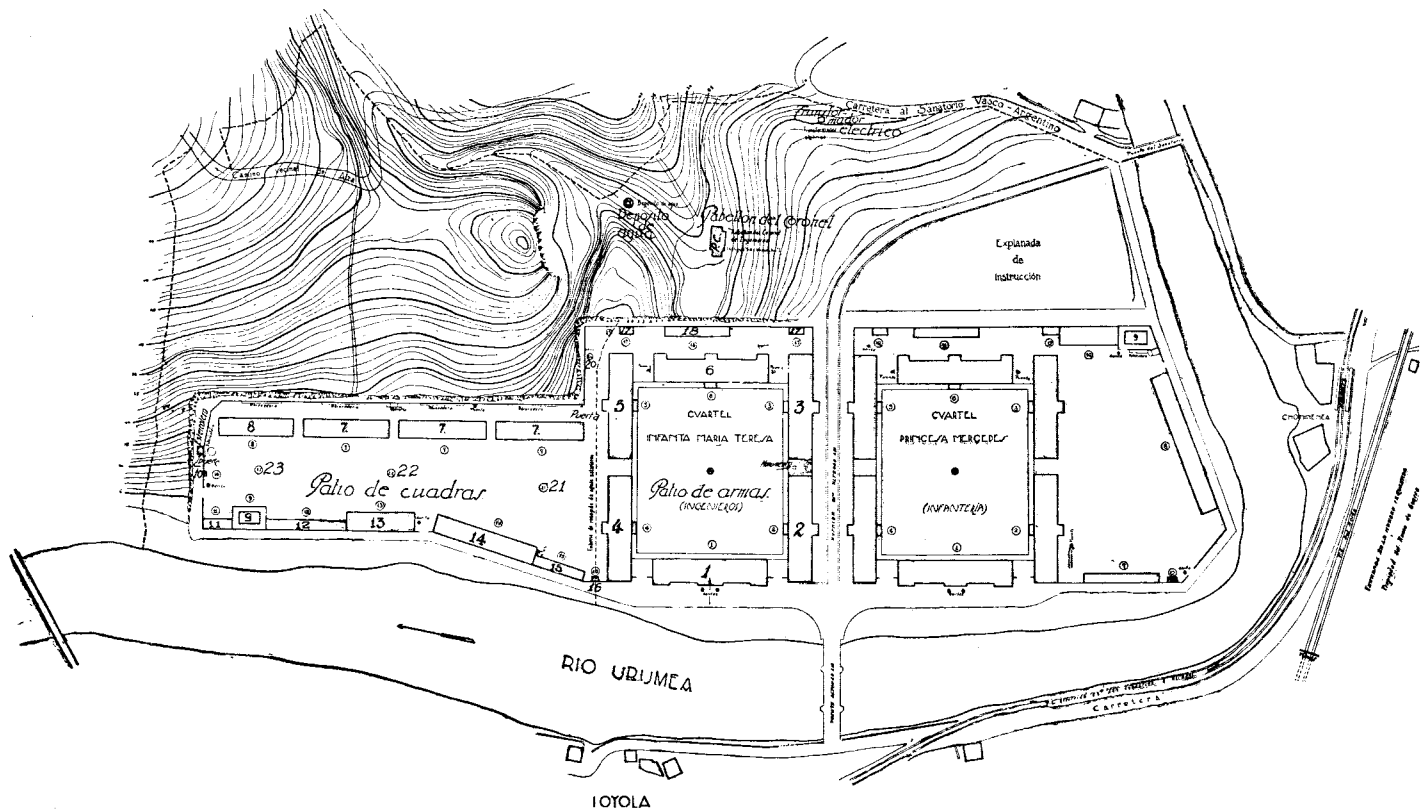


Fig. 1.—Cuarteles de Loyola. Plano general de situación.



María Teresa está construido para tres batallones de tres compañías y Plana Mayor, y tiene, en consecuencia, 10 dormitorios, tres comedores y tres cuadras además de la de Plana Mayor, satisfaciendo sobradamente por lo tanto las necesidades actuales, salvo en la parte correspondiente a almacenes para material, por haber dotado de éste a los zapadores (en gran parte con el procedente de la Escuela de experimentación adquirido en el extranjero) después de ser proyectado dicho cuartel, lo que obliga a utilizar con tal objeto las cuadras vacías.

El edificio, emplazado como ya se ha dicho en la orilla derecha del río Urumea, o sea la opuesta de la carretera que va a Hernani, está separado del cuartel Princesa Mercedes que ocupa el Regimiento de Sicilia por una amplia calle que enlaza con las de circunvalación de ambos, para el servicio de los cuales se ha construido el puente (fig. 1) que queda a 2 kilómetros y 800 metros de la capital guipuzcoana.

Los cuarteles de Ingenieros y de Infantería, construidos e inaugurados simultáneamente tienen una distribución casi idéntica, si bien al primero se le ha dotado de mayor número de locales para talleres y material por exigirlo así la organización del Cuerpo llamado a instalarse en él, por lo que se ha ampliado el segundo patio elevando la superficie en planta a unos 46.000 metros cuadrados. En este trabajo nos referiremos exclusivamente al cuartel Infanta María Teresa.

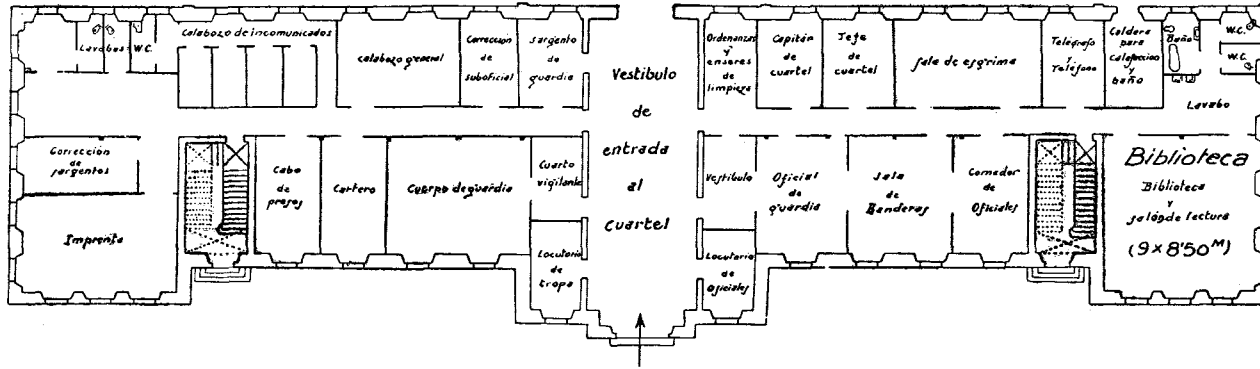
Examinando la planta general (fig. 1) se vé que los edificios están agrupados formando dos grandes patios, el de armas y el de talleres y cuadras, separándose así los edificios destinados a vivienda y oficinas (que son de tres plantas) de los auxiliares; es, pues, el block-system el que ha servido como idea fundamental en el proyecto: Veamos ahora las necesidades y cómo son atendidas.

*Dependencias generales.*—Este pabellón, designado con el número 1 en el plano general (fig. 1), constituye la fachada principal del cuartel, que es sensiblemente paralela al río, estando, por consecuencia, orientada al Mediodía. Las plantas correspondientes detallan la organización de los servicios de cada piso; la planta baja tiene un ancho vestíbulo central, cuyo eje coincide con el del patio de armas, y a su izquierda locutorio de tropa, cuerpo de guardia y calabozo, cabo de limpieza, cartero e imprenta; en el lado derecho locutorio de oficiales, cuarto del oficial de guardia, y a continuación banderas y comedor, separados sólo por grandes puertas de cristales formando agradable perspectiva, y, por último, biblioteca, sala de esgrima, cuartos del Jefe y capitán de cuartel y central telefónica. En el primer piso están las oficinas y despacho del coronel, jefes, ayudante y subayudante, gran Sala de Justicia, fotografía y gabinetes de planos y delineación, y en el segundo piso las habitaciones

Edificio n°1

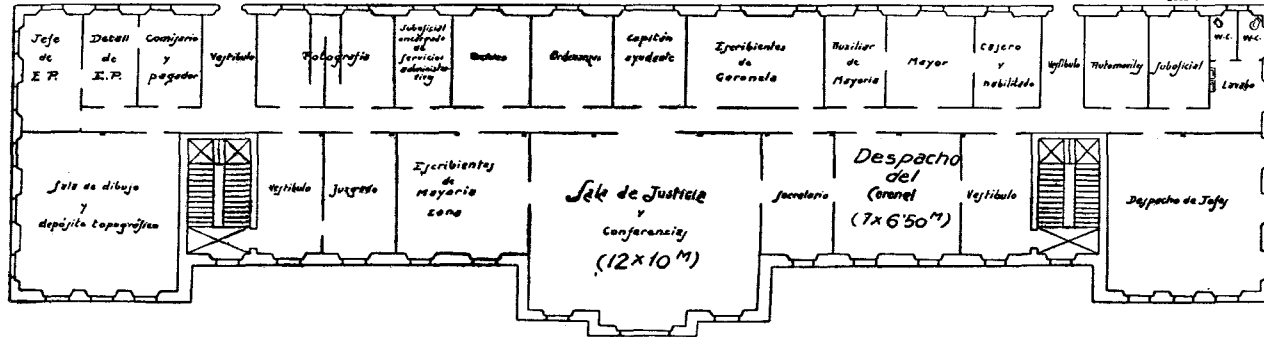
Planta baja

Escala 1:200



Planta primera

Escala 1:200



necesarias para formar un casinillo de oficiales y para habitaciones de solteros, algunas de las cuales podrían aprovecharse para casados con escasa familia. Agregaremos que las habitaciones, sobre todo aquellas que han de usar los oficiales, están decoradas con verdadero gusto mediante artonados, zócalos y chimeneas, lo que ha conducido en unión del mobiliario que con aquéllas armoniza, a que las aludidas dependencias tengan aspecto poco frecuente en nuestros cuarteles. Merece mención especial la magnífica biblioteca que posee el Regimiento, y que ha encontrado colocación adecuada en el amplio salón antes citado con magnífica iluminación y muy buen emplazamiento, ya que está inmediato a la puerta de acceso a las oficinas, lo que permite no tener que atravesar por delante del cuerpo de guardia. Las obras que la biblioteca contiene suman 1.500 volúmenes, que están distribuídos en las siguientes divisiones:

División *A*: Ciencias exactas, Topografía y Geodesia.

Idem *B*: Ciencias físicas, naturales y químicas. Explosivos.

Idem *C*: Elementos de construcción. Electricidad y Máquinas.

Idem *D*: Artes, oficios e industrias. Ingeniería.

Idem *E*: Arquitectura. Construcción y Comunicaciones.

Idem *F*: Ciencias militares. Fortificación. Aviación. Práctica militar.

Idem *G*: Arte militar. Ordenanzas.

Idem *H*: Armas generales y Cuerpos especiales.

Idem *I*: Historia. Geografía y Literatura.

Idem *J*: Diccionarios. Enciclopedias y Catálogos;

pudiendo asegurarse que no sólo en ingeniería y construcción, así como en ciencias militares, contiene obras modernas y algunas muy costosas, sino que en diccionarios manuales, reglamentos, y hasta en obras de cultura general, existe una verdadera riqueza.

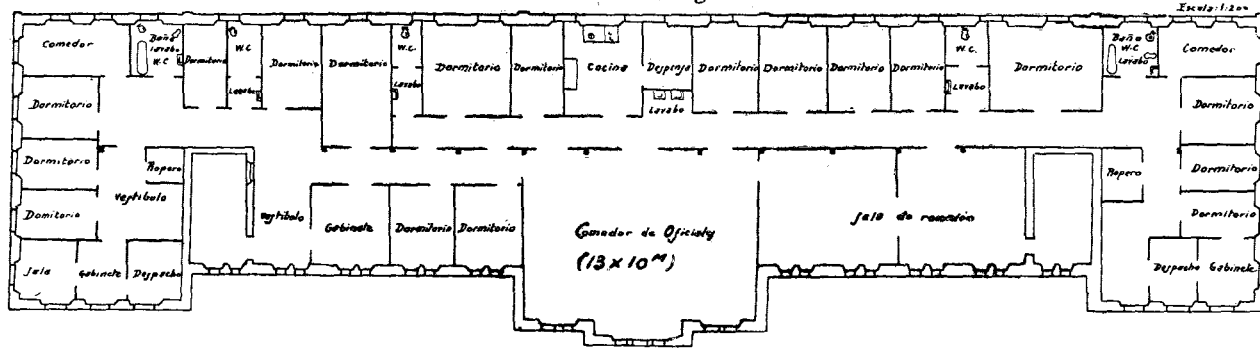
Es también digno de notarse la comodidad en el servicio y seguridad de los calabozos directamente vigilados por el sargento de guardia y la buena situación de los locutorios que, sobre todo el de tropa, permite que las personas que van a visitar a las clases y soldados puedan hacerlo sin penetrar en el cuartel.

*Dormitorios.*—Están situados en los primeros y segundos pisos de los cinco restantes pabellones que con el número 1 forman el patio de Armas; estos pabellones tienen su escalera en el centro de la planta; cada dormitorio está constituido por dos compartimientos separados por el cuarto de aseo y retretes nocturnos, estando dotados de un vestíbulo a cada lado de la escalera para salas de reunión de la tropa y cuartos auxiliares.

Los dormitorios son de cuatro filas de camas, con capacidad normal

Edificio núm. 1.

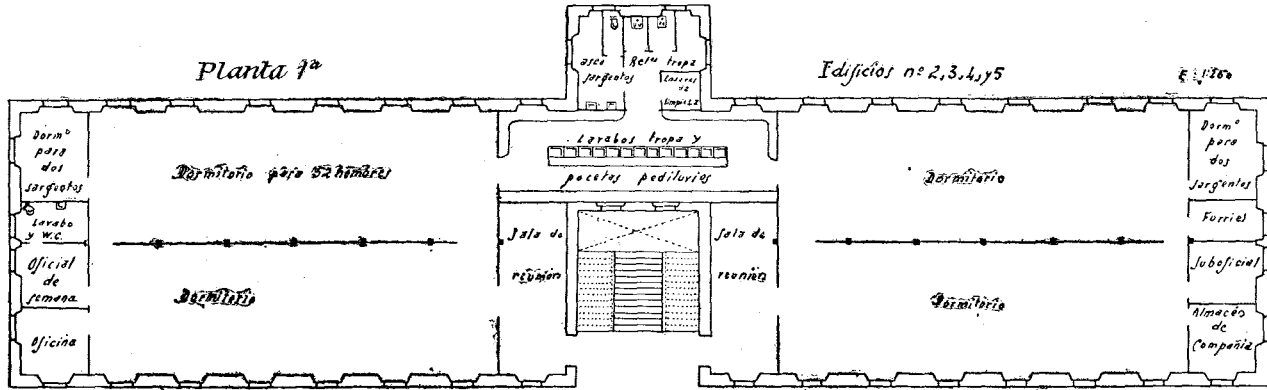
Planta segunda



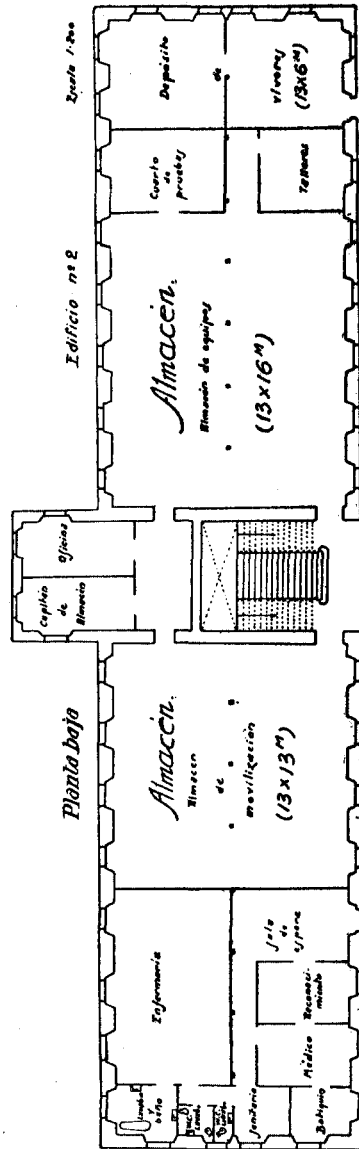
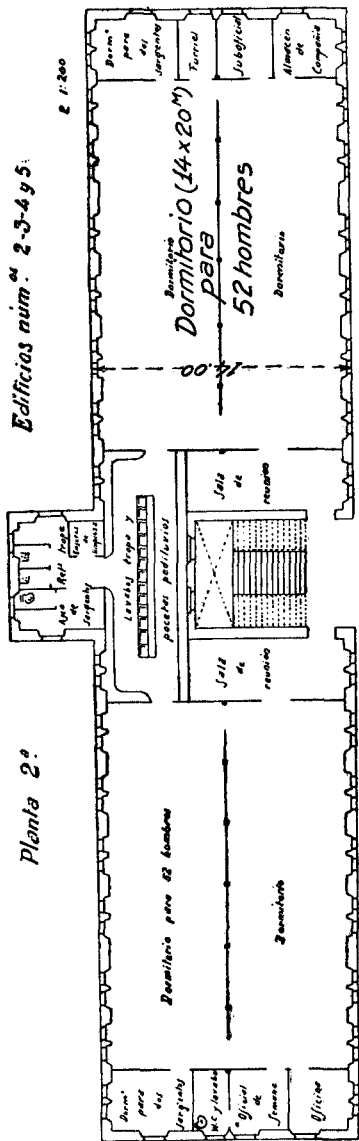
Planta 1ª

Edificios n° 2, 3, 4, y 5

E: 1:200



para 60 individuos o en total de 120 por planta y 1.200 en todo el cuartel; las arquillas individuales para la tropa están colocadas sobre repisas



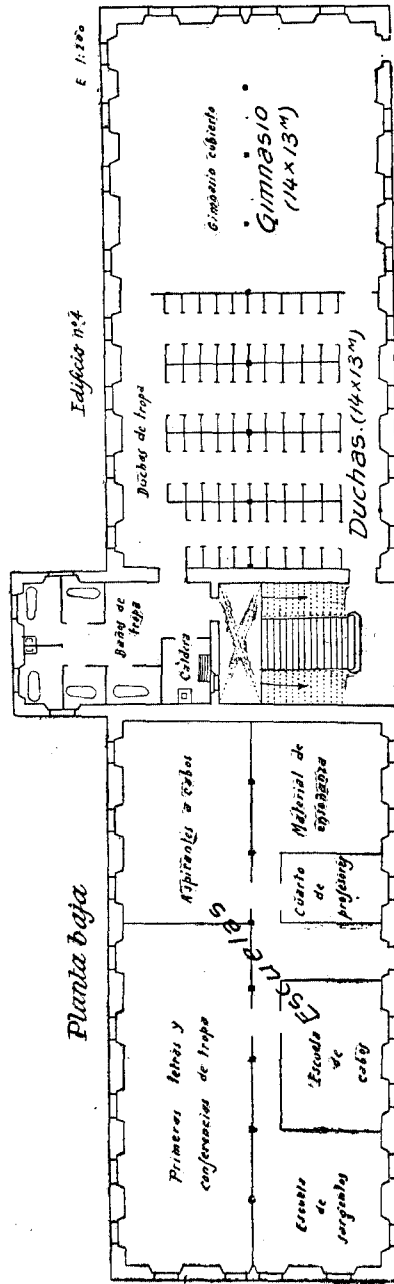
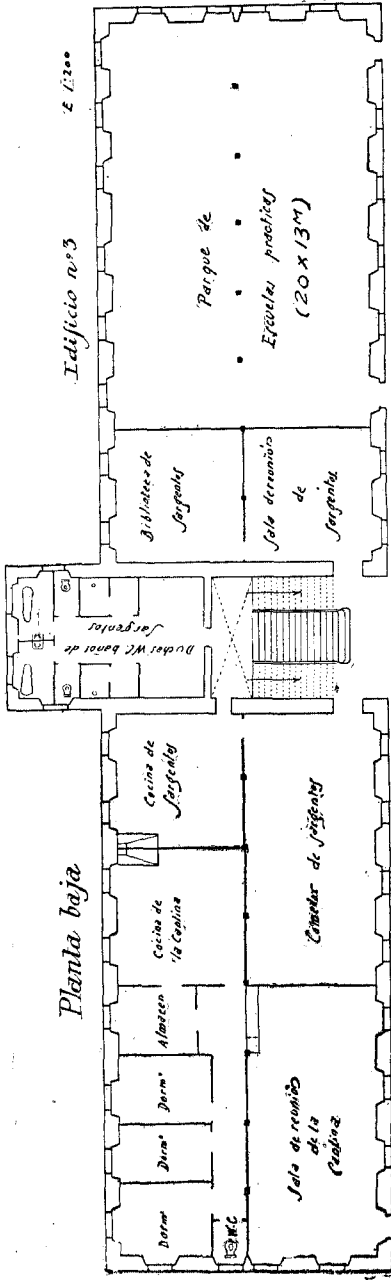
de hormigón armado fijas a las paredes y al tabique longitudinal de 1,50 metros de altura, también de hormigón armado, que divide cada local en

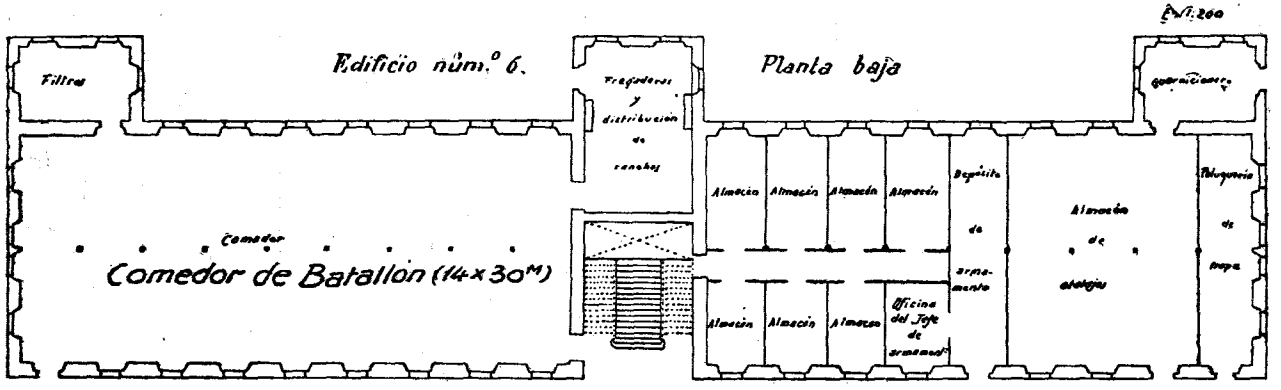
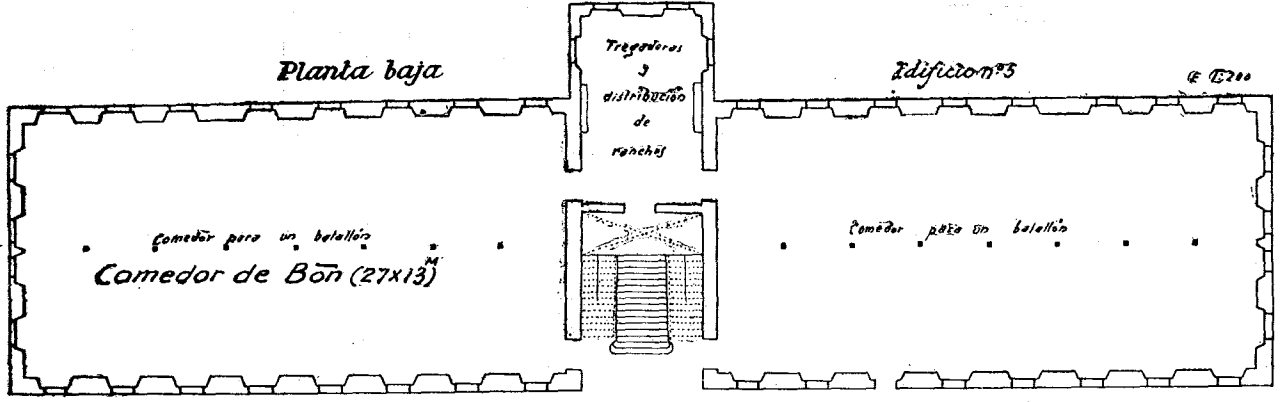
dos naves de  $13 \times 24$ . El cuarto de aseo tiene un lavabo de piedra artificial corrido a lo largo de sus paredes, con grifos generales abiertos por una sola llave, y otro grifo independiente para las horas en que el aseo numeroso no es probable; en el centro hay un lavapies con 13 pilas; los retretes de noche son de ocho plazas, existiendo además un cuarto de aseo para sargentos y un pequeño local para efectos de limpieza. Los cuartos auxiliares son: almacén, oficinas del capitán y suboficial, dormitorios del oficial de semana con lavabo y retrete independiente y de sargentos y un local para el furriel.

En la actualidad las tres compañías con fuerza ocupan los dormitorios de planta primera de los edificios 4, 5 y 6, utilizándose los de planta principal para tendederos cubiertos de ropa, que por los muchos días de lluvia no puede secarse al aire libre y sería costosísimo hacerlo en los de vapor instalados, que además carecen de capacidad para dar abasto a la cantidad de prendas que supone la renovación semanal de sábanas y cabezales que se hace en el Regimiento, utilizando el elevado rendimiento del lavadero mecánico y la reducción de coste del lavado, gracias a la fabricación del jabón en el propio cuartel instalada por el comandante D. Ubaldo Martínez de Septién.

*Cocina.*—Ocupa el edificio número 18, en la parte trasera del cuartel, estando, por tanto, alejado de los dormitorios como corresponde en buenos principios de higiene; tiene una cocina sistema «Mexia», 12 hornillos para paelleras y una pequeña cocina económica, completado todo con vasares y estanterías y tres fregaderos, de cuya colocación da idea el examen de la planta detallada; como anexos dispone también de despensa y un cuarto intermedio para diversos servicios.

*Comedores.*—Son tres: uno en la planta baja del edificio número 6, y dos en la misma planta del número 5, cada comedor mide  $26,5 \times 12,5$  y es para un batallón; tiene 22 mesas de 20 plazas o sean 440, y en total 1.320 plazas, disponiendo como servicios auxiliares de grifos de agua y fregaderos, local para armarios, estanterías y una pequeña despensa; las mesas son de tablero de granito artificial y patas de fundición empotradas en el suelo. Como es muy remota la probabilidad de que los tres comedores lleguen simultáneamente a utilizarse, uno de ellos (con la autorización debida) ha sido transformado en sala de lectura de tropa y de conferencias para la misma, utilizándose igualmente para decir la Misa en días lluviosos. La existencia del salón de lectura en el que pone todos sus entusiasmos el virtuoso capellán del Regimiento y notable orador sagrado D. Fernando Ramis, que ha aportado al mismo una valiosa colección de obras y periódicos de Madrid y Provincias, contribuye notablemente a mantener en el cuartel, a las horas de paseo,







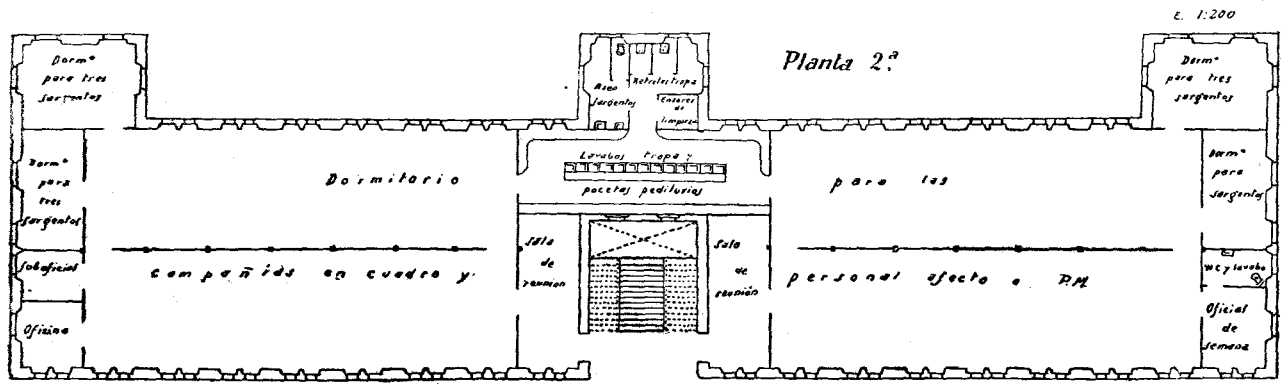
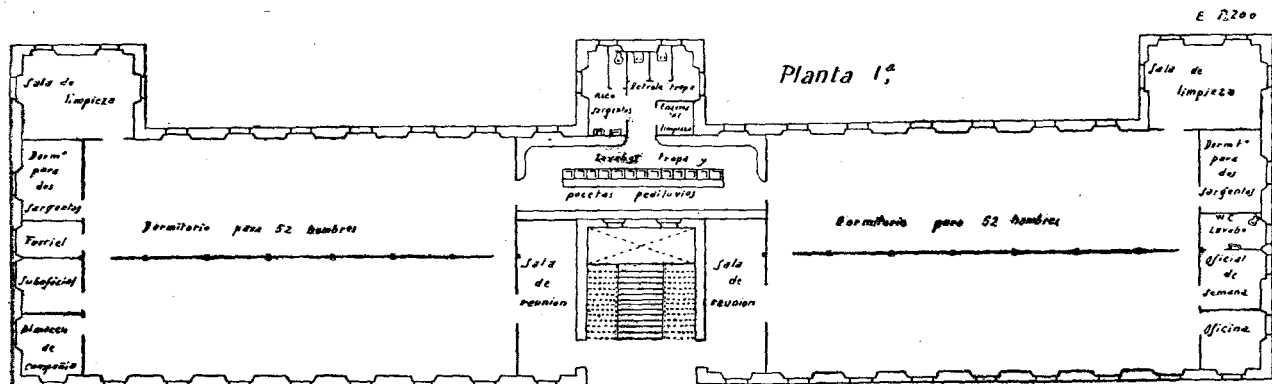
numerosos soldados, lo que siempre resulta provechoso para la tropa.

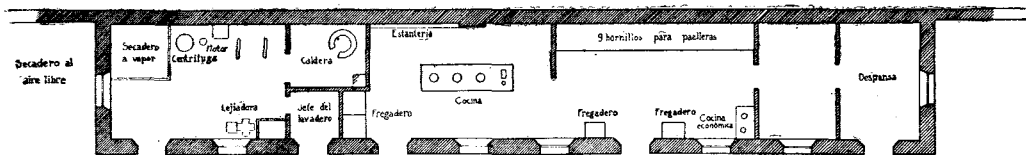
*Lavadero.*—Es una pequeña instalación inmediata a la cocina, muy bien estudiada y que cumple maravillosamente su objeto; consta de una caldera que produce vapor a 7 atmósferas, de una lejadora donde el vapor que pasa por un serpentín calienta el agua que le rodea mezclada con lejía, y que hirviendo luego cae sobre la ropa, de un tambor lavador, en el que la ropa se mezcla con el agua caliente y jabón en líquido de un tambor vertical y giratorio a gran velocidad que impulsa la ropa contra sus paredes en virtud de la fuerza centrífuga, exprimiéndola y quitándole el agua, y de un secadero de vapor de constitución fácilmente comprensible; después y contiguo hay un secadero al aire libre y se proyecta la construcción de un secadero cubierto, para lo que, como antes indicamos, se utiliza provisionalmente un pabellón deshabitado, y la ampliación del lavadero, propiamente dicho, para atender a la mayor rapidez y mejoramiento de la recogida y entrega de la ropa. En relación con ésta hay otra instalación que prepara el jabón que necesita el Regimiento y la lejía con notable ventaja económica; el conjunto de la instalación es digna de mayor elogio, como lo patentiza el hecho de lavar semanalmente 2.400 prendas.

*Otras dependencias.*—En las plantas bajas de los pabellones números 2 a 6 inclusive se han instalado las siguientes dependencias cuya situación se ve en las hojas de planos: Almacén de vestuario, otro para armamento, ídem de Escuela práctica, peluquería, gimnasio, casino y comedor de sargentos, botiquín y cuarto de reconocimiento, enfermería para seis camas, guarnés, cantina y depósito de víveres; a alguno de estos locales nos referiremos seguidamente.

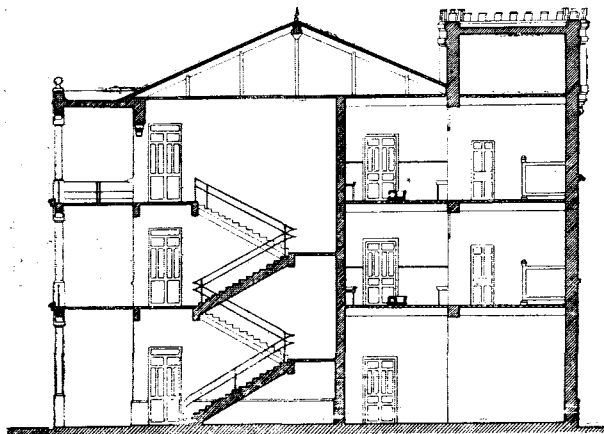
*Almacenes y parque.*—El almacén de vestuario con el de movilización ocupan  $13 \times 29$ , o sea casi toda la planta baja del edificio número 2, dejando los locales que hay entre los dos, cubiertos por la escalera del edificio, para zapatería y sastrería; contiguo a este almacén, está el de víveres de  $6 \times 13$ , que se ha situado inmediato a una de las grandes cancelas de la fachada principal, y consta de una primera habitación-tienda, y otra detrás como almacén; el parque de escuela práctica ocupa la mitad de la planta baja del pabellón número 3, estando ampliamente iluminado y ventilado lo mismo que los almacenes de prendas, y, por último, el almacén de armamento que está dividido en dos partes separadas, el almacén propiamente dicho para armas, y una pequeña oficina para el jefe del mismo, en el edificio 6 ( $3,5 \times 12,5$ ).

*Escuelas.*—En la planta baja del edificio número 4, están los locales destinados a Escuelas de primeras letras, de cabos, sargentos y suboficiales con otros dos locales más para profesores y para efectos; su instala-

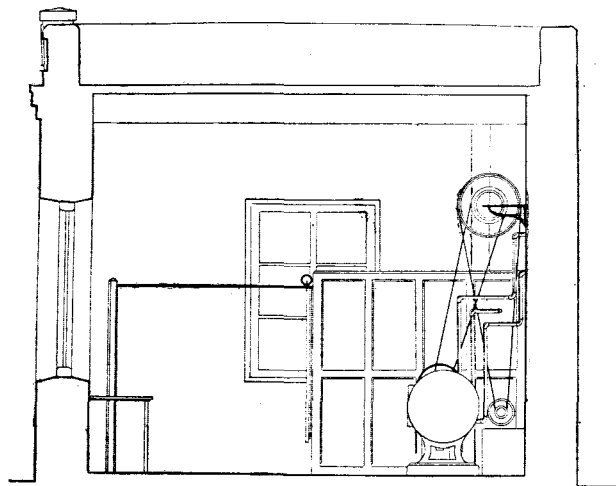




Planta del lavadero mecánico y cocina.

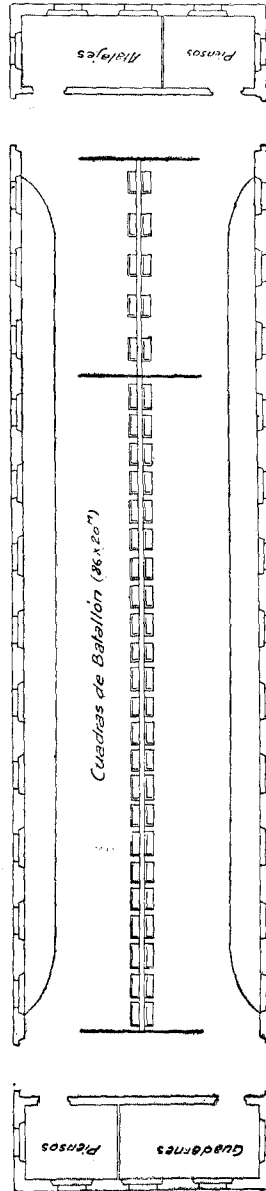


Sección central de los edificios números 2, 3, 4, 5 y 6.

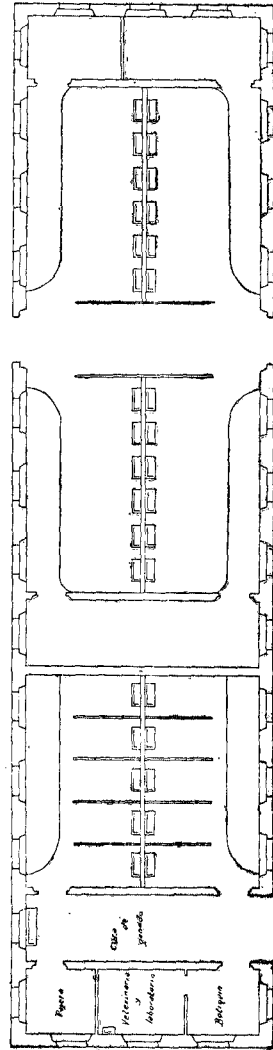


Sección transversal del lavadero.

ción es excelente por la bondad del mobiliario y por la cantidad y cali-



Cuadras de batallón.



Cuadra de Plana Mayor y enfermería.

dad de elementos didácticos acumulados para la enseñanza, con arreglo a las normas pedagógicas modernas.

*Dependencias de tropa.*—De la sastrería y zapatería ya se dijo que

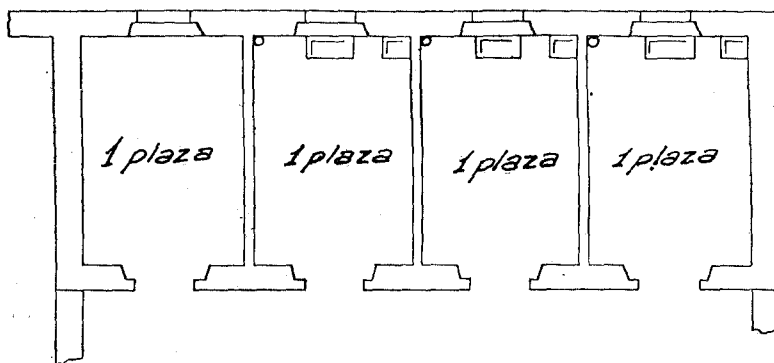
son anejos del almacén de vestuario; la peluquería ocupa parte de la planta baja del edificio número 6, con una superficie de  $(3 \times 12)$  metros y cuatro grandes ventanas al patio; sirve para seis servicios y contiene todo el material preciso para la desinfección constante de los útiles empleados; en la planta baja del edificio número 4, y al otro lado de la escalera respecto a las Escuelas, está colocado el gimnasio de tropa, instalación que puede calificarse de modelo por lo bien dotada. Ha sido proyectado por el teniente D. Miguel Cadenas, que después de seguir los cursos reglamentarios en la Escuela Central de Toledo, ha obtenido el título de Profesor de gimnasia, y cuantos elementos la integran se han construido en los talleres del Regimiento; no nos detenemos en la descripción de dicha dependencia por haber sido aquella descrita por separado en el MEMORIAL. El local para baños y duchas contiguo al gimnasio, es una dependencia de marcado interés por lo mucho que favorece la higiene individual; el local de la caldera para calentar el agua está debajo de la misma escalera con entrada independiente, y esta caldera sirve a cinco baños y treinta y nueve duchas; la separación para éstas se ha hecho por medio de tabiques de dos metros de alto también de hormigón que forman un cuadrado para la ducha y otro enfrente, provisto de asiento para vestirse, separado del anterior por un pequeño pasillo. En el Regimiento la ducha es quincenal, tomándola cada domingo compañía y media, a la que se agregan los soldados de cuota que el capitán médico estima conveniente. La cantina de tropa se encuentra en el edificio número 3 y está adornada con sobriedad y buen gusto, siendo bastante amplia  $(13,5 \times 7,0)$  y teniendo detrás cuatro habitaciones para el cantinero y la cocina; el resto de esta planta lo ocupan el casino de sargentos, con comedor y cocina a un lado, sala de reunión y juegos y biblioteca en el otro, y entre ambos un servicio de baños y duchas, dos de cada clase, con cuartos de vestir independientes.

*Botiquín.*—Se halla en la planta baja del edificio número 2 y consta de sala de espera con bancos de hormigón adosados a la pared, despacho del médico, cuarto de reconocimiento y curas, y enfermería para seis plazas, que prestan muy buen servicio por la distancia a que se encuentra el Hospital Militar (unos 5 kilómetros).

Aún existen en el patio de armas siete locales en la planta baja del pabellón número 6, con entrada por debajo de la escalera, que pueden servir de almacén de carbón y otros efectos; uno se dedica actualmente a depósito de las bicicletas en servicio de la Sección ciclista, perfectamente aparcadas en el mismo.

*Servicios auxiliares.*—Como tales se consideran dos que son un verdadero lujo: el teléfono automático y los relojes eléctricos; ya nos hemos

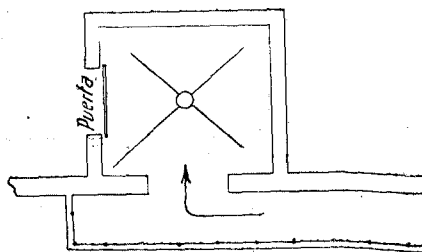
referido a la central del teléfono automático, que se halla en la planta baja del edificio número 1 y está provista de un enderezador de mercurio, que sirve alternativamente para la carga de dos baterías de acumuladores colocadas en un cuarto contiguo y que hacen funcionar a 20 apa-



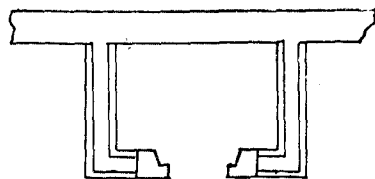
Enfermería de ganado infeccioso.

ratos instalados en los despachos más importantes, compañías, talleres, cuadras y numerosas garitas de centinela; en el centro del patio de armas hay un reloj eléctrico que mueve también otros colocados en los despachos del coronel, jefes, comandante mayor y oficial de guardia, biblioteca y cuerpo de guardia.

*Talleres y cocheras.*—Están situados en un grupo de edificios y co-



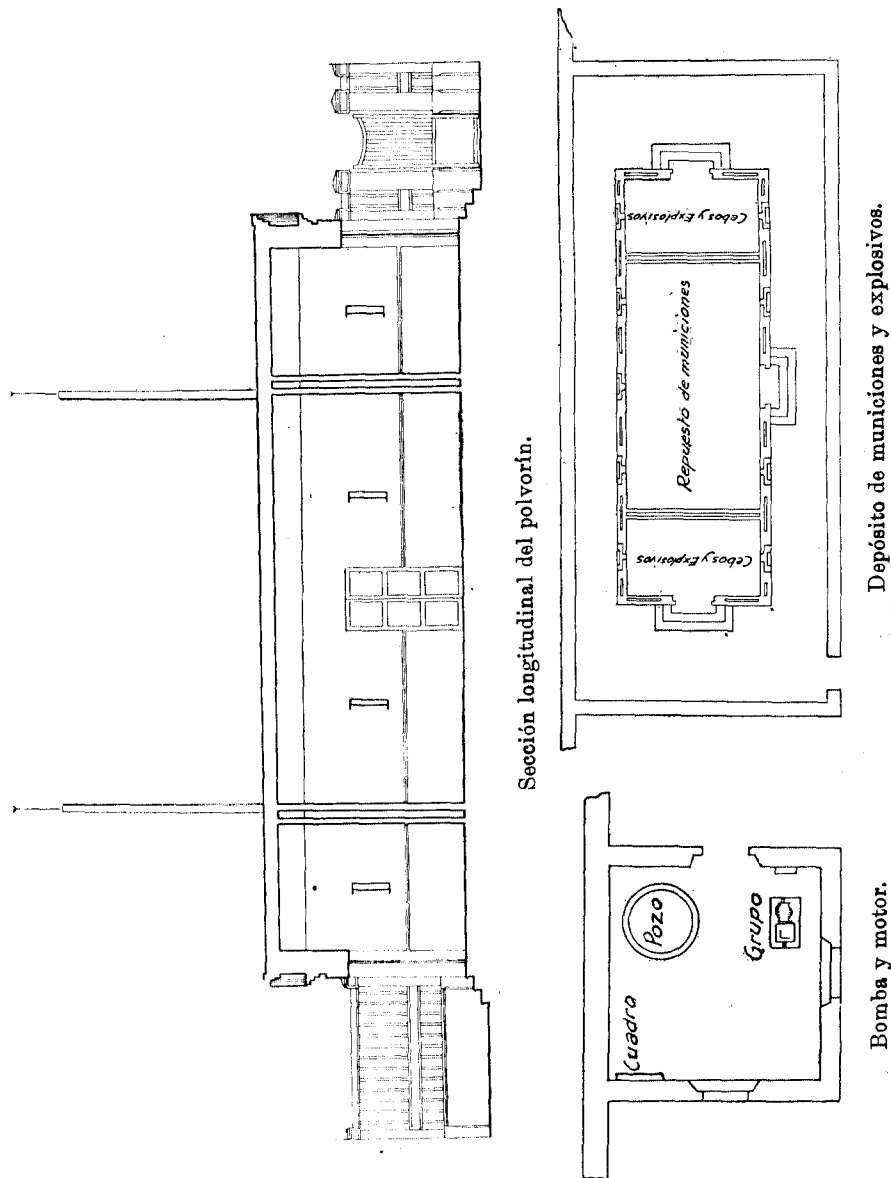
Estercolero.



Depósito de gasolina.

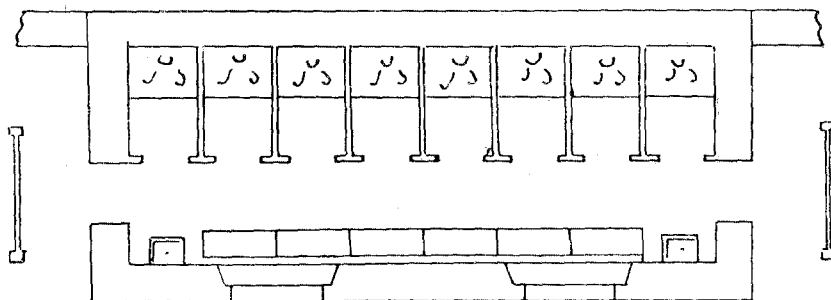
bertizos que forman el segundo patio. Existen de los primeros los siguientes: fragua, del maestro armero, carpintería y taller mecánico, este último con un local adosado para reparación de automóviles, motos y material de tracción animal; pueden también incluirse entre los talleres un cuarto de ensayos para pruebas eléctricas, medidas de resistencia especialmente y carga de acumuladores, que se halla junto al local del

maestro armero, local que en unión de la fotografía y del gabinete de delineación ya citados, al encontrarse como los del 1.º de Zapadores en



funcionamiento revelan siempre la laboriosidad de algún jefe u oficial por ellos entusiasta. Las cocheras están divididas en dos grupos, unas

para material rodado que se aparca en tres cobertizos y un amplio garaje y otra para material a lomo, que dispone de nueve locales adosados, que están situados entre el garaje y el herradero; de dichos locales, tres se destinan al material de las secciones a lomo (diez cargas cada una) y otros tres a las rodadas (cinco carros) de las dos compañías en armas, y como están emplazadas frente a las cuadras, cada compañía puede en pocos minutos embastar y cargar una sección a lomo, o atalajar y preparar



Retrete de ocho plazas.

sus carros de sección, aljibe, cocina y víveres que con independencia de los tres autocamiones de 4 toneladas, el autocamión taller y las motocicletas, afectas a la Plana Mayor del Regimiento constituyen la dotación de este.

En el extremo de dicho patio de cuadras y talleres y señalado en el plano general con el número 10, hay un depósito de gasolina y aceites.

*Cuadras.*—Hay tres edificios de cuadras de batallón para 56 animales en cada una, de ellos 10 separados de los demás por un medio tabique, y otra cuadra para 24 caballos de plana mayor en un lado y 10 pesebres independientes para enfermería, completados con pajera, laboratorio del veterinario y botiquín de ganado y un vestíbulo provisto de abrevadero y fuente que se emplea para cura de ganado.

Todas las cuadras tienen en sus extremos cuatro locales destinados a atalajes, bastes y piensos; las cuadras son de dos filas de animales, separadas por un tabique de 2 metros de hormigón armado, al que van sujetos los pesebres de hierro empotrados con dos ménsulas. En total hay alojamiento para 192 animales, y al lado opuesto del patio y enfrente hay cuatro boxes, que forman la enfermería de ganado infeccioso y se tiene así completamente aislado, ya que cada cuadra tiene su pesebre, abrevadero y cajón de pienso.

En el frente que va entre las dos enfermerías de ganado está el estercolero con cargadero al exterior para los carros, con lo que el transporte



de dichos residuos puede hacerse rápidamente y sobre todo aislarlos pronto del resto del cuartel. Para la incineración de las basuras y efectos inútiles que conviene destruir, se ha adquirido en la casa Metzger un pequeño horno crematorio de fundición con revestimiento interior de ladrillo refractario, que se situó inmediato al estercolero y al muro de cerramiento del cuartel; y mientras llegaba este horno se construyó otro provisional de fábrica de ladrillo, con parrilla de metal desplegado descansando en barras de acero, que aun con sus imperfecciones sigue prestando muy útiles servicios.

Como dependencia accesoria de las cuadras existe el herradero, situado en el lado opuesto del patio, estando formado por dos habitaciones para los herradores y dos cobertizos, uno a cada lado, que sirven, además de atar ganado para herrar, para guardar cuatro carros catalanes en cada uno.

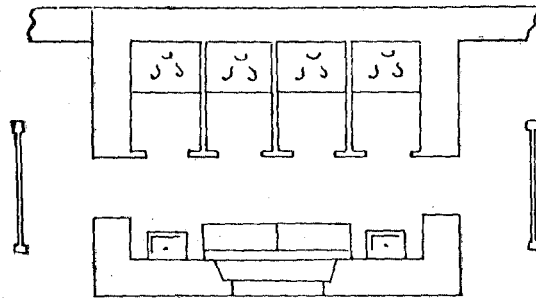
*Polvorín.*—En el extremo del patio que nos ocupa y aislado por muro especial de cerramiento, se encuentra el depósito de municiones y explosivos (15,5 × 4,5 metros), que está dividido en tres locales para repuesto de cartuchos, bombas de mano y explosivos de empleo en Escuelas prácticas; en la construcción de este edificio, clasificado entre los peligrosos, se han seguido las precauciones que en lo posible garanticen la seguridad y disminuyan los efectos de una explosión imprevista.

*Fuentes y abrevaderos. Retretes de día.*—El servicio de agua es muy abundante en el cuartel, encontrándose numerosas fuentes de agua potable distribuidas entre los edificios 6 y 5 y 6 y 3, y junto a talleres; los abrevaderos están colocados a razón de uno por cuadra y sirven a la vez para la mitad del ganado que la ocupan; en las enfermerías hay abrevaderos independientes. En cuanto a los retretes de día, están colocados a ambos lados de la cocina, marcados en el plano general con el número 17, son capaces para ocho plazas y tienen dos lavabos, y otro de cuatro plazas detrás y hacia la mitad de la longitud ocupada por las cuadras. En casi todas las dependencias existen, además, retretes independientes.

El suministro de agua se hace por dos canalizaciones independientes, una de agua potable, que se paga según contador al Ayuntamiento, que tiene en San Sebastián municipalizado el servicio, y otra para las restantes necesidades, que proviene del río Urumea, de donde se toma por derivación directa, elevándola cuando la altura de marea es propicia por medio de un grupo electro-bomba de 4 C. V. hasta un depósito cilíndrico de 30 metros cúbicos construido en la colina inmediata al cuartel y de donde por gravedad llega a una arqueta de la que arranca las redes distribuidoras de los dos cuarteles; este motor-bomba está marcado en el plano general con el número 16.

La red de recogida de aguas sucias es del tipo separativo y muy completa y bien estudiada, habiéndose multiplicado los absorbedores y pozos de registro, y consiguiéndose por medio de aparatos de descarga automática en las cabezas de los colectores la limpieza de la red. Las aguas residuales después de pasar por un foso séptico vierten al río a la altura de las aguas medias, seguramente por no haber cota para hacerlo a la de las bajas mareas. Por la gran cantidad de agua de lluvia caída anualmente sobre el cuartel y la naturaleza arcillosa del suelo de los patios y la gran superficie de éstos, de los que sólo los pasos están pavimentados de hormigón, costará algún tiempo y no poco trabajo evitar el encharcamiento en ellos de las aguas pluviales, pero puede asegurarse que realizada esta labor y una vez que se desarrollen los árboles ya plantados, se habrá conseguido el saneamiento completo de dichos patios y, por tanto, el mejoramiento de sus condiciones higiénicas.

*Instalaciones complementarias y condiciones del cuartel.*—Desde el punto de vista higiénico, el cuartel reúne muy favorables condiciones;



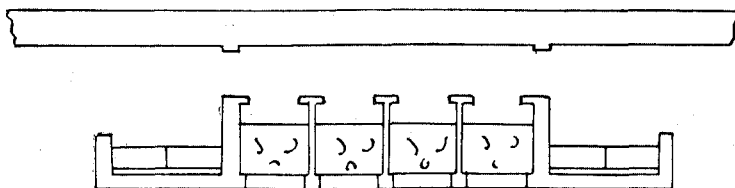
Retrete de cuatro plazas.

está resguardado de los vientos del Norte por el montecillo que tiene detrás e inmediato, quedando las fachadas principales con orientación al Mediodía en gran número de edificios habitables; la superficie edificada, así como la de patios, es grande, pues los 46.000 metros cuadrados para 1.200 hombres como máximo representan 38 metros cuadrados por individuo, los que se triplican para las plantillas actuales, sin contar con que todos los edificios están soleados y aireados plenamente por exceder la anchura de calles y patios del doble de la altura de aquellos, debiendo tenerse además en cuenta el aislamiento de los cuarteles respecto al núcleo urbanizado más próximo (Loyola) y hasta del cuartel de María Teresa, del Princesa de Asturias, separados por una ancha calle (25 metros), futura Avenida Militar, con la que puede contarse para efectos higiénicos.

cos como superficie útil, excediendo, en resumen, la superficie por individuo de la cifra recomendada por los más exigentes higienistas, que es de 35 a 40 metros cuadrados, o sea unos 48.000 en total.

Los dormitorios son igualmente amplios, pues cubican 5.000 metros cúbicos, o sea unos 42 por individuo. La limpieza del soldado está en extremo cuidada, funcionando duchas, lavabos y W. C. en abundancia, convenientemente distribuidos, todo lo cual invita a asearse; y, por último, los ejercicios físicos, que tanto favorecen el desarrollo corporal, están también atendidos con eficacia, pues se cuenta con gimnasio provisto de elementos suficientes, y se dispone además de juegos de balompié, *tennis*, bolos y un magnífico frontón, iniciativas todas del jefe del Cuerpo con tendencias a retener el mayor tiempo posible al soldado en el cuartel, que a ello tanto se presta por su magnificencia.

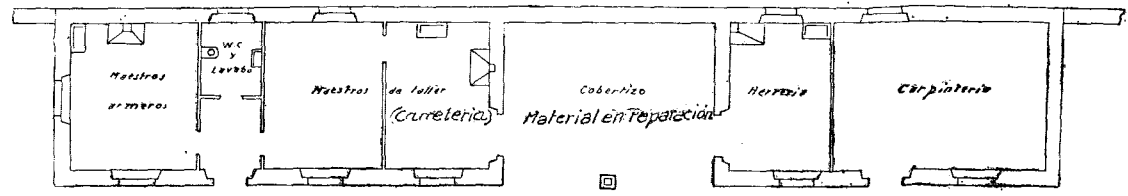
La proximidad al río, directamente influenciada, por las mareas, cuyo cauce queda por tanto parcialmente en seco en las horas próximas a las bajamares, constituye, sin duda, inconveniente muy apreciable, que se irá paulatinamente reduciendo con las plantaciones de árboles ya iniciadas y sobre todo con la construcción recién terminada del muro de



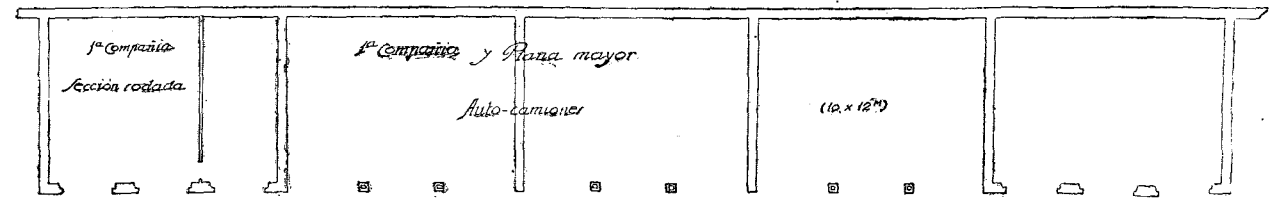
Retrete de cuatro plazas.

encauzamiento de la orilla derecha, que ha permitido efectuar los rellenos necesarios para el saneamiento de la faja de terreno comprendida entre los cuarteles y el Urumea.

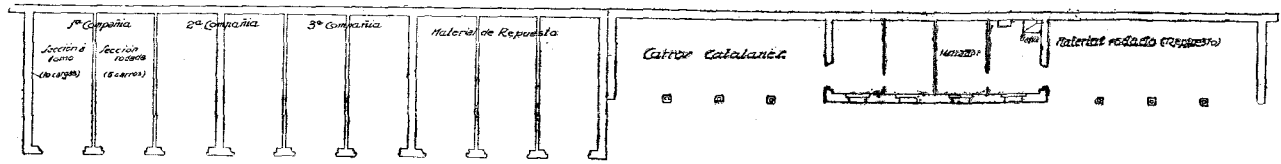
Desde el punto de vista del servicio, la instalación es relativamente cómoda, no obstante la longitud grande del patio de cuadras; los servicios complementarios están entre sí agrupados sin romper la independencia que preside en el conjunto, y así no es mucha la distancia de las compañías al comedor ni de éste a la cocina, y el número de puertas exteriores (seis en total) facilita el realizar los servicios recorriendo las menores distancias dentro del cuartel. La situación de estas puertas es la siguiente: en la fachada principal, la del vestíbulo y otras dos con cancelas de hierro, que dan al patio de armas, y en el patio de cuadras otras tres, una al lado de las cocheras para la salida de carros, otra junto



Talleres,



Material a lomo.



Carros catalanes y herradero.

al estercolero y, por último, la que conduce al depósito del agua y a la galería de tiro, sistema «Iñiguez», que va a construirse al pie del muro de cercamiento.

Para la instrucción cuenta el Regimiento con un campo adosado al muro posterior y común a los dos cuarteles de 120,50 metros aproximadamente (utilizado en parte como picadero), con el terreno accidentado que rodea por el Sur ambos edificios colectivos y perteneciente a Guerra, y a unos 3 kilómetros con los altos de Miramón, que el Estado ha adquirido recientemente para campo de instrucción de los cuerpos que guarnecen la plaza (un Regimiento de Infantería y uno de Artillería, además del de Ingenieros).

Estudiado el cuartel desde el punto de vista constructivo, se observa que abunda el hormigón armado, cuyo material se aplica en la totalidad de los cuerpos de los edificios. De los diversos pabellones se puede decir que los seis principales son de tres plantas, con 5 metros de altura la primera y 4,50 las otras dos; el número 1 tiene la fachada en mampostería concertada, en los demás los muros son de hormigón y en todos el último piso con ladrillo al descubierto. Los pabellones están unidos entre sí por una galería a la altura del primer piso y que cubre a su vez los andenes del patio de armas en una anchura de 2,50 metros, galería utilísima dado el clima de la población, donde las lluvias y vientos son tan frecuentes; los tabiques y suelos son también de hormigón, como los bancos que hay delante de la fachada y en los patios, y hasta las cubiertas a cuatro aguas, revestidas luego con teja plana. El estilo arquitectónico es sobrio y severo, reflejando perfectamente el objeto a que la construcción se dedica; algunos cuerpos de edificios principales se rematan con torreones almenados, apreciándose en la planta general que los 1 y 6 son algo mayores que los restantes por causa de estos mismos torreones.

Podríamos terminar con lo expuesto la breve descripción de la forma en que en el nuevo cuartel de Loyola se ha instalado el 1.º Regimiento de Zapadores, pero entendemos oportuno consignar que el actual coronel del mismo, D. Eduardo Gallego, no sólo ha inspirado la ejecución de algunas de las pequeñas instalaciones y detalles de adaptación, sino que ha realizado simultáneamente una intensa labor para exaltar la moral militar y los sentimientos de amor a la Patria, al Ejército y al Cuerpo y muy especialmente al 1.º Regimiento de Zapadores, rememorando su historial brillantísimo como descendiente en línea directa del 2.º Batallón del Regimiento único de Ingenieros del 1803 al 1860. Respondiendo a idea tan elevada, se han adornado oficinas y dependencias donde se reúnen jefes, oficiales y tropa con reproducciones del retrato que S. M. el Rey (q. D. g.) se ha dignado dedicar al Regimiento; de la alocución de la

Reina Isabel II al Regimiento de Ingenieros el día en que personalmente colocó en sus Banderas las corbatas de San Fernando; de las circulares del Ingeniero General, dedicadas al Cuerpo, enalteciendo el comportamiento de las tres Compañías del 2.º Batallón del Regimiento que pertenecieron el 1873 al Ejército de Cataluña; del Real decreto concediendo al Batallón expedicionario las corbatas de la gran Cruz de Beneficencia y del Cuadro de Honor de los soldados del Regimiento muertos en Marruecos, y pareciéndole poco todo honor para los que rindieron su vida por la Patria, ha puesto gran empeño en dar mayor amplitud a la idea feliz que tuvo su antecesor en el cargo, el hoy general Excmo. Sr. don Eugenio de Eugenio que en el antiguo cuartel dedicó a dichos muertos en Marruecos una lápida conmemorativa, y así se ha restaurado dicha lápida, esculpiendo en ella los nombres de los que en estos últimos meses dieron igualmente su vida en el suelo marroquí y se la ha hecho figurar en lugar preferente en un monumento conmemorativo que constituye el tributo de respeto, no sólo a aquéllos sino a los oficiales y tropa del Regimiento que en territorio español fueron muertos, víctimas también de su deber. Ese monumento colocado en un entrante del patio de armas, entre los edificios 2 y 3, ha sido proyectado por el sargento de cuota y arquitecto de la Escuela de Madrid Sr. Unanue y tiene por base un altar de mármol tallado, en el que se dice la Misa oficial los días de buen tiempo, y sobre él tres lápidas, la del centro para los muertos en Marruecos y las de los extremos para los muertos en la Península, víctimas de su deber, jefes y oficiales a un lado y clases en otro. Rodea todo un pequeño jardín resultando un conjunto artístico digno de la idea que lo motivó y del Cuerpo de Ingenieros cuyas características de valor, ciencia y lealtad estamos especialmente obligados a conservar los que como el autor de estas líneas, acaban de entrar a formar parte de su oficialidad.

Con motivo de la inauguración de dicho monumento que tuvo lugar el 17 de mayo de 1927, coincidiendo con la celebración de las bodas de plata de S. M. el Rey (q. D. g.) con la Corona y con asistencia del Capitán General de la 6.ª Región Excmo. Sr. D. Pío López Pozas, autoridades locales y numerosos invitados, formado el Regimiento con bandera y material fué leída momentos antes de la misa la siguiente alocución que, por su elevado espíritu, entendemos debe ser recogida en las columnas del MEMORIAL:

«España entera conmemora hoy, con fundado júbilo, el XXV aniversario de la coronación de su Augusto Monarca Don Alfonso XIII, bajo cuyo reinado viene el país disfrutando de una paz interna tan duradera como no se recuerda en nuestra Historia.

»Amante del pueblo en que vió la luz; dotado por la Naturaleza de

inteligencia privilegiada; incansable en el arduo y espinoso trabajo que su elevada jerarquía le impone; sereno ante el peligro; animoso y optimista en todo momento; austero en sus costumbres; afable y expansivo en su trato oficial y particular, lo mismo con los poderosos que con los humildes; justo en el premio, generoso y benévolo siempre, encarna Su Majestad Don Alfonso XIII las virtudes características de la raza hispana, que al crear un mundo, iniciándole en el camino de la prosperidad que actualmente disfruta, abandonó su propia reconstitución, que con gran esfuerzo y tenaz perseverancia va logrando, gracias a su gran vitalidad, en el presente siglo, pese a la escasa fortuna de los que no acertaron a secundar desde el Gobierno las iniciativas y normas de Don Alfonso XIII, ni a imitar su noble proceder, sólo inspirado en el bien de la Patria. Veinticinco años íntegramente al servicio de ésta consagrados, merecen gratitud eterna de los buenos españoles hacia su Rey y Señor, y sentida veneración por parte del Ejército, del que es jefe supremo, y por cuya grandeza laboró constantemente con fe y entusiasmo por nadie superados.

»A punto de esfumarse las últimas nubes que oscurecían el porvenir de España; próxima ya la hora del bien ganado descanso en la fecunda obra que con tanta abnegación y tanta sangre vertida ha realizado en bien de la Humanidad, en camino franco y seguro de nueva organización, que ha de conducirla al desenvolvimiento rápido de sus riquezas y al logro del bienestar, que es premio al orden y constancia en el trabajo, gracias todo ello a la colaboración con el Rey, en la magna empresa del resurgimiento nacional, de un gran patriota, de vigoroso espíritu, a quien la Historia hará, sin duda, la justicia que la presente generación tal vez no le conceda en el grado que merece, es hoy Don Alfonso XIII esperanza halagadora de días felices para la Nación, y su preciosa vida interesa por igual a cuantos amen el suelo hispano, sea protegida por el Todopoderoso cuando no alcancen a lograrlo las armas españolas.

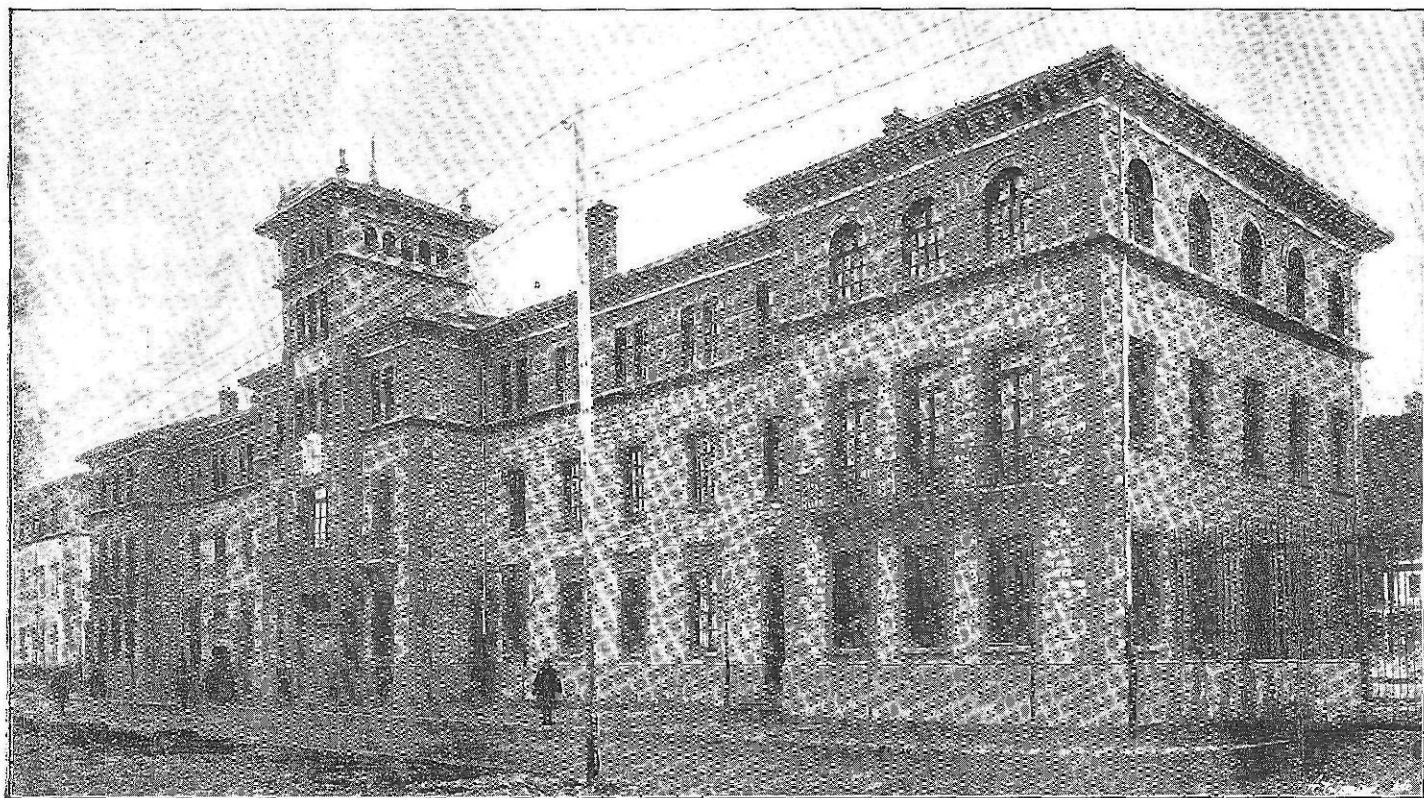
»Como parte integrante del Ejército, este Regimiento, que por su antigüedad es el depositario de las tradiciones con que se enorgullecen las tropas de Ingenieros, que en «el cumplimiento del deber» vienen dando a través de los siglos sublime ejemplo, tiene a honor, en fecha tan señalada como la de este día, el renovar ante su gloriosa Bandera (1) y

(1) La Bandera del primer Regimiento de Zapadores Minadores—que es la del segundo Batallón del Real de Zapadores creado el año 1803—ostenta las corbatas de San Fernando, concedidas en 1847; las de la orden Piana, otorgadas por el Papa Pío IX en 1850 y las de la Gran Cruz de la orden civil de Beneficencia con distintivo morado y blanco ganadas el 1923, así como el escudo de la Gran Cruz de Alfonso XII, concedida al Cuerpo de Ingenieros del Ejército el 1911.

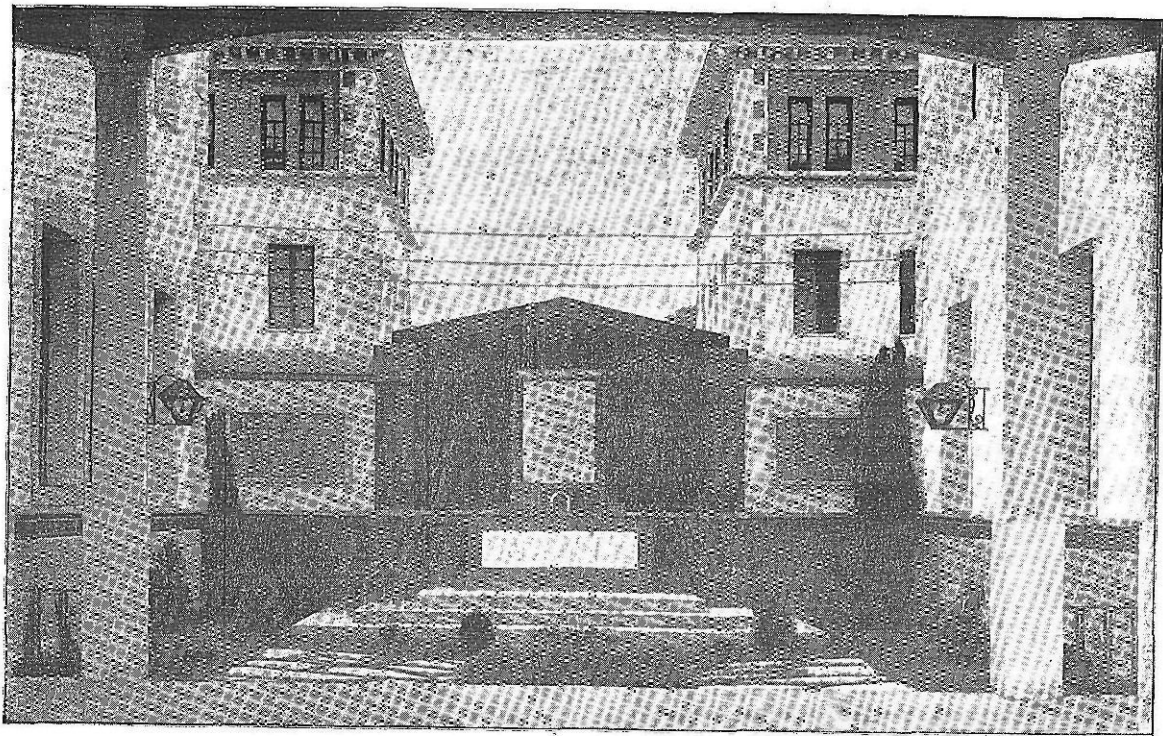
ante el altar levantado en este cuartel a sus muertos por la Patria el juramento de lealtad inquebrantable a los poderes constituidos y devoción sincera hacia nuestro egregio Soberano Don Alfonso XIII, por cuya dilatada vida y la de su Real Familia os suplica elevéis al Cielo sentida plegaria durante el Santo Sacrificio de la Misa, que aquí nos congrega, sellando antes compromiso tan solemne para vuestras conciencias al lanzar a los cuatro vientos, con toda la energía de vuestros pechos juveniles, para que su eco traspase las fronterizas montañas, los tres vivas que compendian los amores de todo buen soldado:

- »¡Viva España!
  - »¡Viva el Rey!
  - »¡Viva el Ejército!
  - »Vuestro coronel, *Gallego*.»
-

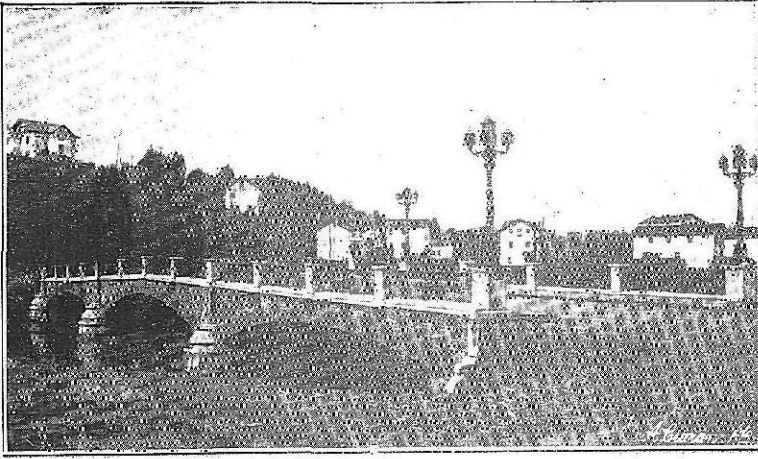




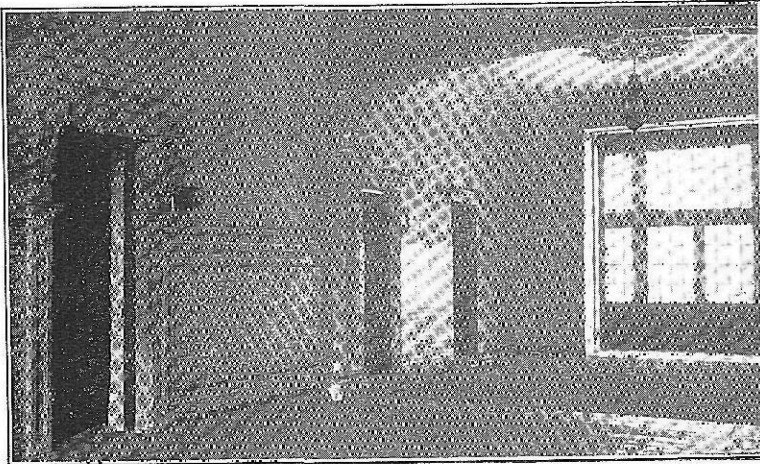
Fachada principal del cuartel Infanta María Teresa.



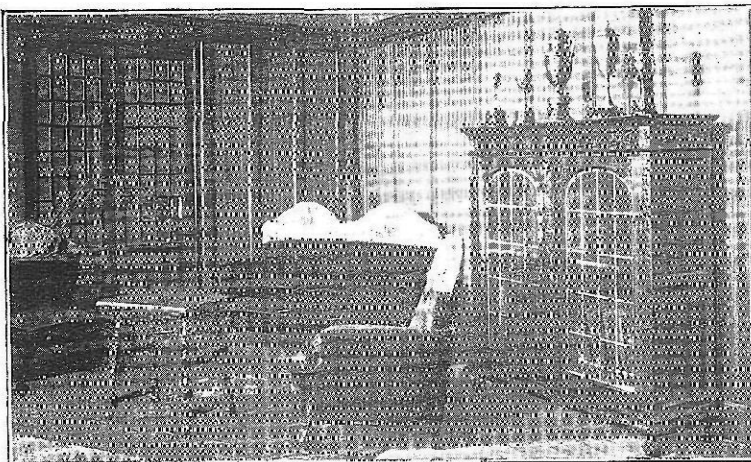
Monumento a los muertos por la patria del 1.º Regimiento de Zapadores Minadores.



Puente militar, de acceso a los cuarteles.

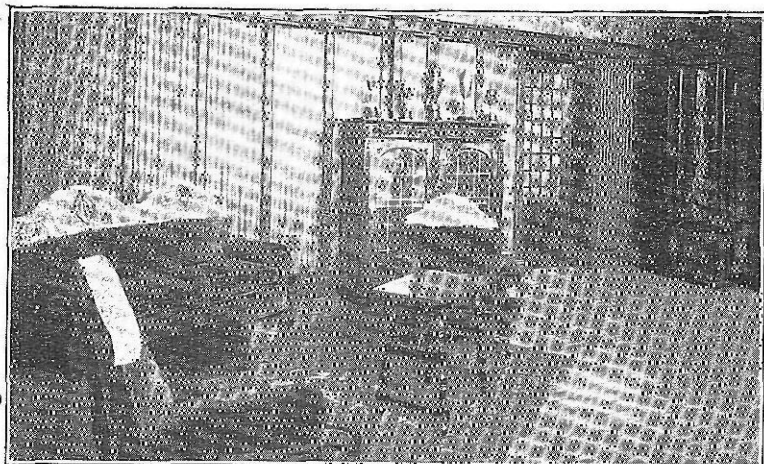


Entrada principal.

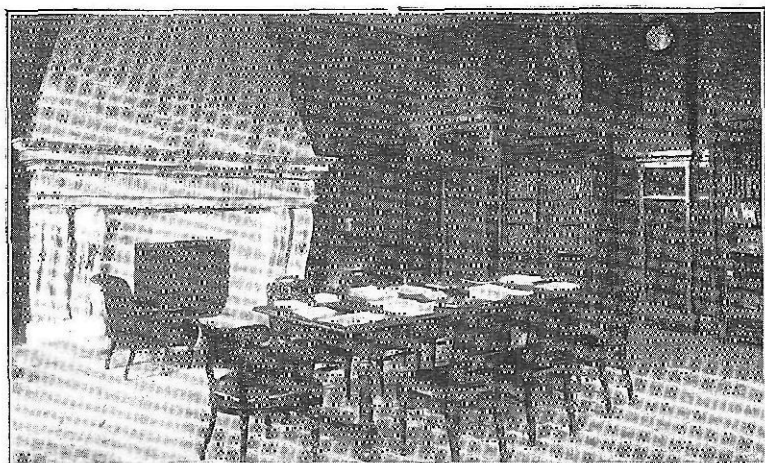


Sala de Banderas.

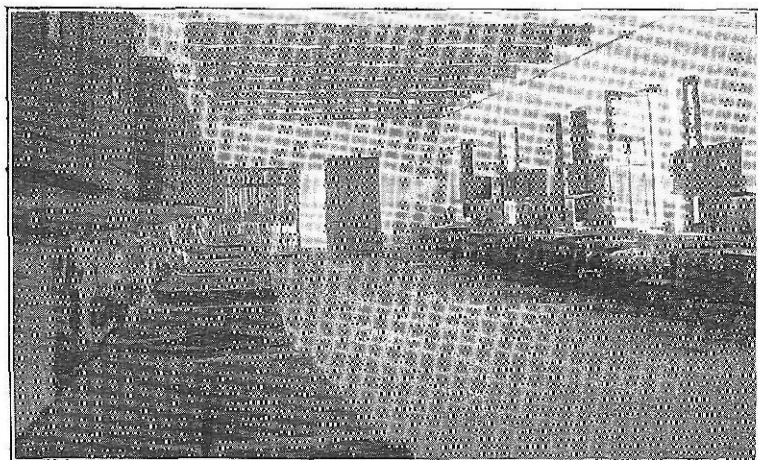
Sala de Banderas.



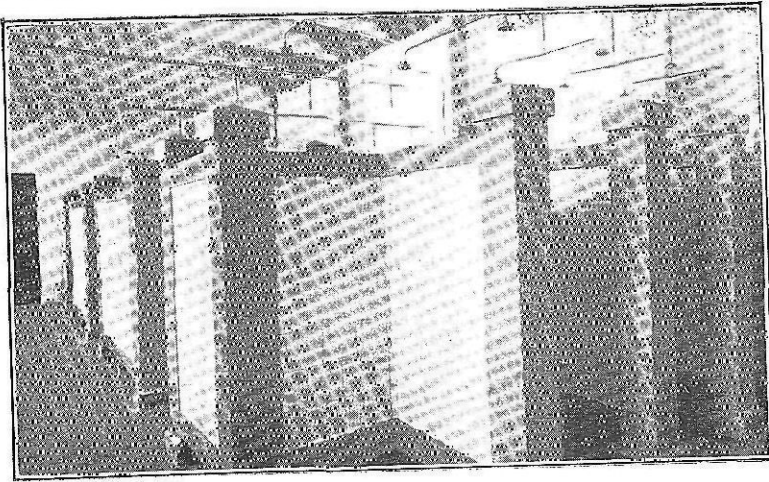
Biblioteca.



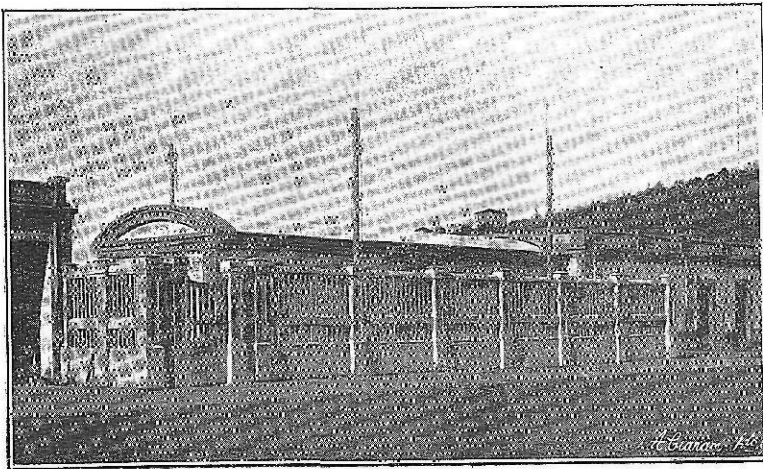
Interior de un dormitorio.



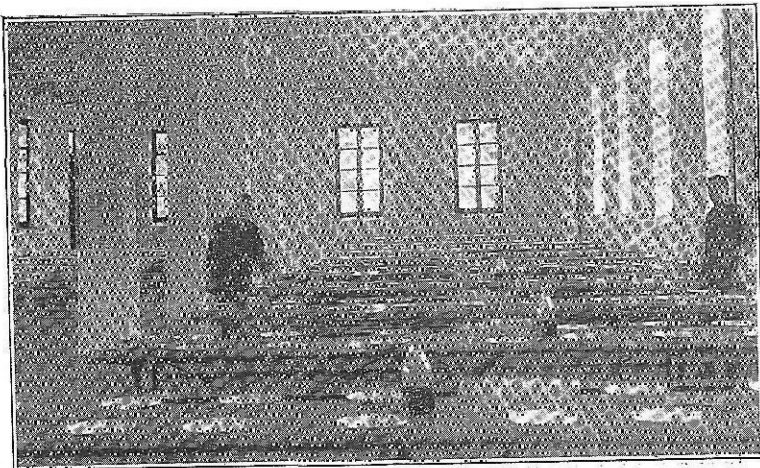




Sala de duchas par  
la tropa.

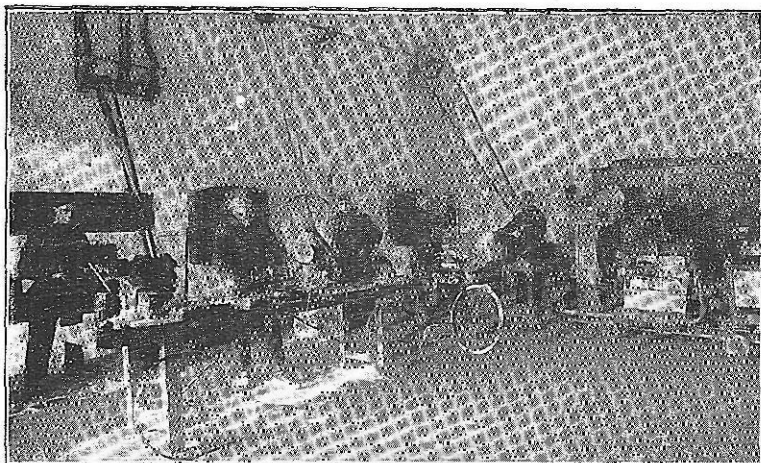


Polvorín, municio-  
nes y explosivos.

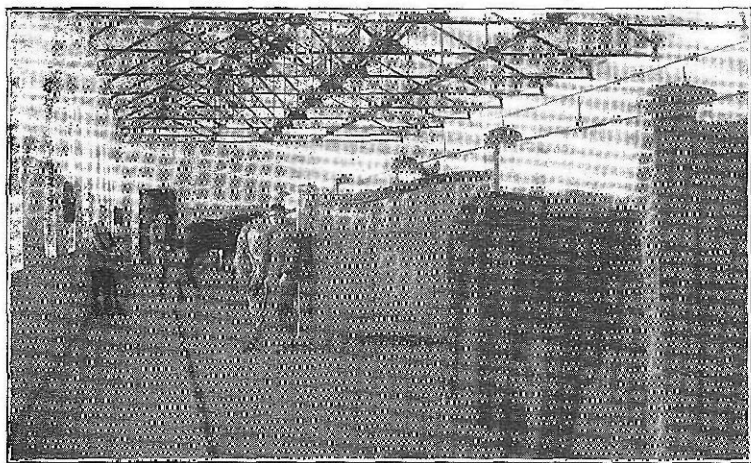


Interior de un co-  
medor.

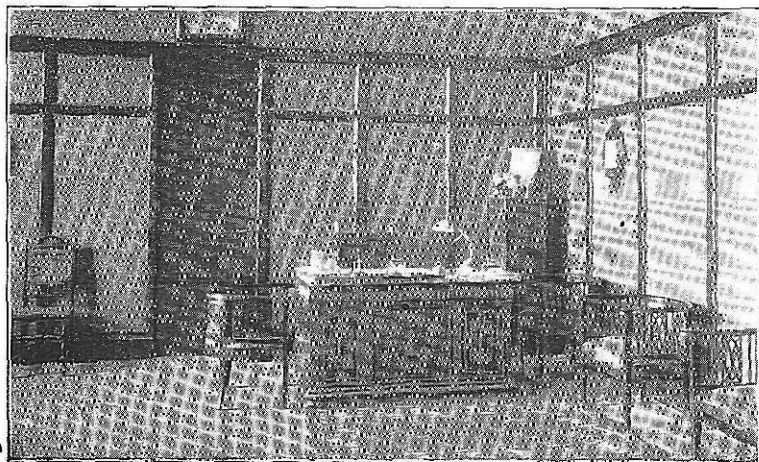
Taller electromecánico.

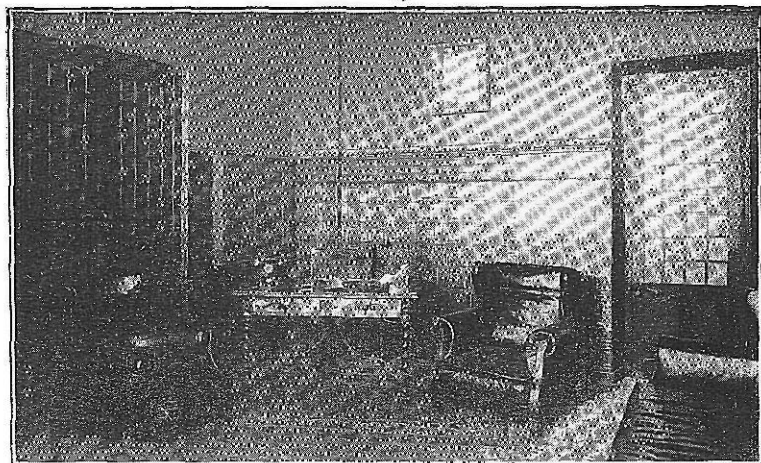


Interior de una caballeriza.

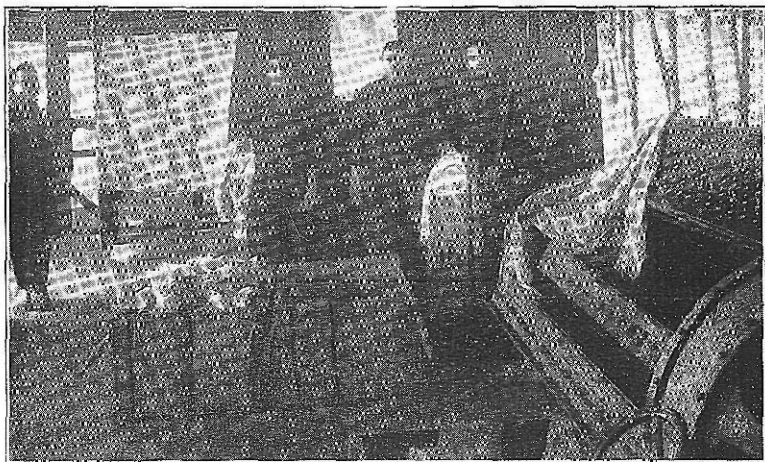


Despacho del señor Coronel.

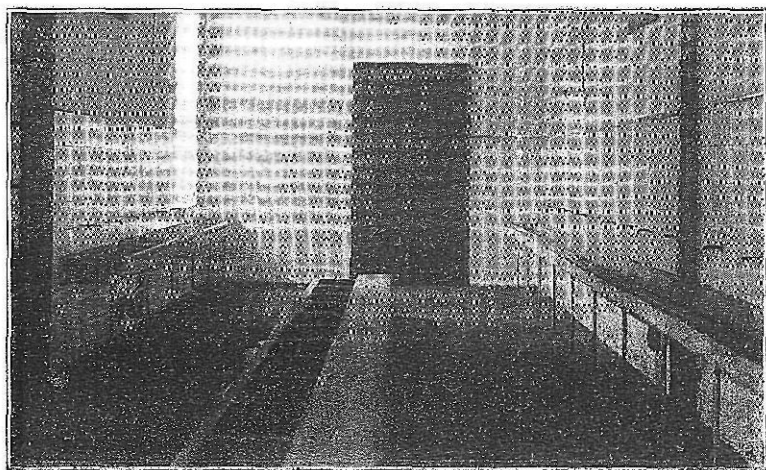




Cuarto del Oficial  
de guardia.

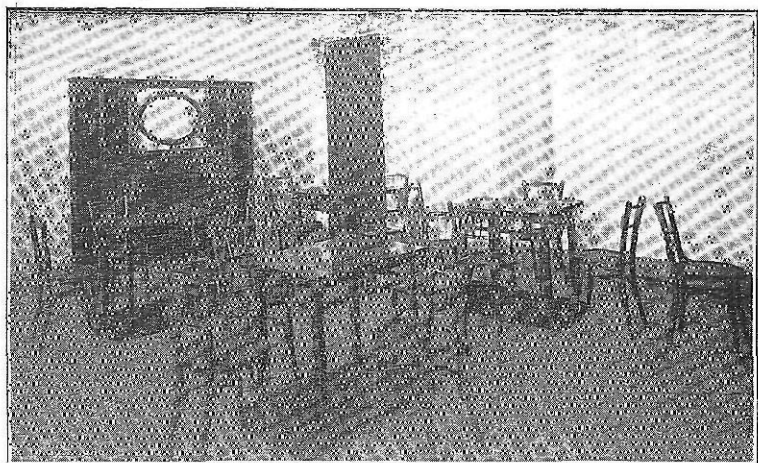


Lavadero y secadero  
mecánico.

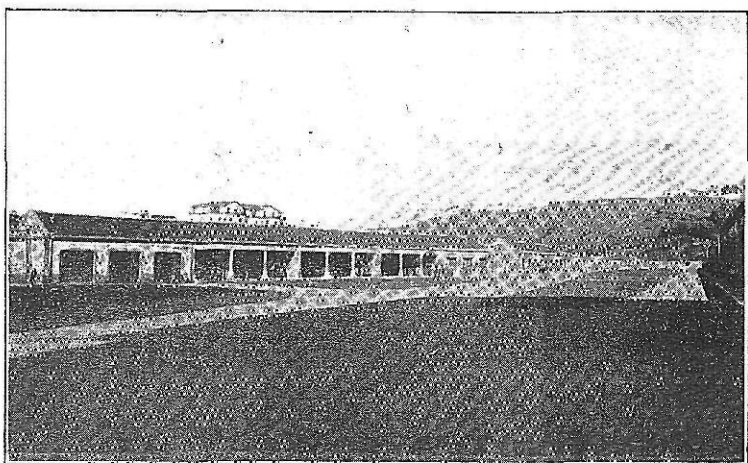


Cuarto de aseo.

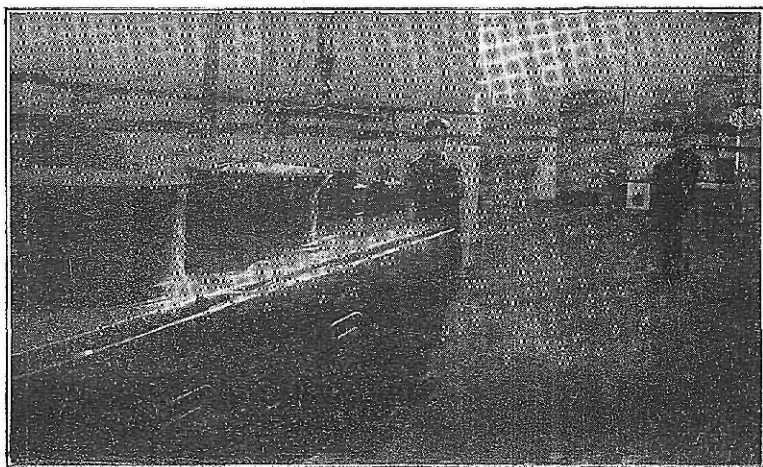
Casino de Sargentos.



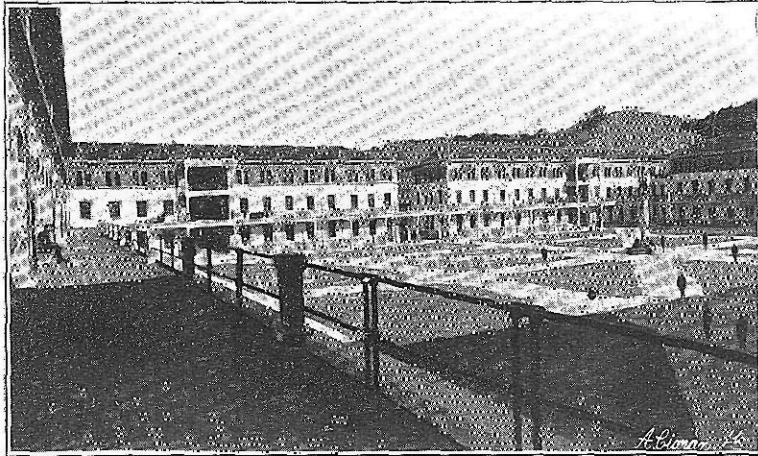
Patio lateral destinado a dependencias.



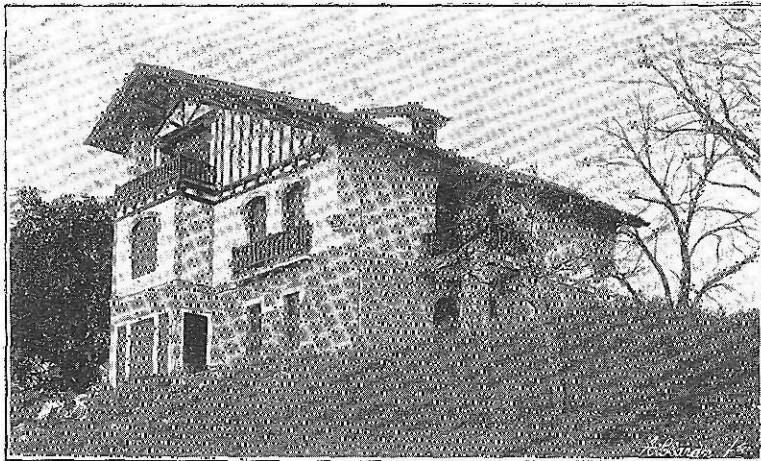
Cocina.







Patio central y galerías del cuartel.



Pabellón del Sr. Coronel.



# **METALOGRAFIA SIMPLIFICADA**



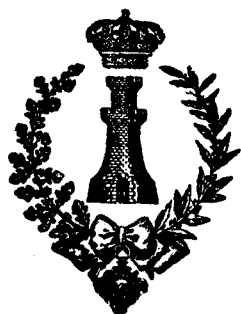
**ANTONIO SANCHEZ RODRIGUEZ**

**-- COMANDANTE DE INGENIEROS --**

---

# **METALOGRAFIA SIMPLIFICADA**

---



---

Madrid.—Imprenta del «Memorial \* \* \*  
\* \* \* de Ingenieros del Ejército». 1928

---





## A MANERA DE PROLOGO

---

Que la metalografía ha pasado ya del laboratorio a la fábrica, no creo que haya nadie que pueda discutirlo seriamente. Sin embargo, los ingenieros de taller no están capacitados, en muchos casos, para interpretar con buen éxito todos los datos técnicos que vengan expresados en el lenguaje corriente del metalógrafo, y como una preparación conveniente exigiría tiempo para el estudio detenido de alguno de los tratados existentes, tiempo del que todos no disponen, he creído que, con este objeto, podría ser útil la lectura de estas mal pergeñadas páginas, que ya tenía escritas, y ahora, animado por algunos compañeros, me he decidido a darlas a la estampa.

El alcance de este trabajo es, pues, familiarizar al ingeniero con los diagramas y micrografías para que en la práctica, al consultar cualquier obra especial sobre algún caso concreto, pueda interpretar lo que lea en provecho de su técnica; para ello, fuera de la primera parte, que tiene carácter general, he preferido referirme, en casi todos los casos, a las aleaciones de hierro y carbono por ser las más conocidas.

Un poco pretencioso quizá, puede parecer el título, *Metalografía Simplificada*, pero, a falta de otro mejor, lo he adoptado, por creer que daba a entender claramente la índole del trabajo: unas ideas sobre lo que es un ensayo metalográfico y posibilidades de esta ciencia, sin pretender abarcarlas a todas. Se construye un diagrama; se analiza el de la aleación FeC;

un poco de teoría sobre los tratamientos térmicos, y, por fin, las ideas acerca de la constitución de los metales.

Las micrografías, todas obtenidas en el Laboratorio del Material de Ingenieros, dado lo limitado que, por la índole de este trabajo, había de ser su número, he procurado que sean las más corrientes en los casos a que cada una se refiere.

Si he logrado algo, por poco que fuera, de lo que con esta Memoria me propuse, y que queda indicado, se colmarían con creces las aspiraciones de

EL AUTOR.

---





## INTRODUCCION

---

La Metalografía tiene por objeto examinar la estructura de los metales.

De la naturaleza, forma y disposición de los constituyentes, deducir su composición química, propiedades mecánicas, naturaleza del trabajo sufrido y en fin: «Todos cuantos datos podamos obtener para el más perfecto conocimiento del metal objeto de examen, y, por tanto, para su mejor aprovechamiento en el terreno de la práctica.»

Osmond estableció una comparación entre esta ciencia y las ciencias naturales, dividiéndola, análogamente a la medicina, en metalografía anatómica, histológica, biológica y patológica. Como ciencia relativamente nueva—apenas si datan sus comienzos de fines del siglo pasado—a pesar de sus considerables progresos, está aún muy en embrión, por lo cual son de esperar importantes adelantos que amplíen mucho más el campo de sus posibilidades.

El examen microscópico, hoy en día, no dispensa del análisis químico; pero le complementa, y, en algunos casos, le sustituye. En los análisis de los aceros ordinarios, la dosificación del carbono se hace con una aproximación suficiente para los usos de la práctica, sobre todo, para proporciones de carbono comprendidas entre 0,05 por 100 y 0,3 por 100.

En los latones y otras aleaciones, el empleo del microscopio puede servir de comprobante a los análisis químicos; pero aparte de ésto, donde su utilidad es inmensa, es en el estudio de las relaciones entre la constitución de la aleación de que se trate y sus propiedades mecánicas. Un acero, por ejemplo, cualquiera que sea el tratamiento térmico o mecánico a que se le haya sometido, dará las mismas cifras para su análisis químico, y, sin embargo, sus propiedades serán muy diferentes; lo mismo se puede decir de cualquier otra aleación. El microscopio acusa estas

diferencias. El gran avance dado al estudio de las aleaciones metálicas, y muy principalmente en los aceros especiales, es debido, en su mayor parte, a los trabajos metalográficos.

La palabra *Metalografía* aparece por primera vez en el *New English Dictionary* en su edición de 1721 que la define como una ciencia dedicada a la descripción de los metales y de sus propiedades. Sin embargo, en 1665 Robert Hook, en su *Micrografía*, describe el aspecto de una superficie pulimentada y la dibuja ampliada.

En 1722, Reaumur emplea el microscopio para examinar la fractura de fundiciones y aceros, y los ensayos le permiten distinguir, por primera vez, los hierros sujetos a diversos tratamientos.

En 1777, Guyton de Morveau, disolviendo fundición, acero y hierro, en ácido vitriólico puro, obtenía el carburo de hierro y el grafito que definió, diciendo: «Quedan residuos en la fundición y en el acero; pero no en el hierro. Estos residuos son de dos clases: el primero es muy sensible al imán, se disuelve en los ácidos que lo destruyen en menos de doce horas, si se le deja en el aire antes de secarlo por completo.» El otro (que él denomina «pailletes») no tiene ninguna de esas propiedades: «un imán que levanta un trozo de fundición no puede mover la partícula más pequeña, son insolubles en el ácido muriático; molidas en un mortero de ágata lo recubren de una película micácea brillante y muy semejante al lápiz».

Como se vé se trata de la cementita y del grafito al que llaman «plombagina».

Por la misma época, aproximadamente, los precursores de la aeronáutica, estudiando la producción de hidrógeno para los globos que luego empleaban en la extracción de agua de las minas, y más tarde en la guerra, hablando de la acción del hierro sobre los ácidos diluidos hacen notar: «que se desprende una gran cantidad de gas hidrógeno, que a veces es un poco carburado, cuando el hierro empleado contiene carbono; el acero, por ejemplo, no solamente da un gas hidrógeno de esta especie, sino que aún deja separar y precipitar en seguida, en el fondo del ácido, un polvo negro, que no es otro sino el carburo de hierro».

Más tarde Widmanstätten (1808), examinando la sección pulimentada de ciertos meteoritos, previamente atacados por ácidos y oxidados al aire caliente, haciendo así lo que hoy llamamos macroscopia, descubre la estructura característica que lleva su nombre.

En Rusia, el general Anossow, jefe de las fábricas de Ziato-Oust, en Ural, comienza en 1828 una serie de experiencias, atacando por ácidos el acero damasquinado, para observar su estructura; estudia de este modo las aleaciones del hierro con el cromo, tungsteno, manganeso, pla-

tino, etc., etc. En 1831 aplica el microscopio al estudio de las superficies pulimentadas.

Por fin de 1856, Sorby, el verdadero fundador, por decirlo así, de la metalografía, trata de aplicar a los metales el método de láminas delgadas, y al no tener buen éxito, examina los hierros atacados por reflexión y describe la perlita en 1886.

Sorby cuenta que cuando propuso examinar con el microscopio un carril fué tachado de loco.

En 1878, Martens, independientemente de Sorby, aplica el ensayo microscópico a los aceros y busca, por este medio, la causa de los accidentes en los metales ferrosos. Continúan sus trabajos Wedding, Stein Osmond. Este último, en 1895, establece las teorías actuales sobre el temple de los aceros, la estructura celular de los metales y la cristalografía del hierro.

A partir de esta época, la metalografía entra en un período de vulgarización al que contribuyen eficazmente las revistas científicas y los congresos de la desaparecida (1) Asociación Internacional para el Ensayo de Materiales, figurando en ellos trabajos importantes de Le Chatelier, Goerens, Guillet, Sauveur, Heyn, Honda, Howe, Benedicks, Rosenhain, etcétera, etc.

## CAPITULO I

### Preliminares teóricos.

Un sistema químico se dice que está en equilibrio cuando todas las acciones que pueden dar lugar a modificaciones de cualquier orden, del sistema de que se trata, han cesado; es decir, que sin variar alguna de las condiciones que fijan el sistema, no se verifican acciones ni reacciones de ningún género. Un ejemplo aclarará más las ideas: si suponemos una mezcla de vapor y agua en equilibrio; si mantenemos en ella constantes, la presión y temperatura, no habrá formación ni condensación de vapor; pero si variamos la presión o la temperatura, se producirá inmediatamente una condensación o vaporización hasta la obtención de un nuevo estado de equilibrio correspondiente a las nuevas condiciones. El estado de equilibrio da idea ya de una relación entre todos los elementos del sistema, y, cualquiera de ellos que varíe, lleva consigo la variación de todo él; es, por tanto, preciso para determinarlo, conocer un cierto número de datos, y por ellos, en virtud de las relaciones existentes, se

(1) Hoy resucitada en el Congreso celebrado en Amsterdam a mediados de septiembre próximo pasado. (Nota del autor.)

determinarán los demás. En el ejemplo citado para una temperatura dada, sabemos que sólo existe una presión que determine el equilibrio, y a la inversa, conocida la presión, puede determinarse la temperatura.

*Variancia.*—El número de condiciones que determinan el estado de un sistema (composición de fases, presión, etc.) que, sin hacer imposible el estado de equilibrio pueden hacerse variar arbitrariamente, se conoce con el nombre de «Variancia».

*Fases.*—Si consideramos una mezcla de varios cuerpos en equilibrio, esta mezcla formará una masa homogénea o se separará en un cierto número de materias sólidas, líquidas o gaseosas, pero no mezclables entre sí, y cada una de ellas caracterizada por la composición o proporción de los cuerpos que la forman; estas materias homogéneas han recibido la denominación de «fases».

Las fases pueden diferenciarse entre sí por su composición o por alguna de sus propiedades físicas: densidad, estado físico, cristalino, etc., bien entendido que su carácter distintivo esencial es su no mezclabilidad; por ejemplo: dos líquidos o dos sólidos no mezclables (agua-aceite, plomo-hierro); un líquido y un sólido no soluble en equilibrio, forman un sistema de dos fases (agua y hielo).

*Ley de fases o de Gibbs.*—Si llamamos  $n$  el número de cuerpos que componen el sistema,  $\varphi$  el número de fases (1) y  $V$  la variancia, la ley de fases está expresada por la fórmula

$$V = n + 1 - \varphi.$$

Las leyes de equilibrio son, pues, función de  $\varphi$ .

Para que pueda existir equilibrio en un sistema es preciso que  $V \geq 0$  en el primer caso ( $V = 0$ ), sólo a una temperatura definida puede existir el equilibrio.

Cuando  $V = 1$ , para cada temperatura existirá un estado de equilibrio que fijará las otras circunstancias, y en el caso de  $V > 1$  será, en cada caso, preciso agregar el conocimiento de algún dato más.

Si se tratase, por ejemplo, de un metal puro,  $n = 1$  y por tanto  $V = 1 + 1 - \varphi$ , el mayor valor de  $\varphi$  para  $V = 0$ , es  $\varphi = 2$ ; es decir, únicamente dos fases pueden estar en equilibrio: metal líquido y sólido; dos estados alotrópicos distintos del metal: líquido y gaseoso. Esto nos dice que la temperatura a que estas transformaciones se verifican es

(1) Consideraremos en lo que sigue, que la presión es constante e igual a la atmosférica, ya que es el caso práctico.

constante. He aquí una prueba de la existencia de los puntos de transformación de que más tarde hablaremos.

En el caso de una aleación de dos metales, se tiene

$$n = 2, \quad V = 2 + 1 - \varphi; \quad \varphi \leq 3$$

hierro sólido (territa), carbono sólido (grafito), carburo de hierro (cementita) (1).

Para  $V = 1$ , la temperatura es variable, independiente y se puede, por consiguiente, elegir; pero una vez fijada, el estado de equilibrio es completamente definido, pudiéndose determinar las cantidades de cada componente de la forma siguiente:

Supongamos que sean A y B los dos metales, mezclados en la proporción X por 100 de B. Sea P el peso total,  $P_s$  y  $P_l$  los de las fases sólida y líquida,  $X_s$  y  $X_l$  las partes correspondientes de B, tendremos:

$$P = P_s + P_l, \quad P \times X = P_s \times X_s + P_l \times X_l$$

y, por tanto,

$$\frac{P_s}{P_l} = \frac{X_l - X}{X - X_s}$$

En el estudio de las aleaciones es preciso observar que, para hacerlas aplicables las consecuencias de la ley de Gibbs, las variaciones de temperatura tienen que ser lo suficientemente lentas para que las modificaciones que resulten puedan ser consideradas como una serie continua de estados de equilibrio.

La ley de fases puede enunciarse de una manera general en la forma siguiente:

*La variancia de un sistema es igual al número de sus compuestos independientes más el número de factores de equilibrio menos el número de fases.*

Son factores de equilibrio la presión y la temperatura. Nosotros hemos considerado, por la razón expuesta, sólo la temperatura.

(1) Debe tenerse presente que en el caso de una fundición corriente, por ejemplo, no es aplicable la ley de Gibbs, pues el sistema no está en equilibrio, es decir, que las variaciones que debían producirse no han acabado de efectuarse.

## Aleaciones.

### Curvas de enfriamientos, puntos de transformaciones.

Se sabe que en todo sistema en equilibrio, la variación de uno de los datos del sistema implica su variación a otro estado de equilibrio. También se sabe que en todo fenómeno de calentamiento o enfriamiento, toda reacción reversible es acompañada de absorción o desprendimiento de calor. Refiriéndonos al caso de agua y vapor de agua, sabemos que la vaporización es una transformación endotérmica y la condensación lo es exotérmica.

Si calentamos una masa de agua a presión constante, que para el caso elegimos la presión atmosférica, y suponiendo constante también la cantidad de calor suministrado durante el curso de la operación, medimos el

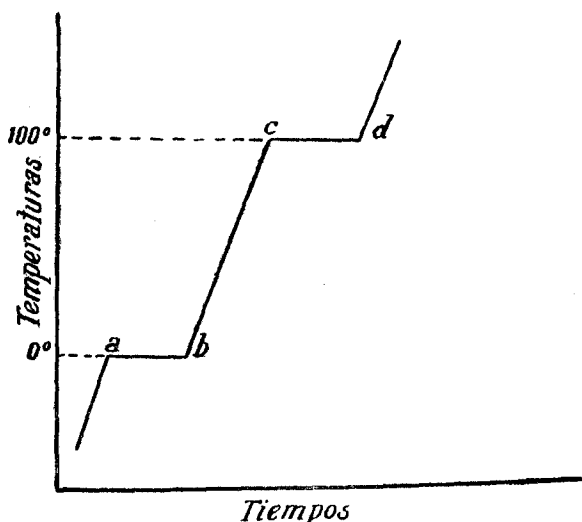


Fig. 1.

tiempo que se emplea en obtener variaciones iguales de temperatura, podemos construir la curva de la figura 1, tomando en abscisas los tiempos y en ordenadas las temperaturas.

Como puede verse, esta curva presenta a las temperaturas 0° y 100° en un tramo paralelo al eje de abscisas. Si enfriamos vapor de agua en las mismas condiciones, la curva obtenida presentará la misma forma

con sus partes paralelas al eje de los tiempos situados a las mismas temperaturas. Estas temperaturas (puntos 0 y 100 de los termómetros ordinarios) es lo que constituyen los puntos de transformación. La longitud de los tramos *ab* y *cd* nos puede dar, en cierto modo, la cantidad de calor absorbido o desprendido durante la transformación.

Todo lo dicho para este caso puede aplicarse a cualquier otra mezcla; pero casi siempre, además de los resaltos en los puntos de solidificación y vaporización, se presentarán otros a diferentes temperaturas, según los casos, que indicarán transformaciones dentro del estado sólido, líquido o gaseoso en que se encuentren, transformaciones de naturaleza tal, que no será posible muchas veces distinguir a simple vista.

Tratándose de aleaciones metálicas, claro está que casi siempre nos referimos a transformaciones dentro del estado sólido, cuyas temperaturas marcan puntos en las curvas dichas, que se conocen también con el nombre de puntos críticos.

Los resaltos en las curvas de calentamiento y enfriamiento a que nos venimos refiriendo serán rectas paralelas al eje de los tiempos cuando la cantidad de calor absorbida o desprendida en la transformación, sea igual a la suministrada por el manantial de calor, pues de otro modo dichos resaltos serán curvas con una menor inclinación que el resto.

En muchos casos, los puntos de transformación al enfriamiento y calentamiento de una aleación no tienen lugar a la misma temperatura. Este fenómeno que se le designa con el nombre de histéresis es muy aprovechado para la obtención de metales de ciertas condiciones, como por ejemplo, los aceros autotemplantes.

#### Construcción de las curvas de enfriamiento.

Es asunto de la mayor importancia la determinación de los puntos críticos o de transformación de las aleaciones metálicas. De su conocimiento deducimos las temperaturas más convenientes para los tratamientos térmicos y mecánicos, con objeto de que en cada caso podamos aprovechar los estados más apropiados del metal. Por ejemplo: el conocimiento de los puntos de transformación de un acero nos señala las temperaturas más convenientes para su temple, recocido, revenido, forjado, etc., etc.

Para la construcción de las curvas de enfriamiento se han ideado varios procedimientos que varían tanto en la clase de aparatos, como en la disposición y toma de datos necesarios. No entraremos en detalles de los diversos métodos, limitándonos a consignar solamente el tipo de curva más empleado en la práctica, debido a Roberts-Austen, quien con objeto

de eliminar en su construcción las influencias externas, como son: pérdidas por radiación, irregularidad en la marcha del horno, etc., etc., propuso introducir en el horno, al mismo tiempo que el metal objeto del ensayo, una muestra neutra, llamada así por no tener puntos de transformación entre las temperaturas de que se trata (1).

Un galvanómetro unido a un par diferencial de dos soldaduras: una en la muestra neutra y la otra en el metal que se estudia acusará las diferencias de temperaturas; otro par normal, con su galvanómetro, nos señalará la temperatura exacta de la variación. En forma análoga se procede cuando en vez de diferencias de temperaturas se obtienen los puntos de transformación por diferencias en dilatación, resistencia eléctrica, etcétera, etc., que dan lugar a diversas clases de aparatos, entre los que señalaremos el dilatómetro diferencial de Chévenard, actualmente muy en boga.

Las medidas de temperaturas se hacen con pirómetros que pueden ser eléctricos, ópticos, etc., etc., en los que únicamente se exigirá que estén perfectamente comprobados. Los más empleados para este género de estudios son los pirómetros termoeléctricos.

*Solución sólida.*—Un caso de mezclas físicas son las soluciones.

En una solución de agua y sal, por ejemplo, no es posible separar, por ningún procedimiento mecánico, el agua de la sal; dos metales fundidos pueden comportarse exactamente lo mismo que el agua y la sal.

Ahora bien; existen sustancias que disueltas en estado líquido, al pasar al sólido permanecen los componentes inmersos unos en otros, es decir, las características de las soluciones líquidas subsisten en el estado sólido. Esto es lo que se conoce con el nombre de solución sólida. Un ejemplo es el vidrio.

#### Diagramas de equilibrio.

Conocido el mecanismo de la construcción de las curvas de enfriamiento y calentamiento, y visto que dichas curvas presentan resaltos en los puntos de transformación, si construimos todas las curvas correspondientes a una aleación determinada en la que se haga variar la proporción de los metales que la integran y unimos por líneas los puntos de transformación del mismo orden, obtendremos el diagrama de equilibrio de la aleación considerada.

En una aleación de dos metales puede ocurrir que éstos sean total o

(1) Se construyen las muestras neutras con mezclas de tierras diversas y también, en muchos casos, pueden servir como tales, los aceros austeníticos, el platino, el invar (acero de 96 por 100 Ni) y otros.



parcialmente solubles en estado líquido, los mismos casos en estado sólido; que se formen combinaciones químicas totales o parciales en cualquiera de dichos estados, y que estas combinaciones sean a su vez solubles o no, total o parcialmente entre sí o en los metales que las han producido. Se comprende la diversidad de casos que se presentan en la práctica, que no podríamos tratar con detalle en estas ligeras notas, por lo que nos limitaremos a presentar dos casos sencillos que darán idea de la marcha a seguir en los demás.

**Caso en que los dos metales forman una solución sólida.**

Procediendo como se ha explicado, las curvas de enfriamiento tienen la forma de la figura 2, y si unimos por una línea todos los puntos *A* en que empieza la solidificación y todos los *B* en que termina, el diagrama

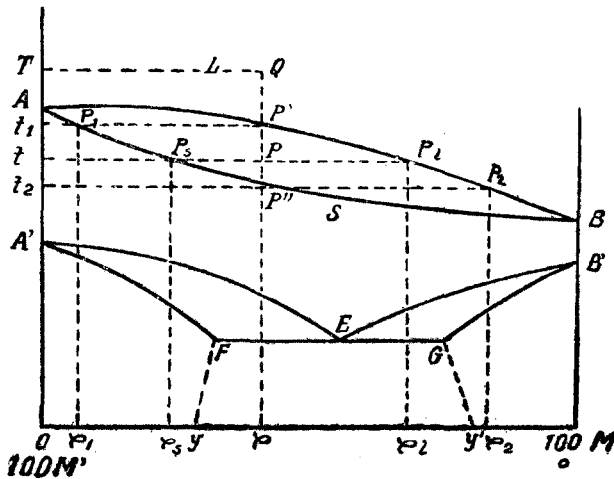


Fig. 2.

de la aleación estará formado por las curvas *ALB* y *ASB* que reciben, respectivamente, los nombres de rama de líquidos o «liquidus» y rama de sólidos o «solidus».

Un punto *P* del diagrama representa una aleación compuesta de los dos metales *M* y *M'* con  $\alpha$  por 100 de *M*, a la temperatura *t* en que existen las fases líquida y sólida, cuyas proporciones en peso es fácil determinar, según dijimos antes.

Si suponemos una aleación cualquiera en estado líquido, por ejemplo, la representada por el punto *Q*; si la hacemos enfriar lentamente desde la temperatura *T* a que se encuentra, al llegar a la señalada por el pun-

to representativo  $p'$  (temperatura  $t_1$ ) se solidificarán cristales de composición  $\alpha_1$  por 100 de  $M$  (abscisa del punto  $P_1$ ). Continuando el enfriamiento se irán formando cristales de concentraciones marcadas por las abscisas de los puntos de la curva  $A S B$  mientras que el líquido queda con concentraciones marcadas por las abscisas de los puntos de la curva  $B L A$ .

Los cristales, cada vez más ricos en metal  $M$  se van agregando a los ya formados, lo que daría lugar, al fin de la solidificación, a cristales heterogéneos cuyas concentraciones variarían desde el centro a la periferia si no interviniera el fenómeno de difusión que tiende a homogeneizarlos. La difusión, según experiencias realizadas por Guillet, Bernard, Cawper-Cowles, Roberts-Austen y otros, continúa en estado sólido a cualquier temperatura.

A la temperatura  $t_2$  (punto representativo de la aleación  $P''$ ) se solidifica la última porción del líquido de composición  $X_2$  por 100 de  $M_3$ ,

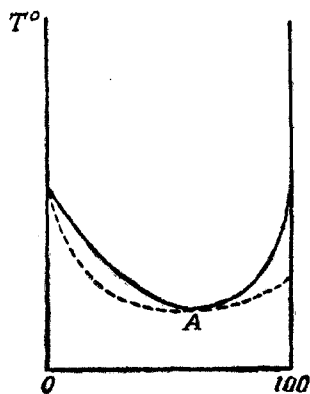


Fig. 2'

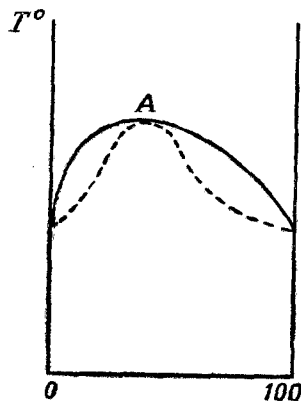


Fig. 2''

todos si como decimos antes, se ha dado tiempo suficiente para la homogeneización de la fase líquida. Si no hubiere tiempo suficiente durante el enfriamiento para hacer completamente homogénea la fase líquida, ésta, siendo cada vez más rica en metal  $M'$  podría solidificarse a temperatura más baja que la correspondiente (fenómeno de sobrefusión).

La forma general de estos diagramas, teniendo en cuenta que la rama de «liquidus» ha de estar siempre debajo de la de «solidus», y que a cada punto de la primera corresponde uno de la segunda (1) pueden, según Roozeboon, referirse a las de las figuras 2, 2' y 2'' en las que, en primer

(1) La demostración de este principio que se tenía por axiomático puede verse en la *Revue de Metallurgie* correspondiente al mes de septiembre de 1920.

Procedencia.	AUTOR, TITULO Y DATOS VARIOS DE LA OBRA	Clasificación.
Compra. . . .	Revista General de Marina. Tomo L. 1927. . . . .	B-u 3, I-1-1
Compra. . . .	Royal Air Force. Flying training manual. Parte II. Applied Flying. . . . .	C-j-1, G-h 3, H-K-3
Compra. . . .	Anales de la Sociedad de Física y Química. 1927. . . . .	E-a-5, E-h-5
Compra. . . .	Revue Générale de l'Electricité. 2.º semestre. 1927. . . . .	E e 5
Compra. . . .	La Energía Eléctrica. 1927. . . . .	E-e-5
Compra. . . .	Electrical World. 2.º semestre de 1927. . . . .	E-e-5
Compra. . . .	<b>Provost (A.) y Rolley (P.):</b> Prácticas de ingeniería rural. 1926, Barcelona. 1 vol., 455 páginas. 14 × 8. . . . .	G-a-2, I-d-2
Compra. . . .	Annales des Ponts et Chaussées. 1926. . . . .	G-a-4
Compra. . . .	Annales des Travaux Publics de Belgique. 1927. . . . .	G-a-4
Compra. . . .	La technique moderne. 1927. . . . .	G-a-4, G-d-2
Compra. . . .	Le Genie Civil. 2.º semestre de 1927. . . . .	G-a-4
Compra. . . .	The Engineer. 2.º semestre de 1927. . . . .	G-a 4
Compra. . . .	Engineering New-Record. 2.º semestre de 1927. . . . .	G-a-4
Compra. . . .	Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería. 1927. . . . .	G-e-3
Compra. . . .	España Automóvil y Aeronáutica. 1927. . . . .	G-h-2-3
Regalo (6) . . .	<b>González Tánago (Germán) y Mendoza Iradier (Carlos):</b> Cartilla del mecánico automovilista. 1926, Madrid. 1 vol., 279 páginas con figuras. 15 × 9. . . . .	G-h-2, H-k-2
Compra. . . .	<b>Lefebvure (G.) et Roulleau (A.):</b> Voie publique. 2.ª edición. 1926, París. 1 vol., 590 páginas con figuras. 15 × 8. . . . .	G-i-2, I-m-3
Compra. . . .	Todos los tipos de locomotoras. s. a., Madrid. 1 volumen con láminas. 10 × 14. . . . .	G-j-5
Regalo (7) . . .	Travaux du service du génie. s. a., París. 1 vol., 348 páginas. 17 × 10. . . . .	H-a-2
Regalo (7) . . .	Travaux mixtes. s. a., París. 1 vol., 207 páginas. 16 × 10. . . . .	H-a-2
Regalo (7) . . .	Génie. Dispositions générales. s. a., París. 1 volumen, 406 páginas. 17 × 10. . . . .	H-a-2
Compra. . . .	The Military Engineer. 1927. . . . .	H-a-3
Compra. . . .	Architecture. Volumen LVI. 1927. . . . .	I-a-2

Procedencia.	AUTOR, TÍTULO Y DATOS VARIOS DE LA OBRA	Clasificación
Compra. . . .	The Architectural Review. Volumen LXII. 1927...	I-a-2
Compra.....	La Construcción Moderna. 1927... ..	I-a-2
Compra....	<b>Hool (George A.) and Kinne (W. S.):</b> Stresses in framed structures. 1923, New-York. 1 vol., 620 páginas con figuras. 19 × 11.....	I-h-4
Compra.....	<b>Hool (George A.) and Kinne (W. S.):</b> Reinforced concrete and masonry structures. 19 4, New-York. 1 vol., 786 páginas con figuras. 19 × 11....	I-i-2-3
Compra.....	<b>León Peralta (Alberto):</b> La moderna ciencia del urbanism. Sus enseñanzas y aplicaciones a la mejora moral y material de las grandes urbes. 1926, Madrid. 1 vol., 79 páginas con figuras. 22 × 13...	I-m-1

**NOTA:** Las obras regaladas lo han sido por:

- (1) Ministerio del Trabajo.
- (2) *Memorial del Ejército de Chile.*
- (3) Depósito de la Guerra.
- (4) Inspección de Sanidad Militar.
- (5) Regimiento de Radiotelegrafía y Automovilismo.
- (6) Los autores.
- (7) Teniente Coronel de Ingenieros D. Joaquín de La Llave.

Madrid, 29 de febrero de 1928.

EL TENIENTE CORONEL-DIRECTOR,  
J. Campo.

EL COMANDANTE-BIBLIOTECARIO.  
Benildo Alberca.

término se ve que las ramas «solidus» y «liquidus» tienen los extremos comunes, correspondiendo con los puntos de solidificación de los metales puros. Las figuras 2' y 2'' presentan en *A* un mínimo y un máximo, y en este punto se comportan como un metal puro. Algunas aleaciones como la de oro y platino, tienen las líneas de «solidus» y «liquidus» tan juntas que realmente no constituyen más que una sola, lo que indica que se comporta a este respecto, como los metales puros, en los que durante la solidificación la temperatura permanece constante.

Ejemplos de tipos de la figura 2, son: ferro-manganeso, cobre-níquel, etcétera; de la figura 2', manganeso-níquel y alguna otra; de la figura 2'', oro-cobre, manganeso-cobalto.

Las curvas *L* y *S* dividen el campo del diagrama en tres partes:

1.<sup>a</sup> La superior a *L* en que la aleación está completamente fundida; 2.<sup>a</sup>, la inferior a *S* en que está completamente solidificada; y 3.<sup>a</sup>, la comprendida entre *L* y *S* en la que existen las dos fases líquida y sólida en la forma y proporciones ya estudiadas.

Durante la solidificación los cristales que sucesivamente van agregándose adoptan generalmente la forma dendrítica, fotografía 15 (1), y como en la práctica la homogeneización de la masa sólida por difusión no es completa, al mirarse una muestra de este género, después de atacada, con el microscopio, las diferencias de color entre los cristales pueden hacer creer en la existencia de dos constituyentes distintos. En este caso es posible mejorar la estructura por un tratamiento térmico conveniente.

#### **Caso en que los dos metales son completamente insolubles en estado sólido.**

Procediendo como en el caso anterior obtendremos las curvas de enfriamiento *I*, *II*, *III* y *IV* (fig. 3); en las que, aparte de la menor inclinación a partir del principio de la solidificación, tenemos en todas ellas y a temperatura constante una parte horizontal, lo mismo que si en ese punto se tratase de un metal puro.

El diagrama se compondrá para el «liquidus» de las ramas *L* y *L'*, que parten de los puntos *A* y *B* y el «solidus» de una recta horizontal trazada por el punto *E* de intersección de *L* y *L'*.

Estudiemos el diagrama a lo largo de la vertical del punto *P* (cur-

(1) Las láminas con los fotograbados de las micrografías irán todas al final del presente trabajo (que se terminará en el próximo número de abril) para su mejor comprobación.

va *I*) representativo de una aleación de concentración  $1''$  de *A*. Si partiendo de *P* enfriamos la masa fundida, al llegar a la temperatura *t* empieza la solidificación separándose cristales, que, analizados, resultan ser del metal *A* puro; siguiendo el enfriamiento continúan solidificándose

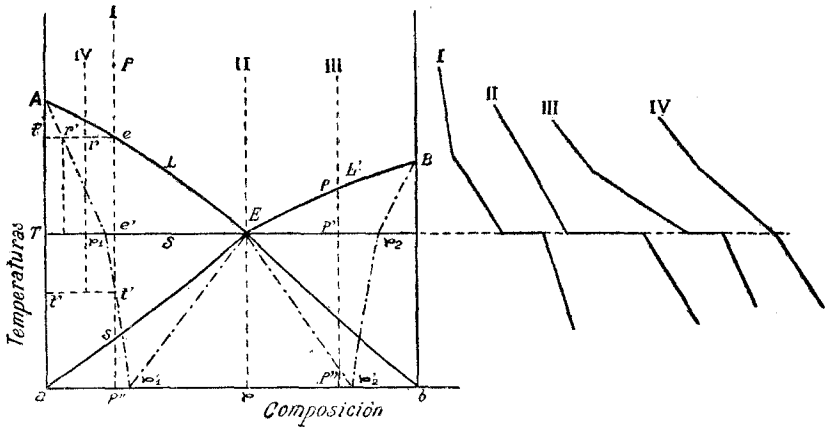


Fig. 3.

cristales de esta clase, y como la composición del conjunto no ha variado, la parte líquida aumenta su concentración en *B* hasta la correspondiente al punto *E* (temperatura *T*), en este momento toda la masa que aún estaba líquida se solidifica. El sólido estará, por tanto, formado por dos fases sólidas: una, de *A* puro, y la otra, de composición *E*.

Si analizamos el proceso del enfriamiento a lo largo de la curva *III* vemos que al pasar por la temperatura de liquidus (punto *p*), los cristales que se depositan en este caso son de metal *B* puro y al llegar a la temperatura *T* el líquido que tiene ya la concentración  $\alpha$ , correspondiente al punto *E*, se solidifica completamente. Si por último, tomamos una aleación que tenga la composición  $\alpha$  (curva *II*), vemos que se comporta exactamente igual que un metal puro cuyo punto de fusión correspondiera a la temperatura *I*.

El punto *E* se llama *punto de eutectia*, la mezcla correspondiente se llama *mezcla eutéctica* o simplemente *eutéctica*, y la temperatura *T* *temperatura eutéctica*.

El punto *E* marca la temperatura más baja a que funde la mezcla de los metales *A* y *B* (1), separándose al solidificarse en mezcla mecánica,

(1) De aquí se deriva el nombre *eutéctica* que quiere decir *funde bien*.

pero muy íntimamente unida. Al microscopio esta mezcla se presenta bajo la forma de laminillas alternadas de los dos constituyentes y también como granos de un metal envueltos en el otro (fotografías 16 y 22). Estos constituyentes son a veces de tal finura, que para verlos es preciso emplear los mayores aumentos.

El aspecto de una aleación de esta clase será: granos o láminas del metal en exceso y la eutéctica de los dos metales. De la proporción de cada uno de los constituyentes podremos deducir el análisis químico.

De la curva de enfriamiento de una aleación se puede deducir a su vez la proporción de los constituyentes por el tamaño de la horizontal correspondiente a la temperatura eutéctica. Según los estudios de Tammán, tomando sobre las ordenadas trazadas por los distintos puntos de  $a$   $b$ , magnitudes proporcionales al tamaño de la horizontal del punto de eutéctica de la aleación correspondiente, obtendremos el diagrama  $a E b$ , que unido al de solidificación nos lo completa, permitiéndonos decir, por ejemplo, que la aleación que representa el punto  $P$ , tiene a la temperatura inmediatamente inferior a  $T$ , la composición  $l' s$  del metal  $A$  y  $s l''$  de la mezcla eutéctica.

Si ahora suponemos que los dos metales forman una aleación que es sólo parcialmente soluble en el estado sólido, el diagrama constaría de las siguientes líneas:  $A E B$  para líquidos y para el «solidus» la horizontal trazada por el punto de eutéctica, limitada en los puntos  $x_1$  y  $x_2$  de encuentro con las ramas de «solidus»  $A x_1$  y  $B x_2$ . Siguiendo la curva  $IV$  vemos que en  $r$  se depositan cristales de solución sólida cuya composición es la marcada por  $r'$ ; la fase líquida correspondiente tendrá la composición  $l''$ . De modo que para concentraciones menores que  $x_1$  y mayores que  $x_2$  se depositarán soluciones sólidas, y para concentraciones comprendidas entre  $x_1$  y  $x_2$  se tendrá, a la solidificación, una masa compuesta de una solución sólida con la composición  $x_1$  o  $x_2$ , según el metal en exceso y una eutéctica de  $x_1 + x_2$  (fotografía 16).

La proporción de los constituyentes y análisis químico se haría en la misma forma que en el caso anterior.

Todos los demás casos que puedan presentarse, existencia de una combinación química, mayor o menor solubilidad de ésta en los metales, etcétera, etc., pueden reducirse a los citados en cada uno de los puntos, y su estudio detallado nos alejaría demasiado del objeto que nos propusimos con estas líneas.

#### Estudio del diagrama por bajo de la temperatura de «solidus».

Continuando el enfriamiento de una aleación ya sólida, a cada tem-

peratura corresponderá un estado de equilibrio. Si las variaciones de temperatura llevan consigo transformaciones en el estado físico, químico, grado de solubilidad, etc., etc., estas transformaciones no se verificarán tan rápidamente como si se tratara de cuerpos líquidos; será, por tanto, necesario que los cambios de temperatura se efectúen lentamente, pues de otro modo, los resultados no estarán de acuerdo con la teoría expuesta, haciendo nacer otras teorías para estos casos que comprenden casi todos los tratamientos térmicos y que son, en gran parte, el fundamento de la metalografía.

Nos limitaremos como ejemplo al estudio de los casos vistos para las aleaciones fundidas.

*Caso de un metal puro.*—Como no puede existir modificación química, las variaciones que marcan los puntos de transformación indicarán la existencia de distintos estados cristalinos o físicos de cualquier orden: mayor o menor conductibilidad eléctrica, térmica, sonido, magnetismo, etcétera, etc., y dichos puntos de transformación recibirán la denominación del estado alotrópico de que se trate: hierros  $\alpha$ ,  $\psi$  y  $\gamma$  (fotografía 1).

*Caso de una solución sólida.*—Si los dos metales tienen variedades alotrópicas, cada una de ellas puede formar con las del otro soluciones sólidas no mezclables, coexistiendo a la misma temperatura, rigiéndose el paso de unas a otras fases por las reglas generales. En la figura 2 se ve que los metales  $A$  y  $B$  forman una solución sólida que es estable hasta las temperaturas marcadas por las líneas  $A'E$  y  $B'E$  en que se separan las variedades alotrópicas correspondientes, existiendo un punto de eutectia  $E$ , formándose lo que se denomina una *eutectoide*. Las líneas  $F$  y  $G$  y  $F'$  y  $G'$  marcan las variaciones de composición de las dos soluciones sólidas con la temperatura.

La fotografía 10, muestra el aspecto de una eutectoide vista con gran aumento, la 9 es la misma a menos aumento y la 5 es un acero en el cual se ve la ferrita (hierro  $\alpha$  casi puro) y la perlita (eutectoide de 0,9 por 100 C) que no está resuelto por ser pequeño el aumento empleado.

#### Aleaciones ternarias, cuaternarias, etc.

En el caso de aleaciones ternarias, la construcción de los diagramas nos llevaría a representaciones no en figuras planas sino en modelos de tres dimensiones; no creemos útil en estas líneas, sino señalar los estudios hechos a este respecto por Willard Gibbs y Stokes que construyeron en esquema basándose en el método empleado por Clerk Maxwell para la composición de los colores. El método se funda en la propiedad de los triángulos equiláteros de que la suma de las tres perpendicula-



res trazadas desde un punto de su interior a los tres lados es igual a la altura.

Un punto del interior del triángulo puede representar una concentración medida por los perpendiculares citados cuya suma sería 100, y si por él levantamos una perpendicular al plano del triángulo la altura de esta línea puede señalar temperaturas de puntos de transformación. En la práctica se procede con varillas de hierro y sustancias transparentes, coloreándoles según las zonas que tratasen de señalar.

Creemos en este caso y en los de aleaciones de más metales, que el estudio térmico completo debe hacerse mejor que por el método gráfico, resumiendo los resultados en cuadros o catálogos que marquen las circunstancias de cada caso.

Como final y para facilitar la lectura de los diagramas que se encuentran en los tratados de metalurgia, creemos útil dar las siguientes reglas de carácter general:

1.<sup>a</sup> Todo punto del diagrama, en el caso de una sola fase, representa la concentración de dicha fase que, como es lógico, es la misma que la de la aleación. Si se trata de dos fases, las concentraciones estarán dadas por los puntos en que corten la horizontal trazada por él a las líneas que limitan el campo (1) en que se encuentra dicho punto.

2.<sup>a</sup> Una línea vertical del diagrama representa la existencia, en los dominios adyacentes, de una fase cuya composición permanece constante con la variación de temperatura.

3.<sup>a</sup> Una línea horizontal marca la existencia simultánea de tres fases a la temperatura que indica, verificándose en ella una reacción reversible (ley de Gibbs). Las concentraciones de las tres fases son las de los extremos de la horizontal y la del punto donde concurren las otras líneas del diagrama.

4.<sup>a</sup> Una línea oblicua indica variación del número de fases.

5.<sup>a</sup> El encuentro de las líneas formando un punto de retroceso inferior señala un punto de eutexia; si el caso se presenta por debajo de la línea de «solidus», se llama eutectoide.

6.<sup>a</sup> Un punto superior de unión de curvas de «solidus» y «liquidus» indica una combinación química.

(1) Se llaman campos o dominios de un diagrama las partes de él en que resulta dividido por las distintas líneas que lo forman.

## CAPITULO II

## Diagrama de la aleación Fe — C.

Los hierros, aceros y las fundiciones ordinarias son, esencialmente, aleaciones de hierro y carbono, bien que por los procedimientos empleados para su obtención, estén siempre mezclados con cantidades variables de otros elementos: manganeso, azufre, silicio, fósforo, etc., que si no entran en cantidades considerables para poder influir en las propiedades del metal obtenido se denominan impurezas. Además de estos cuerpos suelen presentarse otros varios como óxidos, sulfuros, etc., procedentes de las escorias, designándose con el nombre de inclusiones que comprende a todas las impurezas no metálicas incluyendo las gaseosas.

La clasificación de los productos siderúrgicos en hierros, aceros y fundiciones es objeto de grandes controversias entre técnicos e industriales. Los primeros han tratado de hacerlo por las proporciones de carbono y por los procedimientos de obtención; esto parece que nos daría una idea aproximada del producto de que se trata solamente con su denominación; en cambio, los fabricantes y consumidores suelen emplear nombres o números que definen los productos, atendiendo principalmente a sus propiedades, sin sujeción a reglas de ningún género.

En el VI Congreso de la Asociación Internacional para el Ensayo de Materiales, se propuso una clasificación en los tres grandes grupos: hierros, aceros y fundiciones, subdividiéndose después éstos en otros según los diversos modos de obtención. Dicha clasificación puede resumirse en la forma siguiente (1):

*Hierro.*—Hierro maleable conteniendo una proporción de carbono tan

(1) Estas definiciones, que nos servirán para expresarnos en este trabajo, no son, en modo alguno, rígidas; pues como decimos antes, no ha sido posible llegar a un acuerdo para dar definiciones concretas.

De un lado está la división por su origen: plástico o líquido (hierros y aceros) que es bastante general, no puede comprender todos los casos, pues llamaría hierros a los aceros cementados y pudelados. La clasificación por la carga de rotura también incluiría a ciertos aceros muy dulces entre los hierros y a la inversa. La maleabilidad que puede separar los aceros de las fundiciones no es tampoco factible de precisarse de un modo inconfundible. La cantidad de carbono no es suficiente para una definición rigurosa, pues existen hierros suecos con 0,3 por 100 C y más, y en cambio los aceros para cementación tienen proporciones de carbono muchísimo menores.

pequeña, que no permite templarlo útilmente por enfriamiento rápido. Aproximadamente

$$C < 0,05 \text{ por } 100.$$

*Aceros.*—Hierro que es maleable en el origen, al menos entre ciertas temperaturas, y susceptible de tomar temple por enfriamiento rápido.

$$C > 0,05 \text{ por } 100$$

$$C < 2,5 \text{ por } 100.$$

En su mayor parte, los aceros proceden del estado líquido.

*Fundiciones.*—Hierro conteniendo tanto carbono que no es útilmente maleable a ninguna temperatura.

$$C > 2,5 \text{ por } 100.$$

Cuando las cantidades de elementos extraños son tan grandes que influyen en las propiedades del producto, se llaman aceros y fundiciones especiales. Para grandes proporciones de elementos especiales se obtienen las llamadas ferro-aleaciones.

La aleación hierro-carbono que sin duda es hoy la más interesante de las aleaciones metálicas, tiene un diagrama caracterizado por la existencia de los estados de equilibrio desigualmente estables. El diagrama se compone, pues, de otros dos (fig. 4), en los que el estado final depende de la duración de los estados intermedios. El estado estable (líneas llenas) se presenta pocas veces en la práctica, aparte de las fundiciones grises, y para aproximarse a él, se precisa un enfriamiento extremadamente lento desde el estado líquido a la temperatura ordinaria; el estado inestable (líneas de puntos) es el caso ordinario, siempre que la velocidad de enfriamiento sea suficientemente lenta para permitir efectuarse las reacciones, pero no tanto que llegue a iniciarse el estado estable (depósito de grafito).

Por la figura, vemos que las líneas de «liquídis» y «solidus»  $AB$  y  $Aa$  coinciden en los dos casos, encontrándose un poco más bajas todas las demás que corresponden al estado inestable (también se dice metastable).

La formación de grafito, que pertenece al diagrama estable, no se obtiene, prácticamente, nada más que en las fundiciones enfriadas lentamente o recocidas; también favorece su formación la presencia de elementos catalizadores como el Si y Al. El grafito puede obtenerse bien

directamente durante el período de solidificación (línea *BC* del diagrama) o por descomposición de la cementita sometida a un recocido lento; en el primer caso se llama grafito primario y en el segundo, grafito de recocido. La transformación del grafito en cementita no puede hacerse

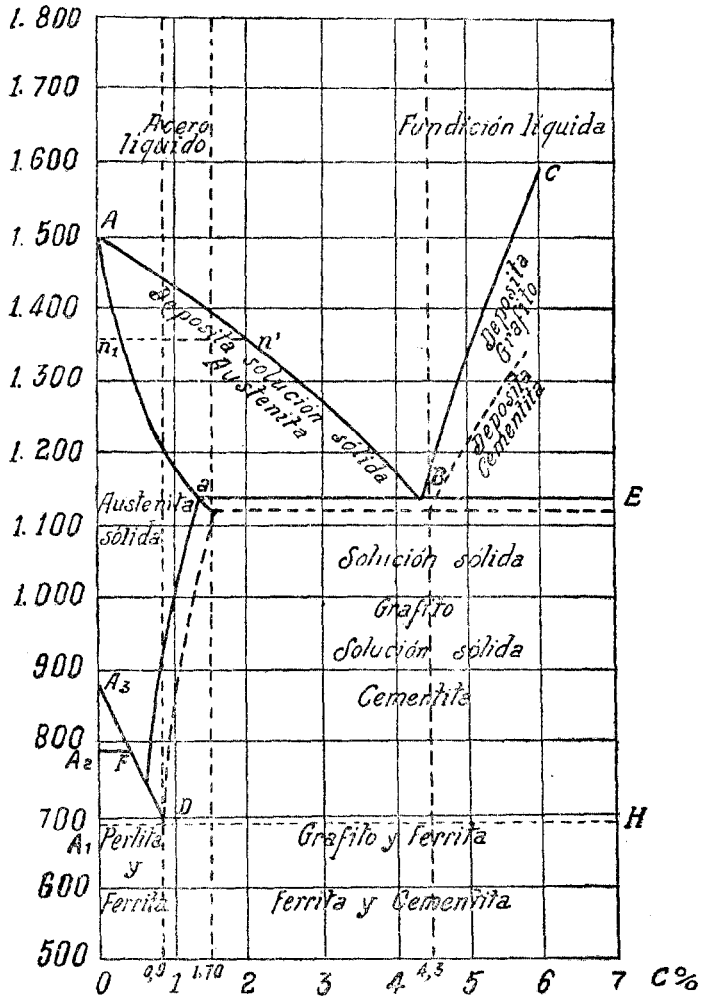


Fig. 4.

sin pasar el carbono al estado líquido o a la solución sólida, cuando esto último sea posible. Existen aleaciones que se encuentran en un estado intermedio entre el estable e inestable. Micrográficamente estas aleacio-

nes tienen: ferrita, cementita, grafito y la eutectoide perlita (foto.<sup>a</sup> 11).

El diagrama de la figura 4 con la rotulación de los campos en que está dividido nos dispensa de toda explicación; por él se ve que para concentraciones inferiores a la del punto *a* (1,70 por 100 C) se forma solución sólida (austenita) que entre *a* y *B* (4,30 por 100 C) aparece la eutéctica (4,3 por 100 C) de austenita de 1,70 C y cementita ( $\text{Fe}^3\text{C}$ ), y para concentraciones mayores de 4,30 por 100 C, los constituyentes son cementita y eutéctica igual a la anterior. La austenita y cementita de la eutéctica se denominan, respectivamente, austenita y cementita eutéctica, y la cementita que se forma a lo largo de *BC'* se llama cementita primaria o proeutéctica. Las aleaciones de concentración inferior a 4,30 por 100 C son hipoeutécticas y las de superior cantidad de C hipereutécticas.

La presencia de cementita libre en una fundición, nos dice que ésta es hipereutéctica. Si el enfriamiento ha sido suficientemente lento, gran parte o todo el carbono habrá tomado la forma de grafito. En el caso general de las fundiciones hipereutécticas del comercio, que no tienen manganeso, la cementita primaria ha desaparecido transformándose en grafito, siendo su constitución a la temperatura eutéctica: grafito y eutéctica de austenita-cementita. La presencia de grafito libre sobrenadando en la aleación líquida, indica elevación grande de temperatura en el horno, y, por tanto, una gran fluidez de la fundición. Esto se desprende de la observación del diagrama por la gran inclinación de la línea «liquidus» hipereutéctica.

En general, las aleaciones eutectíferas o muy eutectíferas, no son muy empleadas en la construcción aunque existen algunas excepciones. Una de ellas son las antifricciones *S n-S b-C u*, con proporciones de estaño grande. Su estructura típica es una eutéctica muy fina y en ella cristales cúbicos de *S b-S n* y agujas de *S n<sup>3</sup> C u*. La distribución y tamaño de los cristales duros (*S b-S n*) es lo que caracteriza principalmente el producto, pero la matriz eutéctica, más blanda, juega un papel importante por disminuir la dureza total, permitiendo que el metal se adapte a la forma del eje y también que, por erosión superficial, se formen pequeños canales que faciliten el paso del lubricante empleado. Las aleaciones de *S i-A l* con 10 a 12 por 100 de *S i*, forman una eutéctica que también tiene importancia en la calidad del producto. La eutéctica de las aleaciones preparadas en forma ordinaria contiene aproximadamente 13 por 100 *S i* y tiene una estructura típica. La adición de sodio modifica profundamente el proceso de solidificación de estas aleaciones, dándoles una estructura muy fina con la consiguiente mejora en sus propiedades mecánicas.

Continuando con el diagrama de la figura 4, después de la solidifica-

ción, y refiriéndonos en todo al estado metastable (líneas de puntos), vemos las líneas  $A_3$  F D,  $A_2$  F y  $A_1$  D H, que forman un diagrama muy semejante al de solidificación; a lo largo de  $A_3$  F D y a D se separan de la austenita, ferrita y cementita respectivamente, formándose en D una mezcla de estos dos componentes (perlita) (fotografías 8 y 10), que tiene todas las características de una eutéctica, razón por la cual se denomina eutectoide; su composición corresponde a la concentración 0,9 por 100 C y la temperatura de formación ( $723^\circ$ ) es constante (línea  $A_1$  H), si sustancias extrañas u otras causas no la alteran. Todas estas transformaciones pueden dificultarse y aun suprimirse con velocidades grandes de enfriamiento que no den tiempo para separarse a los componentes de la austenita, resultando entonces alguno de los constituyentes de transición (martensita, troostita y sorbita, etc.)

La austenita precipita o expulsa de su seno el constituyente en exceso (proeutectoide) que se separa ocupando la periferia de los granos formando uno a modo de enrejado que rodea los granos de perlita en que se ha transformado el resto de austenita a la temperatura eutectoide. Howe compara este fenómeno con el que realiza el ojo humano para expulsar un grano de arena que se hubiera introducido en él (1).

De aquí se desprende que la estructura general de los aceros ordinarios recocidos debe estar compuesta de perlita y ferrita o cementita, en la que el elemento proeutectoide ocupa los intersticios de los granos de perlita, o ésta parece ocupar los de aquél cuando la proporción de carbono es muy diferente de 0,9 por 100 (fotografías 5, 6, 7, 8 y 9).

Los aceros de alta proporción de carbono (igual o superior a 1,7 por 100) pueden tener en su constitución, además de lo dicho, la eutéctica de cementita-austenita. Esta última (la austenita) se convierte durante el enfriamiento en cementita y perlita (2). En estos aceros, lo mismo

(1) Cita en apoyo de esta opinión la experiencia realizada en unión de Levy con un bloque de acero taladrado, en el que se hizo el vacío en el interior del agujero; calentado por encima del punto de transformación y enfriado después lentamente por debajo de esta temperatura, el agujero se cubre de ferrita si el metal es hipoeutectoide y de cementita si se trata de un acero de más de 0,9 por 100 C. La presencia de la ferrita podría atribuirse a una decarburación superficial, pero la de cementita no.

(2) Hawe ha creado un nombre, «austenoide» que define diciendo que es un conglomerado especial de perlita con la cementita proeutectoide en la relación de 6,1 a 1, ó 14 por 100 de cementita proeutectoide por 86 por 100 de perlita y que constituye el acero sin temprar de 1,7 por 100 C. Llama también «primaustenoide» a la austenoide que no forma parte de la eutéctica y que no está agrupada en panal (forma característica de la eutéctica) porque procede, casi sin alteración de sus contornos de la transformación de la austenita primaria de 1,7 por 100 C, cuando se enfría.

que en las fundiciones, es posible la grafitización de la cementita, pudiendo llevarse, como en muchas fundiciones grises y en las fundiciones maleables, la disminución de la cantidad de carbono combinado (cementita) hasta límites tan pequeños como se quiera. La estructura de las fundiciones de esta clase es la misma que la de un acero al carbono con proporción de éste igual a la que entre en combinación más el grafito formado (fotografías 11, 12, 13 y 29).

El siguiente cuadro, debido a Hawe, da la constitución teórica de los aceros al carbono recocidos y fundiciones blancas.

### CONSTITUCION TEORICA DE LA SERIE PERLITIFERA

ACERO AL CARBONO LENTAMENTE ENFRIADO Y FUNDICIÓN BLANCA

		Carbono total. (Por 100)	Composición por ciento.												
			Perlitita total.	Ferrita pro- eutecticoide.	Cementita preeutecticoide	Primanista noble.....	Eutectico... ...	Austenoido eutectico...	Cementita eutectico...	Cementita primaria....	Ferrita total.	Cementita total.....			
<b>ACERO</b>	Poco carburado.	0,0 0,10 0,20	0 11 22	100 89 78	0 0 0								0, 1,5 3,0		
	Medianamente carburado.	0,30 0,40 0,50 0,60 0,70	33 44 56 67 78	67 56 44 33 22	0 0 0 0 0								4,5 6,0 7,5 9,0 10,5		
	Muy carburado.	0,80	89	11	0	100	0	0	0	0	0	0	88,0	12,0	
		0,90	100	0	0		0	0	0	0	0	0	0	86,5	13,5
		1,00	98	0	2		0	0	0	0	0	0	0	85,0	15,0
		1,10	97	0	3		0	0	0	0	0	0	0	83,5	16,5
		1,20	95	0	5		0	0	0	0	0	0	0	82,0	18,0
		1,30	93	0	7		0	0	0	0	0	0	0	80,5	19,5
		1,40	91	0	9		0	0	0	0	0	0	0	79,0	21,0
		1,50	90	0	10		0	0	0	0	0	0	0	77,5	22,5
		1,60	88	0	12		0	0	0	0	0	0	0	76,0	24,0
		1,70	86	0	13,9		100	0	0	0	0	0	0	74,5	25,5
	1,80	84	0	13,6	96	4	2	2	0	0	0	73,0	27,0		
	1,90	83	0	13,3	92	8	4	4	0	0	0	71,5	28,5		
	2,00	81	0	13,1	89	11	5	6	0	0	0	70,0	30,0		
	2,10	79	0	12,8	85	15	7	8	0	0	0	68,5	31,5		
	2,20	77	0	12,5	81	19	9	10	0	0	0	67,0	33,0		
	<b>FUNDICIÓN BLANCA</b>	2,30	76	0	12,3	77	23	11	12	0	0	0	65,5	34,5	
		2,40	74	0	11,9	73	27	13	14	0	0	0	64,0	36,0	
		2,50	72	0	11,7	69	31	15	16	0	0	0	62,5	37,5	
2,75		68	0	11,0	60	40	19	21	0	0	0	58,75	41,25		
3,00		64	0	10,3	50	50	24	26	0	0	0	55	45		
3,25		59	0	9,6	40	60	29	31	0	0	0	51,25	48,75		
3,50		55	0	8,9	30	70	34	36	0	0	0	47,5	52,5		
3,75		51	0	8,2	21	79	38	41	0	0	0	43,75	56,25		
4,00		46	0	7,5	12	88	42	46	0	0	0	40,0	60,0		
4,30		41	0	6,6	0	100	48	52	0	0	0	35,5	64,5		
4,50	38	0	6,1	0	92	44	48	8	0	0	32,5	67,5			
4,80	32	0	5,2	0	79	39	41	21	0	0	28,0	72,0			
6,67	0	0	0,0	0	0	0	0	100	0	0	0,0	100,0			



Volviendo sobre el diagrama de la figura 4, vemos que la aleación F e C presenta los puntos de transformación  $A_1$ ,  $A_2$  y  $A_3$  (1). Estos tres puntos pueden reducirse a dos si la proporción de carbono es mayor que la marcada por el punto  $F'$ .

Resumiendo: los constituyentes de las aleaciones de F e-C comprenden dos grupos generales:

1.º *Metarales*.—Fases reales como los minerales de la naturaleza y que pueden ser metales puros o combinaciones definidas; soluciones sólidas componiéndose, por consiguiente, de sustancias definidas en proporciones variadas. Ejemplos: cementito, grafito y austenita.

2.º *Agregados*.—Análogos a las entidades petrográficas, distintas de los verdaderos minerales. Estas mezclas pueden estar en proporciones indefinidas (troostita, sorbita, etc.) o definidas: eutécticas o mezclas eutectoides (ledeburita, perlita, steadita).

Independientemente de esta clasificación general estos constituyentes se dividen en:

Constituyentes de equilibrio: ferrita, cementita, perlita y grafito.

Idem fuera de equilibrio: austenita.

Idem de transición por el orden en que se presentan de mayor a menor temperatura: martensita, troostita, osmondita y sorbita.

Además de estos nombres, universalmente adoptados y que luego describimos con algún detalle, existen otros, más o menos empleados, como son los siguientes:

Ledeburita (Wüst), agregado definido: eutéctica de austenita y cementita.

Austenoide (Hawo), ya definido antes (pág. 26).

Ferronita (Benedicks) metaral definido, hipotético: hierro conteniendo 0,27 por 100 C.

Steadita (Sauveur) agregado definido: eutéctica de hierro y fósforo (es muy raro).

Hardenita (Arnold), nombre colectivo para la composición eutectoide de austenita y martensita.

Troosto-sorbita (Kourbatoff), agregado indefinido: troostita y sorbita en los límites de la separación de estos agregados.

(1) Los puntos  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  no se presentan a las mismas temperaturas al calentamiento y al enfriamiento (recuérdese lo dicho en el primer capítulo sobre este fenómeno que llamamos *histéresis*) dependiendo la separación de temperaturas de la proporción de C, elementos especiales y de la velocidad de enfriamiento. Se designan los puntos de transformación al calentamiento y al enfriamiento afectando a las letras A de los subíndices c y e respectivamente.

## Descripción de los principales constituyentes de las aleaciones de hierro y carbono.

### Ferrita.

*Definición.*—Metalal definido: hierro  $\alpha$  libre; puede contener un poco de fósforo y de silicio, pero su proporción de carbono, si lo tiene, es siempre muy pequeña, a lo más 0,02 por 100. Cristaliza en cubos y en octaedros.

*Ataque.*—El ácido nítrico o el pícrico, en soluciones alcohólicas diluidas, la ponen de manifiesto dejándola en blanco (fotografías 1 a 8).

*Propiedades físicas.*—Es, relativamente, poco resistente, unos 28 kilogramos por milímetro cuadrado, muy dúctil, fuertemente ferro-magnético; según Beherens su dureza está comprendida entre 3,5 y 3,7 de la escala de Mohs, y la dureza a la penetración de una punta es de 78 a 90.

La ferrita puede presentarse: 1.º, como constituyente de la perlita (ferrita-perlítica); 2.º, ferrita proeutectoide, por descomposición de la austenita en los aceros hipoeutectoides; 3.º, ferrita producida por segregación de la perlita al descomponerse esta última en sus elementos por un enfriamiento suficientemente lento; 4.º, en las fundiciones y en los aceros al silicio, al vanadio y, en general, en todos aquellos productos en los que, por un recocido especial se ha producido la descomposición de la cementita en grafito y ferrita; 5.º, en los aceros templados o templados y revenidos, mezclada con martensita u otros constituyentes de transición.

El tamaño normal de los granos puede verse en las fotografías 5 y 6. Un grano grande es indicio de un metal anormal. El silicio, fósforo y aluminio hacen aumentar el tamaño del grano; el cromo y el vanadio tienden a disminuirlo.

En un buen acero el tamaño de los granos debe ser poco diferente, sin embargo, no debe darse demasiada importancia a este dato, pues dicho tamaño, determinado por su aspecto en una microsección, puede ser debido a la disposición del poliedro que constituye el grano.

La forma de los granos es poligonal con tendencia hacia el pentágono. Parece notable la influencia que sobre las propiedades mecánicas de un hierro ejerce la forma y disposición de las juntas de los granos. Unas juntas rectas corresponden, en general, a un producto frágil. El laminado alarga en la dirección correspondiente los granos de ferrita y escorias (fotografía 14). Un recocido apropiado hace desaparecer este aspecto.

En muchos casos, en la ferrita regular, un ataque prolongado hace

aparecer unas rayas oscuras y aun negras; también se observan muchas veces puntos negros distribuidos aquí o allá en cantidad más o menos abundante (fotografía 6).

Estos puntos pueden ser escorias o picaduras del reactivo; en el primer caso, un examen antes del ataque nos mostrará su existencia; en el segundo, basta tomar precauciones para evitarlo. Otras veces estos puntos negros pueden ser venteaduras, burbujas de gases, etc.

Las manchas y picaduras en la ferrita son muchas veces indicios de metales defectuosos.

En los aceros extradulces templados, como toda la masa no ha podido transformarse en martensita, queda ferrita libre, que generalmente presenta un aspecto particular fácilmente confundible con la martensita; un ensayo de dureza, rayando la muestra, nos resuelve la duda.

En los aceros especiales recocidos, la ferrita suele ser más fina y de contornos muy irregulares (fotografía 9).

### Cementita.

*Definición.*—Metaral definido. Compuesto de dureza intensa correspondiente a la fórmula  $Fe^3C$  (6,7 por 100 C). El nombre de cementita lo hacen extensivo muchos autores a todos los carburos, en los cuales parte del hierro es reemplazado por otros elementos, el Mn por ejemplo; este carburo debería llamarse cementita mangánifera. Cristaliza en el sistema ortorrómbico.

*Ataque.*—Se muestra en relieve por el pulido prolongado, apreciándose ello por la dirección de las sombras en sus bordes, si se emplea iluminación oblicua. Un ataque por los ácidos pícrico o nítrico diluidos la dejan con un blanco brillante. El picrato de sodio en ebullición en un exceso de hidrato de sodio la tiñen de oscuro; lo mismo sucede con los ataques oxidantes al aire; estas propiedades la diferencian de los demás constituyentes, menos del fosfuro de hierro.

*Propiedades físicas.*—Es el constituyente más duro de los aceros; la dureza en la escala de Mohs es igual a 6. Raya el vidrio y el feldespato, pero no el cuarzo, es muy frágil. Magnetismo específico: aproximadamente los dos tercios del hierro puro.

Puede presentarse la cementita: 1.º, como constituyente de la perlita (cementita perlítica); 2.º, formando parte de la eutéctica para las aleaciones eutéctíferas ( $C > 1,70$  por 100) en placas, formando una red rellena de un conglomerado fino de perlita, con o sin cementita proeutectoide; 3.º, como cementita primaria proeutéctica en las aleaciones hipereutécticas ( $C > 4,3$  por 100) en placas o láminas (fotografías 13 y 22); 4.º, ce-

mentita proeutectoide en las aleaciones hipereutectoides ( $C > 0,9$  por 100) por descomposición de la austenita (fotografías 9 y 10); 5.º, cementita libre por descomposición de la perlita en aleaciones muy lentamente enfriadas; 6.º, en estado no coagulado en la sorbita, troostita y a veces en la martensita, y 7.º, por un caldeo prolongado, la cementita proeutectoide y la perlítica se aglomeran lentamente en glóbulos y las partículas próximas se unen (aceros «poule»).

En su aspecto ordinario, la cementita se presenta en forma de agujas blancas, gotas más o menos redondas y láminas (fotografías 9, 11 y 13). Los contornos son curvas como en la ferrita. Siempre que las bandas de cementita aparezcan rebordeadas por un constituyente negro, que es la troostita, se puede asegurar que se trata de un metal templado; la inversa no se verifica siempre, generalmente, la troostita separa la cementita de la austenita en los aceros templados. En los aceros forjados o laminados, las láminas de cementita presentan las deformaciones correspondientes. En la perlita, atacada por un ácido, se ven láminas alternadas blancas y negras, las primeras son cementita y las otras ferrita; la diferencia de color es debida a que el reactivo, atacando más a la ferrita, ahueca, en esas partes, la perlita que, por esta razón, al no recibir luz, parecen negras.

En la perlita laminar, aun cuando el espesor de las láminas de cementita y ferrita parece el mismo por efecto de óptica, no es así, sino que las láminas de ferrita son mucho más anchas que las de cementita.

Las diferencias de aspecto más notables de la ferrita y cementita son las siguientes: Los contornos de los fragmentos de cementita, suelen presentar su concavidad hacia el interior; en la ferrita, a la inversa. Antes del ataque puede observarse la cementita en relieve, por las sombras, empleando alumbrado oblicuo y también una vez atacada la probeta por el orden en que estos constituyentes se presentan durante el enfoque con el microscopio; un ataque profundo mancha la ferrita y la cubre de una especie de granulación, mientras que la cementita permanece siempre tersa y brillante (fotografía 21).

El ataque por el picrato sódico que sólo ennegrece la cementita o la medida de la dureza, nos dirá, sin duda alguna, de qué constituyente se trata.

#### Perlita.

*Definición.*—Agregado de ferrita y cementita. Eutectoide de la aleación hierro-carbono constituida por masas alternadas de ferrita y cementita en las proporciones de 6 a 1; puro, contiene 0,9 por 100 de carbono y 99,10 por 100 de hierro.

*Ataque.*—Con los ácidos pícrico y nítrico diluidos en alcohol, se presenta más oscura que la ferrita y cementita, pero más clara que la sorbita y troostita. Sus elementos son tanto más difíciles de resolver con el microscopio cuanto más rápidamente se ha enfriado el acero; generalmente se necesita un aumento de unos 250 diámetros para los aceros ordinarios al carbono.

En algunos casos (aceros «poule») (1), 25 diámetros son suficientes. En los aceros especiales se necesitan mayores aumentos. A simple vista, la perlita atacada presenta irisaciones nacaradas semejantes a la de las perlas, de ahí su nombre dado por Sorby.

La perlita se forma por transformación de la austenita cuando ésta llega, por segregación del elemento proeutectoide, a la proporción de carbono correspondiente (0,9 por 100). Se presenta, por tanto, en todos los aceros al carbono y en la fundición que contenga carbono combinado y que hayan sido enfriados lentamente en la zona de transformación o que se hayan mantenido a las temperaturas de esta zona o ligeramente inferiores durante un tiempo suficiente. La ferrita es estable, pero no así la cementita, que por un recocido suficientemente largo, se transformaría en ferrita y grafito (caso muy raro en la práctica).

Como variedad se presenta la perlita granular que procede de la perlita laminar por un recocido muy lento. Como variedad puede también presentarse la perlita anormal de elementos muy voluminosos en casos de recocidos defectuosos y en los muy lentos.

A veces (aceros especiales) es muy difícil resolver la estructura de la perlita con el microscopio, debiendo recurrirse, para su identificación, a los mayores aumentos. La perlita siliciosa, y más aún la fosforosa, se atacan con dificultad.

Las estrías de la perlita forman grupos que se distinguen unos de otros por los cambios de dirección; en éstos parece formarse una junta que luego observada con grande aumento, se ve no está definida (fotografía 10).

En los aceros hipoeutectoides de pequeña cantidad de carbono, la perlita aparece en las juntas de la ferrita, conforme al mecanismo explicado de su formación (Capítulo II, página 26); para mayores proporciones de carbono la perlita va ocupando espacios, cada vez mayores, envueltos por los polígonos de ferrita (fotografías 1 a 7). En el acero eutectoide (aproximadamente 0,9 por 100 C, pues la proporción exacta varía con

(1) Los franceses llaman acero «poule» a un acero cementado que se obtiene sometiendo durante varios días, a un fuerte calor en vasos cerrados, barras de hierro forjado de poco espesor y materias pulverizadas como hulla, carbón y ceniza de madera.

las de los otros elementos: manganeso, silicio, etc.) la estructura es solamente perlita (fotografía 8).

Los aceros hipereutectoides presentan la perlita y cementita, ésta en proporciones tanto mayores cuanto mayor sea la cantidad de carbono (fotografías 9 y 10).

En las fotografías 1 a 10 se ve todo el proceso de la transformación de la estructura en los aceros al carbono recocidos para proporciones crecientes de carbono.

Es posible, por este medio, determinar la proporción de carbono en un acero recocido. Se sabe en efecto la composición de la perlita y ferrita, y como en los aceros al carbono recocidos no puede haber ningún otro constituyente, midiendo con un planímetro las áreas que ocupan éstos, por su relación deduciremos la de los elementos.

Este procedimiento da la suficiente aproximación en un análisis rápido para aceros hipoeutectoides bien recocidos y con proporciones de carbono desde 0,05 por 100 a 0,5 por 100; con mayores cantidades de carbono, las dificultades para valorar el elemento proeutectoide son grandes, pues sus bordes no están bien marcados, y, por tanto, las cifras que hallemos para las áreas no serán lo suficientemente exactas.

#### Eutética.

En las fundiciones y en los aceros muy carburados (más de 1,7 por 100 C), según vimos al estudiar el diagrama de la figura 4, se forma una eutética de cementita y austenita saturada (1,70 por 100 C), que algunos dan el nombre de «ledeburita». Se compone de 52 partes en peso de cementita y 48 partes de austenita saturada. Esta austenita se descompone a su vez por el enfriamiento en cementita proeutectoide y perlita, quedando por tanto la eutética formada por cementita eutética más el conglomerado de cementita y perlita de 1,70 C (austenoide). Su composición es 4,3 por 100 C.

La constitución de aleaciones con más de 4,3 por 100 C es: cementita primaria o proeutética más eutética; para proporciones de carbono menores de ésta y mayores de 1,70 por 100, los constituyentes son: eutética, más el resultado de la descomposición de la austenita primaria en cementita y perlita (primaustenoide).

La eutética se presenta en los aceros de más de 1,7 por 100 C y en las fundiciones blancas y grises en las cuales el enfriamiento haya sido lo suficientemente rápido para no permitir que la cementita de la eutética se aisle. Su aspecto es el de las fotografías 13 y 22; las formas clásicas son zonas blancas salpicadas de puntos oscuros que son de austenoi-

de. Con grandes aumentos se ve que estos puntos están formados por una red de hilos finísimos de cementita rellena de perlita. La forma de solidificación en colonias (fotografías 22) con orientaciones distintas de una a otra colonia, es muy corriente.

La ledeburita y la perlita son semejantes en que cada una tiene: 1.º, una composición constante; 2.º, una temperatura de formación también constante e independiente de la proporción de carbono de la aleación en la cual se forma; 3.º, ninguna de las dos son compuestos químicos, sino conglomerados.

La diferencia en cuanto a su formación, es que la eutéctica no puede dejar de formarse por muy rápido que sea el enfriamiento, mientras que la perlita sí.

Por su aspecto micrográfico la diferencia es bien marcada. Los reactivos que se emplean son los mismos: ácidos pícrico y nítrico diluidos en solución alcohólica.

#### Austenita (1).

*Definición.*—Metalal de composición variable. Solución sólida de hierro y carbono, tal como existe por encima de los puntos de transformación o como se conserva a bajas temperaturas, como consecuencia de un enfriamiento rápido o por la presencia de elementos retardadores (Mn, Ni, etc.) en los aceros especiales austeníticos. Se le llama también cristales mixtos y hierro gamma.

*Propiedades físicas.*—La austenita de Maurer de 2 por 100 Mn más 1,9 por 100 C, es muy poco más dura que el hierro dulce; el acero de 25 por 100 Ni y el acero al manganeso de Hadfield son moderadamente duros; pero tal como se presenta en el acero templado con alta proporción de carbono, la austenita tiene una dureza muy poco inferior a la de la martensita que le acompaña. Osmond dice que es considerablemente más dulce que la martensita. Magnetismo específico muy débil, salvo quizás en campos intensos. Muy dúctil en el acero manganesado de Hadfield y en el acero con 25 por 100 Ni.

*Ataque.*—Todos los reactivos corrientes le dan una coloración más oscura que la cementita y menos que la troostita y sorbita; de ordinario también menos oscura que la martensita.

La austenita es el estado natural del hierro a elevada temperatura, estado al cual, la perlita y sus acompañantes (ferrita o cementita), según el acero de que se trate, pasan espontáneamente al atravesar la zona de

(1) Nombre puesto por Osmond en memoria de Roberts-Austen.

temperaturas de transformación, pudiendo formarse a la temperatura ordinaria por medio de un enfriamiento rápido o por la adición de elementos retardadores; es muy difícil de obtener en los aceros al carbono y en los especiales con poca cantidad del elemento especial. Robin la consiguió casi pura por temple al blanco brillante de un acero con 1 por 100 Mn y 1 por 100 C, aproximadamente.

A las altas temperaturas superiores a las de transformación, su papel semeja al de la ferrita a temperaturas inferiores. Howe dice que puede ser asimilable a la ferrita no magnética de temperatura elevada, difiriendo de la ferrita verdadera, en que contiene carbono en solución en proporciones que pueden variar desde 0 a 1,7 por 100.

Puede presentarse la austenita: 1.º, como austenita primaria formada durante la solidificación del acero al carbono y de la fundición hipoeutéctica, y 2.º, formando parte de la eutéctica (austenoide).

La austenita que, ordinariamente se encuentra en los aceros al carbono templados, constituye un fondo sobre el cual se aprecian los otros constituyentes, que por muy enérgico que sea el temple, es muy difícil impedir su aparición, son estos la martensita, troostita o cementita. La austenita pura tiene los granos poliédricos, muchas veces de lados rectilíneos y siempre menos curvos que la ferrita; la frecuencia de maclas caracteriza estos granos; las maclas son rectilíneas. En un mismo grano se pueden encontrar orientaciones cristalinas diferentes; parece entonces que estas dos regiones están separadas por una junta, pero no lo es, y en consecuencia, no se ahueca por ataque prolongado.

Las soluciones sólidas de hierro con Ni, Cr ó Mn, presentan aspectos poco diferentes de los aceros austeníticos correspondientes, fotografía 23. El acero Cr-Tn (corte rápido) templado, da polígonos de puntos finos. Lo más a menudo la disolución del carbono en la austenita no es completa y unas veces se agrupa en los puntos que quedan en relieve y otras se distribuyen en los granos en forma de glóbulos redondeados y aislados.

### Martensita (1).

*Definición.*—Metal de naturaleza discutida. Primera fase, según algunos, de la transformación de la austenita (2), caracterizada por una estructura en agujas y por su gran dureza. Es, según Osmond, una solu-

(1) Nombre puesto por Osmond en honor de Martens.

(2) Kourbatoff asegura que el orden de transformación de la austenita, es: austenita, troostita, sorbita y perlita. Maurer dice que por revenido es este mismo orden, pero que al enfriamiento es: austenita, martensita, troostita, etc.



ción sólida como la austenita, con la diferencia de que el hierro se encuentra, parte en estado  $\beta$  del que proviene su gran dureza, y parte en estado  $\alpha$ , al que debe su magnetismo en campos de intensidad moderada. Le Chatelier la define en la misma forma, salvo que el hierro está, esencialmente, en estado  $\alpha$  y que la dureza es debida a su condición de solución sólida. Benedicks, por el contrario, dice que el hierro está enteramente en estado  $\beta$  y que el hierro  $\beta$  es hierro  $\alpha$  que contiene en solución una cantidad definida de hierro  $\gamma$ .

No está la martensita en equilibrio en ninguna zona del diagrama; es, por tanto, un estado inestable, intermedio entre la austenita y el punto A.

Varios autores creen que, en los aceros ordinarios al carbono, la martensita se forma al enfriamiento entre 300° y la temperatura ordinaria. Portevin y Garvin han demostrado, que si durante el temple se detiene el enfriamiento rápido a una temperatura que puede ser hasta de 380°, la precipitación del carburo que se había impedido por la gran velocidad de enfriamiento, se produce entonces con fuerte recalescencia y formación de troostita. Jamás se ha observado este fenómeno cuando la velocidad de enfriamiento ha sido suficientemente rápida hasta 300° aproximadamente. Si inversamente se hace revenir un acero martensítico a una temperatura poco superior a 300°, se nota un comienzo de descomposición de la martensita con formación de sorbita.

Es el constituyente de los aceros templados que les da su dureza, y, por tanto, puede obtenerse por los mismos medios que se emplean para endurecerlos, que son:

- 1.° Por enfriamiento rápido desde una temperatura superior a la del punto de transformación.
- 2.° Por obstrucción química producida por la presencia de una cantidad suficiente de N i ó M n.
- 3.° Por enfriamiento en el aire líquido de los aceros austeníticos.
- 4.° Por un caldeo bien regulado de los aceros austeníticos que permita una movilidad molecular suficiente.
- 5.° Por deformación en frío de aceros austeníticos que estimule la transformación retardada de la austenita.

En el Congreso de la Asociación Internacional para el Ensayo de Materiales del año 1912, se describe la estructura de la martensita del modo siguiente: Cuando está sola se presenta generalmente en laminillas formadas de agujas que se entrecruzan paralelamente a los lados de un triángulo. Cuando acompaña a la austenita, adopta formas de lanzas, flechas y zig-zags.

También se presenta en cristalitos muy menudos, y a veces es tan

sumamente fina, que se la supone amorfa, fotografías 24 y 26. La figura 5 muestra el esquema de algunas formas características de la martensita.

En los aceros extradulces y dulces, no aparece claramente en sus formas clásicas, y es tanto más difícil de identificar, cuanto menor es la cantidad de carbono. Se presenta mezclada con la ferrita en forma de

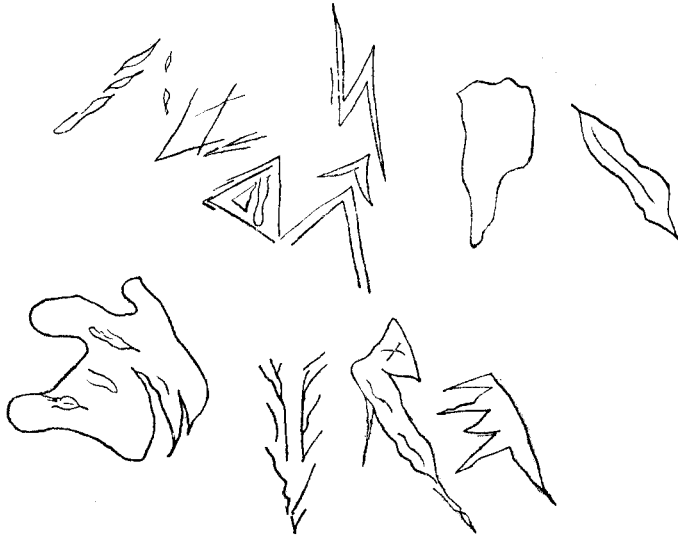


Fig. 5.

agujas que se introducen dentro de las láminas de ferrita; en las partes en que la carburación es mayor, más características aparecen las puntas en forma de lanza, flechas, etc.

En los aceros con alguna mayor cantidad de carbono, conserva aún la forma de los granos de austenita, y dentro de cada grano parece predominar una dirección en los elementos de la martensita. Cuanto mayor sea la cantidad de carbono, más fácil es obtener las formas características. En un buen acero estas formas no deben verse sino con grandes aumentos, pues lo contrario es signo de fragilidad. En general, el acero al carbono sin elemento especial y francamente martensítico, no es apto para ninguna aplicación por su gran fragilidad. En los aceros especiales, las formas de la martensita son iguales a las de los aceros al carbono. La procedente de los aceros austeníticos por enfriamiento a muy bajas temperaturas (aire líquido), aparece en relieve sobre los fondos austeníticos. Los aceros al níquel parecen dar más limpieza a los elementos de la mar-

tensita; en los aceros al cromo se presenta con frecuencia como si estuviera mal enfocada. En los aceros C r-T u, la martensita es difícilmente indetectable, fotografía 25.

*Ataque.*—Se emplea el yodo y los ácidos pícrico y nítrico diluïdos, con el que unas veces aparece más obscura y otras más clara que la austenita. Se colorea más rápidamente que la ferrita y cementita y es siempre más clara que la troostita.

### Troostita.

Es una fase mal definida, probablemente se trata de un agregado: una perlita de elementos extraordinariamente finos que Arnold llamó perlita troostítica.

Al tratar de la austenita dijimos el orden de sucesión de las fases que, como indicamos, tampoco está bien definido; pero que no obstante, nosotros, opinando con la mayoría y de acuerdo con lo que nos dicta nuestra propia experiencia, la situaremos entre la martensita y la sorbita o la osmondita (si se admite esta fase) en la serie de transformaciones de los aceros al enfriamiento.

El Congreso de New-York la describe del siguiente modo: Conglomerado no coagulado de las fases de transición. El estado de transformación ya terminado que representa, no está bien determinado, y, probablemente, varía mucho.

Osmond y otros muchos autores opinan que la transformación aunque muy avanzada no está materialmente terminada. Benedicks y Arnold creen, por el contrario, que la transformación ha sido completa.

La primitiva creencia de que era una fase definida, sea solución sólida de carbono o de carburo de hierro en el hierro  $\beta$  o en el hierro  $\gamma$  está abandonada. Su proporción en carbono es muy variable.

Aparece la troostita calentando un poco por bajo de 400° el acero martensítico; calentando piezas pequeñas a temperaturas del medio de la zona de transformación templándolas en agua o en aceite; en el corazón de las piezas gruesas templadas al agua por encima de la zona de transformación. Aparece en áreas irregulares, de grano fino o casi amorfo, más obscura que la martensita o la sorbita que le acompañan, empleando los reactivos corrientes. Un medio de distinguirla de la sorbita es que la troostita va habitualmente unida a la martensita y la sorbita acompaña a la perlita.

Las zonas comprendidas entre la sorbita y la troostita se llaman a veces troostosorbita.

Las formas que adopta son muy varias. Generalmente se presenta en

masas redondeadas oscuras o casi negras. Es muy frecuente también que se presente rebordeando las láminas de cementita, ferrita, austenita y en algunos casos las escorias. Cuando procede del revenido de la martensita, adopta también sus mismas formas, curvas, flechas, triángulos, etc., etc., fotografías 23 y 25.

Para el ataque se emplean los reactivos habituales que la colorea en la forma dicha. Según Kaurbatoff, con un ataque durante siete minutos con su reactivo, el único constituyente que se colorea es la troostita.

La dureza es intermedia entre la martensita y la perlita, y varía con la proporción de carbono. En general, la dureza y el límite elástico aumentan y la ductibilidad disminuye cuando la proporción de carbono aumenta.

#### Osmondita.

El Congreso de Conpenhague la define como una fase de transformación de la austenita, para la cual la solubilidad en el ácido sulfúrico diluido alcanza su velocidad máxima, y también, como límite arbitrario entre la troostita y la sorbita.

Las hipótesis sobre su naturaleza son varias, pero ninguna suficientemente comprobada. Unos dicen que es una solución sólida de carbono o de carburo hierro en el hierro  $\alpha$ , y otros que es la fase hierro  $\alpha$  amorfo en su evolución hacia el estado ferrita.

Un acero duro templado y después revenido a 400° pasa al estado osmondita; sin embargo, está tan mal definida esta fase, que su nombre es muy poco empleado, pues representando un estado límite entre la troostita y sorbita no puede saberse bien cuándo se ha llegado a él. Según Heyn, el ataque por el ácido clorhídrico diluido la distingue de la troostita y de la sorbita porque la colorea más de prisa.

#### Sorbita.

*Definición.*—Agregado que Arnold llamó perlita sorbítica; es la fase que sigue, durante el enfriamiento, después de la troostita y de la osmondita. En algunos tratados alemanes no se tiene en cuenta este constituyente, designándose esta estructura con el nombre de martensita muy fina.

Es un conglomerado de ferrita y cementita en el cual no son resolubles con el microscopio los elementos que la integran, aun empleando los mayores aumentos. Su composición es variable, fotografías 17 y 27.

El Congreso de New-York dice: La mayor parte de los autores creen

que es esencialmente un conglomerado no coagulado de perlita, no resoluble al microscopio con el elemento proeutectoide correspondiente, pero que contiene a menudo una sustancia incompletamente transformada.

Es el constituyente de los aceros templados y revenidos, estando considerada como la fase más conveniente para la gran mayoría de los usos industriales de los aceros especiales y aun de los aceros ordinarios al carbono.

Puede proceder de revenido a temperatura algo superior a 400°, de un acero templado, o también, templando piezas pequeñas en aceite o plomo fundido y, en algunos casos, enfriándolos al aire. Por temple al agua desde una temperatura muy poco por encima del punto  $A_1$  también puede obtenerse la estructura sorbítica. La sorbitización del acero parece favorecer el desarrollo de una estructura fibrosa que puede convenir para ciertos usos: Planchas de blindaje Krupp.

La sorbita se colorea menos que la troostita y más que la perlita; se distingue también de la troostita por ser menos dura y, como ya hemos dicho antes, por presentarse unida a la perlita. Es menos dúctil que la perlita para igual cantidad de carbono; su tenacidad y límite elástico son tan grandes que es posible obtener una combinación más elevada de estas tres propiedades en los aceros sorbíticos que en los perlíticos, eligiendo una proporción de carbono ligeramente más débil que la necesaria si se tratara de un acero perlítico. Ya se comprende pues, la ventaja de los aceros especiales para su empleo en construcciones delicadas, por la mayor facilidad con que en ellos se obtiene la estructura sorbítica.

El ataque puede hacerse con los reactivos habituales: ácidos nítrico o pícrico diluídos.

### Inclusiones.

Comprendamos bajo la denominación de «inclusiones» a todas sustancias, sean metálicas o no, que puedan tener los metales no formando parte de las deliberadamente agregadas durante la fabricación del producto, no siendo, por tanto, constituyentes normales de la calidad más pura del acero.

Son muchos los estudios hechos con objeto de poder determinar con fijeza la naturaleza de las inclusiones sin que se haya llegado a nada definitivo en tan importante cuestión. Matweieff produjo inclusiones por síntesis y después trató de describir sus caracteres atacando las probetas, con hidrógeno a 300°, vapor y ácidos orgánicos débiles; estudió así una serie de inclusiones que comprende óxidos, silicatos y sulfuros de hierro y manganeso.

Parece admitido que la mayor parte de las inclusiones sólidas tienen una proporción elevada de Mn. Stead opina que las inclusiones de silicatos son siempre debidas a la oxidación del Mn y del Si durante el paso del acero fundido a través del aire al verterlo en los moldes. Por otra parte, es evidente que el O y el S son elementos importantísimos en las inclusiones y que el Mn tiende a reducir su cantidad y a disminuir los efectos perjudiciales de tales elementos.

Micrográficamente las escorias aparecen al microscopio como en las fotografías 14, 20 y 30. Es preciso siempre hacer la observación después del pulido y antes del ataque, fotografía 30, pues de otro modo podrían confundirse con los constituyentes normales o picaduras del reactivo. También pueden confundirse con los huecos dejados por el grafito o escorias al saltar en la máquina de pulir o con sopladuras; para evitarlo, basta mover el tornillo de enfoque poco a poco; si se trata de un hueco, la mancha variará de tamaño aparente, cosa que no ocurrirá si se trata de escoria o grafito.

Las sopladuras o huecos representan, según Howe, la concentración progresiva en la masa fundida de los gases presentes en el origen, concentración llevada hasta la saturación y desprendimiento de una porción de estos gases en las partes sobresaturadas, y en ciertos casos, tales como el de la solidificación de los lingotes de acero, la formación de un gas por reacción química, determinada por el descenso de temperatura o por el paso del estado líquido al sólido. Otras veces son debidas a contracciones al enfriamiento (*restassure*), cuando existen diferencias grandes de temperatura de unos a otros puntos de la masa. Las grietas de temple tienen una génesis parecida.

Parece natural que las inclusiones de todo género sean perjudiciales a los aceros; sin embargo, Stead dijo en el Congreso de Copenhague, que una pequeña cantidad de escoria no ejercía influencia apreciable sobre las propiedades del acero, a pesar de lo cual se ha visto en muchos casos la gran fragilidad de productos, en los cuales la única causa a que se podía atribuir tal defecto era la presencia de gran número de escorias microscópicas.

La escoria en los productos siderúrgicos, tiende a desarrollar la fibra con las ventajas que ello parece tener, por lo cual han tratado algunos de agregarla en los aceros y hierros forjados. Estos ensayos no han dado ningún resultado práctico.

A pesar del efecto perjudicial de las inclusiones en los aceros, es preciso cierta prudencia para no atribuirles efectos que no han producido, como puede ocurrir en el caso de rotura de piezas que presenten escorias, pues hay otras causas de fragilidad en los aceros; además, Humfrey,

creo deducir de sus estudios, que las fracturas son intercristalinas, o sea que las grietas siguen los límites de los cristales y no los atraviesan, y como según Ziegler, las inclusiones van englobadas como núcleos, en los cristales de hierro  $\alpha$ , las fracturas que sigan los límites de los cristales de ferrita, difícilmente podrían atribuirse a la presencia de inclusiones.

La identificación de la naturaleza de las escorias por su aspecto micrográfico no está lo suficientemente estudiada para que pueda decirse nada con seguridad; sin embargo, los trabajos de Matweieff algo hicieron en este sentido, aunque no todo lo que fuera de desear.

La repartición del azufre puede verse por el papel bromuro humedecido con ácido sulfúrico, sobre el que se aplica la superficie pulida del metal y fijando después con hiposulfito la huella obtenida. En forma parecida pueden determinarse las segregaciones fosforosas, atacando previamente la muestra con una disolución de una sal de níquel.

El fosforo de hierro con la cementita y perlita forma una eutéctica triple. La cementita fosforosa puede distinguirse de la ordinaria en que es mucho más difícil de atacar por el picrato sódico.

Los óxidos parece que juegan un papel muy importante en los resultados obtenidos en un acero después de cementado y templado.

### Grafito.

*Definición.*—Carbono elemental libre que se presenta en el hierro, acero y fundición. Carbono puro, dulce y sin resistencia, generalmente procede de la descomposición de la cementita sólida mediante la reacción  $\text{Fe}_3\text{C} = 3\text{Fe} + \text{Gr}$ ; también se forma, según algunos, directamente del estado líquido a expensas de la austenita.

Se presenta en diversas formas: 1.<sup>a</sup>, en la fundición negra en capas que flotan en el líquido; 2.<sup>a</sup>, en pajuelas y láminas delgadas generalmente curvas, fotografía 28, que representan al carbono separado a temperatura muy próxima al punto de fusión; 3.<sup>a</sup>, como grafito de recocido, pulverulento en apariencia, en la fundición maleable americana, fotografía 29.

Se ve al microscopio, mirando la muestra sin atacar, fotografías 18 y 28, presenta coloraciones que varían del gris oscuro al negro, mancha el papel y tiene un aspecto grasiento. Aislado da, con las mezclas oxidantes, el ácido grafitico. Después del ataque presenta el mismo aspecto, retiene en su masa parte del reactivo que si no se quita por un buen lavado, se extiende manchando la muestra. Densidad, 2,25.

Es un elemento de debilidad. Su presencia en las fundiciones se busca más bien por necesidades de fabricación que por cualidades del pro-

ducto. La fundición es tanto más resistente para la misma cantidad de carbono total, cuanto menor es la cantidad de grafito; ahora bien, para aumentar el grado de fusibilidad de la fundición, se necesita una cantidad de carbono total muy superior a la de carbono combinado, preciso para que el producto reúna las propiedades deseadas.

Los objetos con molduras delicadas, forzosamente habrán de contener una gran cantidad de grafito, porque éste, al solidificarse, aumenta de volumen y llena fácilmente los intersticios del molde, reproduciendo con toda finura los detalles más complicados. La forma que parece menos perjudicial es la que se obtiene en las fundiciones maleables americanas, fotografía 29.

El grafito y la ferrita están siempre asociados, pues proviniendo aquél de la descomposición de la cementita, es natural que las láminas de grafito se presenten rodeadas de ferrita, fotografías 12, 18 y 29; a parte de esto, la unión con la ferrita es de tal naturaleza, que algunos han creído en la existencia de una eutéctica ferrita-grafito, del sistema estable.

### CAPITULO III

#### Teorías acerca del endurecimiento de los aceros.

El endurecimiento de los aceros puede obtenerse, según dijimos al tratar de la martensita, por seis métodos diferentes, que son los siguientes:

1.º Enfriando rápidamente los aceros al carbono cuando se encuentran en estado austenítico.

2.º Por la presencia de cierta cantidad de elementos retardadores: carbono, níquel, manganeso.

3.º Temple por enfriamiento de segundo grado del acero austenítico; por ejemplo, en el aire líquido.

4.º En los aceros austeníticos, por una deformación en frío que estimule el cambio retardado de la austenita en martensita.

5.º Por un caldeo bien regulado, en los aceros austeníticos, que dé bastante movilidad molecular para permitir la transformación hasta un estado duro, pero teniendo cuidado de no llegar al estado  $\alpha$ . Este endurecimiento no lleva consigo, siempre, el estado martensítico.

6.º Endurecimiento de los metales maleables y de las aleaciones en general, incluso el hierro  $\alpha$  y el hierro  $\gamma$ , por deformación plástica. No existe razón alguna que pueda hacer creer que esta deformación



lleva consigo la formación de martensita, excepto en el caso de hierro  $\gamma$ .

Según las ideas más generalmente admitidas, el hierro pasa por tres estados alotrópicos que se designan por las letras  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ .

Por debajo del punto  $A_2$  (fig. 4) el hierro está en estado  $\alpha$ , que es blando, magnético y no disuelve el carbono (1); entre  $A_2$  y  $A_3$  se encuentra en su forma  $\beta$ , muy duro, no es magnético ni disuelve el carbono, y por encima de  $A_3$  está el hierro  $\gamma$ , blando, aunque no tanto como el hierro  $\alpha$ , no es magnético, pero disuelve el carbono. Los tres estados  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ , cristalizan en el sistema cúbico.

Pero no todos los tratadistas están conformes con la existencia del hierro  $\beta$ , por lo que son varias las teorías desarrolladas para explicar el endurecimiento de los aceros. Haremos un ligero resumen de las más admitidas.

*Hipótesis del hierro  $\beta$ .*—Esta, según acabamos de decir, parece ser la que más satisfactoriamente se adapta a todas las realidades; supone la existencia de un estado alotrópico (hierro  $\beta$ ) entre los puntos  $A_3$  y  $A_2$ . Osmond lo definió, y juntamente con Cartaud, logró aislarlo, aunque siempre mezclado con hierro  $\alpha$ . Este hierro  $\beta$  está caracterizado, como hemos dicho, por una gran dureza, no es magnético, tiene una gran resistencia eléctrica.

Según esta teoría, la transformación de un acero al carbono se dificulta mucho por un enfriamiento rápido, de tal modo, que sólo parte del hierro consigue llegar al estado  $\alpha$ , quedando otra parte en estado  $\beta$ . Si el acero tiene mucho manganeso o níquel, bajando la temperatura del punto de transformación, se favorece la acción del endurecimiento.

*Teoría del hierro  $\gamma$ .*—Supone que entre  $A_2$  y  $A_3$  no existe un estado especial, sino una solución de hierro  $\gamma$  en hierro  $\alpha$ . Esta teoría tiene su origen en la continuidad casi completa de curva de dilatación, que, por tanto, no indica la existencia de ningún punto de transformación en esa región del diagrama. Explica el endurecimiento por la diferencia de dureza entre los hierros  $\gamma$  y  $\alpha$ , y su influencia en las soluciones variables de uno en otro.

No parece muy convincente esta teoría, pues aparte de la existencia de resaltos en las curvas de magnetismo y conductibilidad, no existe relación entre las cantidades de hierro  $\alpha$  y  $\gamma$  de cada solución y los grados de dureza correspondientes, ni entre éstos y el grado de magnetismo; relaciones que lógicamente podíamos suponer existían, de admitir la hipótesis de la solución de uno en otro.

(1) Esto no es rigurosamente cierto, pues la ferrita puede contener en disolución una pequeña cantidad de carbono; según algunos, hasta de 0,02 por 100.

*Teoría del hierro amorfo.*—En esta teoría, la dureza es producida por la transformación del hierro  $\gamma$  cristalino, en hierro amorfo, transformación que puede efectuarse por medios térmicos o mecánicos, desigual dilatación de los constituyentes en el primer caso y arrastre mecánico en el segundo. Por enfriamiento rápido el paso del hierro  $\gamma$  al  $\alpha$  (pasando o no por el  $\beta$ ), tiene lugar a una temperatura relativamente baja, en que el hierro amorfo no puede recrystalizar.

El hierro amorfo es duro y se admite que el endurecimiento del acero, producido por enfriamiento rápido, es debido a este amorfismo.

Esta teoría, bastante extendida, tiene también sus objeciones, como son, entre otras, la cantidad de dureza producida por enfriamiento rápido y también el no armonizar con los medios de producir dureza 2° y 5°.

*Teoría de las tensiones.*—Dice que el endurecimiento del acero por enfriamiento rápido, se debe a las tensiones internas que se desarrollan como consecuencia del enfriamiento y la contracción.

Las tensiones, es indudable que producen dureza; pero no parecen capaces de justificar el aumento tan grande que experimenta el acero por el temple y tampoco el que los aceros extradulces no lo admitan.

Además de las expuestas, existen otras teorías menos extendidas, y entre ellas, la del subcarburo, que admite la existencia de un compuesto de hierro carbono, que tiene la fórmula  $F e^{24} C$ , que se forma por encima del punto  $A_1$ .

Como vemos, de los seis métodos de endurecimiento de los aceros que hemos indicado, sólo la hipótesis del hierro  $\beta$  parece responder exactamente a los hechos conocidos hasta ahora, porque el amorfismo, por ejemplo, que parece explicar perfectamente el endurecimiento en el caso de deformación en frío, no lo explica cuando se emplean medios estáticos y, además, por la contradicción que existe entre la dureza adquirida por deformación en frío del acero al carbono y la obtenida por enfriamiento rápido, cuando se les somete a un caldeo moderado. En el segundo caso la dureza disminuye progresivamente, y en el primero aumenta, lo que prueba la desigual naturaleza de los respectivos constituyentes duros.

La solución de cantidades variables de  $\gamma$  en  $\alpha$  tampoco es suficiente para explicar todos los casos de endurecimiento, porque la dureza del metal templado es demasiado grande para que pueda atribuirse con fundamento a una simple solución de los dos estados dulces extremos; sobre todo, si se tiene en cuenta que la cementita (extraordinariamente dura) proporciona, al disolverse, muy poca dureza. Aparte de esto, porque las variaciones en la resistencia eléctrica y en el magnetismo no son posible-

mente explicadas por la teoría del hierro  $\gamma$  y son, en cambio, suficientes para definir un estado alotrópico (1).

## Tratamientos térmicos de las aleaciones de hierro y carbono.

### Generalidades acerca del estudio teórico del temple de los aceros.

El estudio de los tratamientos térmicos se deduce del diagrama, en el que es preciso considerar dos casos completamente distintos:

Aleaciones con menos de 2 por 100 C (aceros) y con más de 2 por 100 C (fundiciones). Refiriéndonos al primer caso, las condiciones que se deben cumplir para que el producto tome temple son:

1.<sup>a</sup> Que la temperatura de temple sea algo superior al punto de trans-

(1) La hipótesis del hierro  $\beta$  es la que prevalece, sin negar, con ello, el valor que en la dureza tienen el amorfismo, las tensiones y la disolución que siempre será muy pequeña con el que nuestra fantasía pueda asignar a las propiedades de un estado alotrópico no bien definido. Cómoda al menos, sí que es la hipótesis del hierro  $\beta$ . Sin embargo, al señor Howe no le basta, por lo que ha imaginado en seguida dos estados, que llama  $\beta$  I y  $\beta$  II y dice: el hierro  $\gamma$  sólo es denso;  $\beta$  I y  $\beta$  II solos, son duros y  $\beta$  II y  $\alpha$  son los únicos magnéticos;  $\gamma$  y  $\alpha$  pueden aislarse fácilmente; pero  $\beta$  se encuentra casi siempre sea con  $\alpha$ , sea con  $\gamma$  y, a veces, con los dos.

No creemos deba satisfacer por completo, al rigorismo científico unas hipótesis basadas sobre lo desconocido. Ultimamente, como consecuencia de sus estudios radiográficos y metalográficos, Honda deduce que la dureza de la martensita les debida, principalmente, a la estructura de cada uno de sus cristales. Cuando sufre grandes esfuerzos internos, su dureza inicial aumenta en proporción a estos esfuerzos; sin embargo, estos aumentos son, comparativamente, una débil fracción de su dureza primitiva.

En nuestra opinión, el asunto de la dureza en los aceros, no está claro. Las teorías del amorfismo, tensiones y Honda, si no en su totalidad para cada uno, conjuntamente son bastantes para explicar todos los casos de endurecimiento, ya que lo probable es el paso del metal por un complejo en el que intervengan varios factores, que en modo alguno excluye la posibilidad de que una sola teoría sirva para los aceros al carbono y los aceros especiales. Las variaciones que experimentan las propiedades magnéticas de los hierros muy dulces, con los tratamientos térmicos, creemos son suficientes para no permitir generalizar las propiedades de los constituyentes metalográficos, más allá de lo debidamente comprobado y, también, para no pretender explicar, *á priori*, cosas que aún permanecen desconocidas en su esencia. El empleo de «iluminaciones» con vibraciones de las zonas extremas del espectro (Rayos X y otras de pequeña longitud de onda) nos podrá permitir obtener micrografías, con muchísimos aumentos, yendo hasta poder ver la estructura íntima de los metales; quizás así consigamos un conocimiento más exacto de estas cuestiones.

formación al calentamiento (aproximadamente unos 50° en el procedimiento ordinario y unos 175° en los casos extremos).

2.<sup>a</sup> Que se enfríe con la rapidez suficiente para conservar, al menos en parte, la estructura que tenía en caliente.

3.<sup>a</sup> Que el tiempo que se tenga el metal a elevada temperatura sea suficiente.

Como todos los aceros presentan puntos de transformación, todos son susceptibles de tomar temple.

Que se cumpla la primera condición es preciso, pues de lo contrario, no habiendo sufrido el acero ninguna transformación en el calentamiento, mal podría conservarla por rápido que sea el enfriamiento subsiguiente. Se hace constar que debe ser superior al punto de transformación al calentamiento porque sabemos es superior al correspondiente al enfriamiento. Siendo, en el caso general, reversibles las transformaciones que experimentan los aceros, es preciso que se cumpla la segunda condición para poder sostener parte de la estructura que tiene en caliente, a la temperatura ordinaria; pues si el enfriamiento se hiciera lentamente (recocido) las transformaciones se verificarían en sentido inverso, sin haberse obtenido el objeto que se perseguía con el temple.

Según investigaciones de H. Le Chatelier, la velocidad con la cual se produce una transformación a una temperatura determinada, es tanto más grande:

1.º Cuando la temperatura absoluta de que se trate, sea más elevada.

2.º Cuando esta temperatura esté más separada del punto de transformación.

Así, para una temperatura superior al punto de transformación los dos factores (temperatura absoluta y diferencia con la del punto de transformación) obran en el mismo sentido. La velocidad de transformación aumenta, pues, muy rápidamente con la temperatura.

Para temperaturas inferiores al punto de transformación, los dos factores citados obran en sentido inverso: para mayor temperatura, menos separación con la del punto de transformación. Resulta, según esto, que la velocidad de transformación pasa por un máximo.

Le Chatelier representó esto gráficamente (fig. 6), la primera se refiere a un acero calentado por encima del punto de transformación; la velocidad crece rápidamente con la temperatura. La segunda es un acero calentado a temperatura inferior al punto de transformación; la velocidad parte de 0 y llega a 0 pasando por un máximo.

Si por un enfriamiento rápido hacemos el paso por una zona crítica (zona de gran velocidad de transformación) muy rápidamente, sin dar tiempo a que la transformación se efectúe, tendremos el acero templado.

Se comprende, pues, la gran influencia que sobre el temple han de tener los diferentes baños que se empleen: agua, aceite, agua hirviendo, metales fundidos, etc.

El tiempo de calentamiento antes del temple es preciso tenerlo muy en cuenta, porque como el fenómeno del temple reside en la transforma-

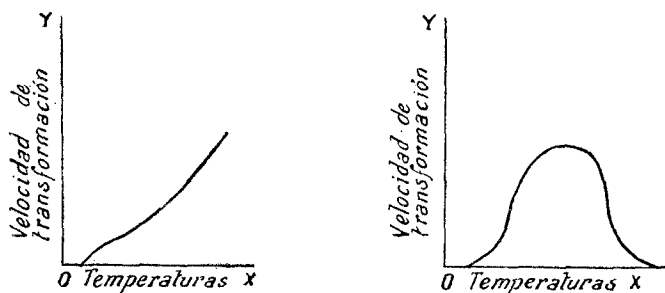


Fig. 6.

ción del hierro  $\alpha$  en hierro  $\gamma$  y la disolución de la cementita en este hierro, es necesario dar tiempo suficiente a que esto se efectúe.

El tiempo preciso para obtener una solución homogénea, es tanto menor cuanto mayor es la temperatura. De aquí que convenga que la temperatura de caldeo sea la más elevada posible (1); pero la práctica aconseja que la temperatura de temple no sea muy superior a la de transformación. Se armonizan las dos condiciones con un caldeo a elevada temperatura seguido de un enfriamiento lento hasta unos  $50^\circ$  por encima del punto de transformación, y a continuación el enfriamiento rápido; resulta entonces hecho lo que se llama temple al enfriamiento.

Las temperaturas a que deben templarse los aceros ordinarios en función de la cantidad de carbono, son:

Aceros extra-dulces,  $860^\circ$ .

Idem semi-dulces,  $800^\circ$ .

Idem semi-duros,  $750^\circ$ .

Idem duros,  $725^\circ$ .

*Temple de piezas voluminosas.*—Es indudable que en las piezas de gran volumen no puede obtenerse el enfriamiento con la rapidez necesaria, para que en toda la masa del metal templado se encuentre la martensita. La troostita, sorbita y aun la perlita, en el caso de piezas muy

(1) Debe tenerse en cuenta, que elevando demasiado la temperatura se corre el riesgo de obtener un metal sobrecalentado o quemado, siendo este último imposible de regenerar, fotografía 20.

gruesas, se encuentran en el interior de la masa; porque aun procediendo al enfriamiento en grandes masas de agua muy fría, la parte exterior de la pieza de que se trate, se enfriará muy rápidamente, pero el alma aún puede quedar a temperatura muy elevada, estableciéndose una graduación de temperaturas desde el interior al exterior, que hacen posible el comienzo de la transformación, que se acusa fácilmente por la aparición de los constituyentes característicos: troostita, sorbita, etc. Equivale, pues, en la práctica, este temple en baño muy activo de las piezas gruesas, a un temple de piezas delgadas en baño poco activo.

*Influencia del baño de temple.*—La naturaleza del baño ha de influir forzosamente en sus efectos: Un baño que se volatilice fácilmente, hace que alrededor de la pieza que se temple se forme como una capa aisladora de gas que protege el metal contra el enfriamiento, endulzando la acción del temple. Es práctico para suprimir este efecto, agitar el metal dentro del baño.

La viscosidad, conductibilidad y calor específico del baño influyen de igual modo, ya que lo que se pretende es equilibrar la temperatura del baño y del metal que se temple; equilibrio que tardará en establecerse una cantidad de tiempo, que dependerá de las propiedades citadas, así como de las temperaturas a que se encuentren.

*Temple de los aceros especiales.*—Agregando a las aleaciones de hierro-carbono otros metales, se obtienen aleaciones en las que ha variado la temperatura de los puntos de transformación, elevándola en unos casos y bajándola en otros, con relación a la temperatura del punto de transformación, correspondiente a la aleación hierro-carbono que no contuviese el elemento especial.

Roberts-Austen, enunció una regla en la que ligaba esta variación con la relación entre el volumen atómico del cuerpo considerado y el del hierro, que es 7,2. En esta regla, que no es absolutamente cierta, se indicaban también los cuerpos que aumentaban la capacidad de disolución del carbono en el hierro y los de las que la disminuían.

Entre los cuerpos que hacen descender el punto de transformación del hierro, están:

El carbono, cuyo volumen atómico es 3,6.

El níquel, id. es 6,7.

El manganeso, id. es 6,9.

Y entre los que hacen subir la temperatura de dicho punto están:

El cromo, cuyo volumen atómico es 7,7.

El tungsteno, id. es 9,6.

El silicio, id. es 11,2.

El arsénico, id. es 13,2.

El fósforo, cuyo volumen atómico es 13,5.

El azufre, íd. es 15,7.

Estos y otros cuerpos hacen variar las condiciones en que debe efectuarse el temple que, como sabemos, tiene fundamentalmente por objeto el conservar a la temperatura ordinaria, las propiedades que tiene el metal a elevada temperatura.

Es preciso tener en cuenta que en los aceros especiales, a causa del fenómeno de «histéresis» que ya definimos, es posible que a una misma temperatura correspondan dos estados distintos, según el ciclo de las temperaturas anteriores, dividiéndose, por tanto, estas aleaciones, en reversibles e irreversibles, según, que las transformaciones que tienen lugar al calentamiento, se efectúen o no en orden inverso al enfriamiento hasta la temperatura ordinaria; también se llama a los últimos metales autotemplantes.

*Temple de las fundiciones.*—Guillet lo define de la manera siguiente: El temple de una fundición, que tiene por objeto endurecerla superficialmente, se reduce a la transformación superficial de la fundición gris en fundición blanca, es decir, un enfriamiento rápido para obtener el equilibrio inestable, o sea la formación de cementita. Esto se obtiene fundiendo en crisoles metálicos. El temple de una fundición no consiste en la producción de martensita.

#### Diversos métodos de temple.

Los principales métodos de temple, son:

*Temple ordinario.*—Consiste en sumergir la pieza que se trata de templar, en el baño empleado y retirarla cuando esté completamente fría.

*Temple con volumen limitado de líquido.*—Hemos hablado de él en anteriores párrafos y su sólo enunciado lo describe.

*Temple con chorro de agua.*—Consiste, generalmente, en proyectar un chorro de agua sobre la pieza que se trate de templar o parte de ella.

*Temple interrumpido.*—Es muy difícil de regular y consiste en enfriar muy rápidamente la pieza calentada hasta unos 400°, dejándola enfriar después lentamente.

*Temple a dos baños.*—Se temple primero el metal en un baño activo y se sumerge en seguida en otro baño que obre más suavemente.

*Doble temple.*—Consiste en templar, primero, a la temperatura ordinaria de temple, y después, volver a darle otro temple a menor temperatura que la del punto de transformación. Viene a ser un temple seguido de un revenido preciso.

*Temple al aire.*—Es, como su nombre lo indica, un calentamiento del metal, que después se deja enfriar al aire. Se emplea en los aceros rápidos y para mejorar aceros dulces y semi-duros.

*Temple al enfriamiento.*—Ya lo hemos descrito anteriormente; consiste en calentar muy por encima del punto de transformación y se le deja enfriar hasta la temperatura conveniente de temple a la que se le da éste, por el procedimiento más conveniente. En la práctica da muy buenos resultados este procedimiento en los aceros hipereutécticos.

#### Accidentes del temple.

Son varios los accidentes que pueden ocurrir durante el temple de los aceros. Los describiremos sucintamente.

*Decarburación.*—La atmósfera de un horno, generalmente es oxidante; es claro que puede hacerse reductora regulando las entradas de aire con relación al combustible; pero esto no es lo general, así es, que se hace preciso poner las piezas que traten de templarse, al abrigo de la oxidación, que si se presenta, tiene los inconvenientes del deterioro superficial que sufre la pieza, que no siempre desaparece completamente con la limpieza que sigue a esta operación, y que suele hacerse algunas veces con el chorro de arena a presión.

Además de una decarburación más o menos profunda que puede llegar a suprimir el efecto que quiere obtenerse con el temple, la capa de óxido impide también que el baño de temple obre como se precisa.

Para evitar esta oxidación se recubren las piezas con sustancias protectoras como cal, magnesia, cenizas, polvo de carbón, etc. Se emplean mejor hornos especiales, que aseguren una atmósfera reductora: baños salinos, plomo fundido, etc. En el caso del plomo fundido es preciso cubrir las piezas que se tratan de templar con una sustancia que las proteja contra el óxido de plomo, que puede ser pintándolas con aceite de lino, polvo de carbón, etc.

*Deformaciones.*—Seguramente este es el accidente más grave que puede presentarse durante la operación del temple de los aceros; tienen por causa las deformaciones, las diferencias de rapidez de enfriamiento entre las distintas partes de las piezas que se trabajan, haciendo estas diferencias que las dilataciones y contracciones que los cambios de temperatura llevan consigo no se verifiquen en forma regular, alterando sensiblemente la forma de los objetos que se templan.

Existen varias reglas para evitar estas deformaciones, entre las cuales diremos como más importantes:

- 1.<sup>a</sup> No templar ninguna pieza sin que previamente se haya recocido.



Puede hacerse el recocido inmediatamente antes del temple, o después del forjado, terminándolas una vez recocidas y antes de templarlas.

El recocido tiene por objeto destruir la gran acritud creada por el forjado, causa importantísima de las deformaciones que estudiamos.

2.<sup>a</sup> Templar las piezas según su eje principal de simetría. Únicamente los objetos pequeños pueden arrojarse en el baño de temple; un eje debe templarse verticalmente, un engranaje se templará según su plano.

Las piezas huecas de pequeño diámetro no pueden templarse según su eje, por la proyección de líquido a que da lugar el vapor formado; no obstante, si se quieren templar de esta forma, deben taparse las dos extremidades.

Las piezas de formas irregulares se procurará que entren en el baño, primeramente las partes más gruesas; deben también, en el caso de temerse mucho las deformaciones, sujetarse las piezas por medio de aros, barras, etc.

3.<sup>a</sup> Una pieza que deba dársele un temple parcial, será preciso, para evitar las deformaciones, sumergirla de manera que temple bien por debajo de la parte calentada.

*Grietas interiores.*—Las tensiones internas que se producen en el temple dan lugar, especialmente en ciertos aceros duros y aceros especiales, a que se produzcan grietas en el interior de su masa. Estas grietas se agrandan durante el enfriamiento y, en muchos casos, ocasionan la rotura de la pieza, incluso con proyección violenta de los pedazos.

Esta rotura tiene lugar, generalmente, en el momento de enfriamiento; pero también puede producirse mucho tiempo después, debido a que las variaciones continuas de temperatura ambiente ejercen su influencia sobre las grietas ya formadas en el momento del temple, agrandándolas hasta ocurrir el accidente.

Esto explica algunas roturas que se producen en los almacenes de proyectiles, roturas que se presentan generalmente, por la ojiva.

Puede reducirse el número de este género de accidentes disminuyendo la velocidad de enfriamiento por cualquiera de los procedimientos conocidos, cubriendo el baño de temple, por una capa de aceite (2 a 3 centímetros), o bien utilizando volúmenes limitados de líquido de manera que sufra un ligero revenido, o retirando la pieza del baño antes de que se enfríe completamente.

#### Recocido.

El objeto del recocido es restituir a un metal su estado estable a la

temperatura ordinaria, y consiste en calentarlo a una temperatura superior a un punto de transformación determinado y dejarlo enfriar después lentamente para que todas las transformaciones que deban tener lugar durante el enfriamiento puedan efectuarse.

En los aceros, el recocido puede tener por objeto: 1.º, hacer desaparecer el efecto del temple; 2.º, suprimir el estado de acritud creado por trabajos mecánicos; 3.º, regenerar un metal sobrecalentado; y, por último, 4.º, darle una homogeneidad apropiada para determinados usos o trabajos.

*Recocido de los aceros templados.*—El recocido en los aceros templados tiene por objeto el destruir por completo el efecto del temple, es decir, restituir al acero la estructura estable en frío. Consistirá pues, en hacer atravesar al metal la zona de temperaturas de transformación a una velocidad conveniente para que las transformaciones tengan lugar.

No es preciso que la temperatura de recocido sea muy superior a la del punto de transformación más elevado; en cada caso, la más conveniente estará indicada por la clase de producto de que se trate y resultado que queramos obtener.

Como las propiedades mecánicas dependen en gran parte del tamaño del grano, a continuación resumimos las leyes que rigen sus dimensiones, leyes anunciadas por Brinell, Sauveur, Howe, Stead, etc., como resultado de una serie de trabajos por ellos realizados.

1.º Si un acero se calienta a una temperatura superior al punto de transformación más elevado, el grano toma una dimensión determinada, característica de cada temperatura, y, cuyo tamaño crece proporcionalmente a ella.

2.º La dimensión del grano, en un acero calentado por encima del punto de transformación más elevado, es tanto mayor, para cada temperatura, cuanto mayor es la proporción de carbono que contenga.

3.º Para que el grano tenga a cada temperatura la dimensión característica, es preciso que permanezca a dicha temperatura un cierto tiempo para dar lugar a la transformación; llegando, en estas condiciones, a obtenerse la dimensión característica, aun cuando, por tratamientos anteriores, el grano del acero fuera inferior al correspondiente a dicha temperatura.

4.º Si un acero tiene el grano de la dimensión característica para cierta temperatura superior al punto de transformación, esa dimensión no varía para enfriamientos del acero; y si se quisiera hacer variar el tamaño del grano, sería preciso enfriarlo hasta temperaturas inferiores al punto de transformación y después calentarlo a la temperatura superior a dicho punto, que corresponda al tamaño deseado.

5.º El tamaño del grano no varía si el acero se calienta a una temperatura inferior al punto de transformación.

Como consecuencia de todas estas leyes se puede decir:

Que un metal después de recocido posee un grano tanto más grueso cuanto mayor ha sido la temperatura a que sido calentado. No se puede disminuir el grano de este metal sino por medio de un nuevo recocido a la temperatura conveniente. Es decir, un acero a 1.000º tiene un grano de tamaño X; si se enfría a 900º el grano es el mismo; ahora bien, si se enfría a una temperatura inferior a  $A_3$ , por ejemplo, 300º y luego se calienta a 900º, se obtiene un tamaño de grano  $x < X$ .

El recocido hecho sobre un acero templado destruye *completamente* el efecto del temple; disminuye, por tanto, la carga de rotura y aumenta el alargamiento.

Para recocer un metal templado basta calentarlo hasta la temperatura del temple y después enfriarlo lentamente.

*Recocido sobre un metal agrio.*—Se hace en la misma forma que sobre los aceros templados, teniendo en cuenta que los efectos logrados por el recocido son variables con la temperatura a que se ha llevado el metal, y que sabemos produce un descenso de la carga de rotura y de la fragilidad una elevación del alargamiento y de la estricción.

Es preciso tener en cuenta que un caldeo prolongado a elevada temperatura es causa de fragilidad. Según Heyn, la fragilidad puede aparecer en los aceros muy dulces a temperaturas relativamente moderadas si el caldeo es suficientemente largo.

La acción del recocido empieza a temperaturas muy bajas, desde unos 400º aproximadamente; por encima de 1.000º se corre el riesgo de obtener un metal sobrecalentado. Un recocido mal conducido lleva el metal a un estado defectuoso, poco apropiado para el uso a que se le destina; se debe, pues, en cada caso, seguir con minuciosidad todas las reglas que estén indicadas para el acero de que se trate.

Como reglas generales se pueden dar las siguientes:

1.ª Que la temperatura de la pieza sea la misma en sus distintos puntos.

2.ª Que se tomen las precauciones debidas para que el caldeo no altere el acero de que se trate.

*Revenido*—El revenido consiste en calentar un metal templado a temperatura inferior a la del punto de transformación y dejarlo enfriar con objeto de disminuir las tensiones internas originadas por el temple.

La velocidad de enfriamiento durante el revenido parece que no tiene influencia sensible sobre la dureza, como ocurre en el recocido y temple; en cada caso, sin embargo, conviene tenerlo en cuenta, pues parece

influir sobre la fragilidad. El doctor Brearley ha publicado un estudio sobre esta cuestión, del que pueden sacarse las conclusiones siguientes:

1.<sup>a</sup> En el acero cromo-níquel revenido presenta un estado de fragilidad peligroso que no se manifiesta más que por el ensayo sobre barras entalladas. Este defecto puede evitarse observando las reglas siguientes:

a) Revenido por encima de 550°, aún mejor, por encima de 600°.

b) No enfriarlo lentamente.

2.<sup>a</sup> Si la fragilidad se presenta, se puede suprimir por un nuevo revenido seguido de un enfriamiento rápido.

Según Grenet, la resiliencia no varía, sensiblemente, cuando la velocidad de enfriamiento está comprendida entre 200° al segundo, a 200° al minuto; disminuye cuando esta velocidad pasa de 200° al minuto, a 25° a la hora.

Los efectos del revenido dependen de la temperatura y de la duración del caldeo a esta temperatura.

Se sabe que el temple de los aceros consiste en conservarlos a temperatura ordinaria la estructura que tienen a temperaturas más elevadas; pero como esta estructura es inestable a la temperatura ambiente, resultan de ahí las tensiones internas que tienden a restablecer el estado estable.

Si nosotros calentamos el acero a 400°, por ejemplo (suponiendo, claro está, que previamente se ha templado de modo más enérgico), daremos, por este solo hecho, una mayor movilidad a la masa del metal para desarrollar la transformación; cuanto más tiempo se mantenga el metal a dicha temperatura, más completamente se habrá verificado la transformación que corresponda, y cuanto mayor sea ésta (siempre inferior a la del punto de transformación), más grande habrá sido la transformación.

Para cada temperatura de revenido existe un cierto tiempo, al cabo del cual, el revenido es completo. Este tiempo es tanto mayor cuanto más baja es la temperatura.

Existe una zona de temperaturas para el revenido que para los aceros puede considerarse desde 350° a la del punto de transformación.

### **Regeneración de un acero sobrecalentado.**

Cuando un metal se calienta muy por encima del punto de transformación más elevado a temperatura próxima a la zona de segregación, según las leyes de Brinell, Sauveur, Howe, etc., el grano se hace muy grande y el metal se vuelve frágil, entonces se dice que está sobrecalentado.

Si el metal se ha calentado a temperatura próxima al punto de fu-

sión, hay entonces desprendimiento de gases y separación de los elementos cristalinos, diciéndose que el metal se ha quemado.

En el primer caso es posible la regeneración completa; en el segundo se pueden mejorar algo las condiciones, por tratamientos térmicos, pero su regeneración no es completa sino por fusión.

La regeneración de un acero sobrecalentado se hace por medio de un recocido, que, por esta razón, se llama de regeneración, a unos 50° por encima del punto  $A_3$  seguido de un enfriamiento rápido si se trata de acero dulce o extra dulce, y a velocidad media, si se trata de acero con tanto por 100 de carbono superior.

Grard aconseja que siempre que se pueda, la regeneración de un acero sobrecalentado se haga por un temple a 25° por encima del punto  $A_3$ , seguido de un recocido a 50° por encima del mismo punto de transformación.

En el caso de metal quemado se pueden mejorar sus propiedades por medio del tratamiento siguiente:

Calentando el metal a una temperatura lo más elevada posible; pero siempre por debajo de la que comience la fusión, sometiéndole después a un recocido normal. Un forjado será conveniente siempre que se pueda efectuar.

Este modo de regeneración se emplea en el caso de que los desprendimientos gaseosos produciendo la separación de los granos, no haya producido también oxidación; pues de haber ocurrido esto, no hay remedio posible.

## APENDICE I

### **Nociones sobre la constitución general de los metales. Aspecto de las superficies metálicas.**

#### **Paso del estado líquido al estado sólido.**

Se sabe que el estado líquido y el estado sólido de un cuerpo difieren únicamente en el grado de viscosidad en que se encuentran. En la materia, cualquiera que sea su estado, los elementos ejercen acción mutua moviéndose para colocarse según la forma más capaz de asegurar la estabilidad.

Las resistencias pasivas debidas a la viscosidad dificultan estos movimientos, que se hacen menos sensibles aun cuando continúen por difusión.

Según investigaciones de Cartaud y Osmond hechas con diversas sustancias, se admite la constitución de los metales en forma parecida a la de los seres vivos. Es la teoría celular, no claramente explicada aún, pero que no por eso deja de ser interesante.

Estas células tienen formas muy variadas, aun sobre la misma muestra: exagonales en ciertas partes, pentagonales, cuadrangulares y aun triangulares, en otras. Frecuentemente se ve a las células organizarse en forma de cristales, tanto más numerosos y desarrollados, cuanto que el metal se ha enfriado más lentamente.

Observando Weyher las partículas en suspensión en un líquido, pudo describir las trayectorias que siguen en su movimiento, trayectorias que tienen la forma de espiras unidas, formando un torbellino una especie de estralla alrededor de un centro (fig. 7); el encuentro de estos torbellinos divide el líquido en una serie de prismas exagonales, cuyos ejes son los de los torbellinos.

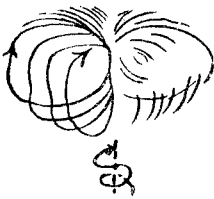


Fig. 7.

En dos fases divide Benard el estado variable de la red de torbellinos: una, que es el periodo celular, en el que las células son casi iguales, de formas poligonales convexas, casi regulares, y otra, que se refiere a la formación de poliedros de seis caras, dividiéndose la hoja líquida en forma parecida a la de un medio cristalizado.

Se puede notar, además, que las partículas sólidas en suspensión en el líquido en movimiento se acumulan en el centro de cada célula en forma análoga a los núcleos de las células vivientes.

No se ha podido precisar aún la relación existente entre la constitución celular y la cristalina, pues si a primera vista parece que los cristales son agrupaciones de células orientadas según el sistema de cristalización a que pertenezca el cuerpo considerado, un examen más detenido hace ver que la red cristalina corta frecuentemente las células de manera que una misma célula pertenece a dos cristales distintos.

La estructura celular parece ser la estructura normal de los cuerpos amorfos.

En los cuerpos cristalizados, la estructura celular se combina con la cristalina y aun puede superponerse.

Mr. Cartaud llama *metaloblastas* a las células primitivas, *cristaloblastas* a los núcleos interiores de las células; los cristaloblastas son gérmenes cristalinos. La cristalización, según Schroen, es precedida de un estado precristalino, durante el cual las formas minerales se aproximan a las formas organizadas y presentan células, núcleos, etc.

Todos los cuerpos tienden a la cristalización cuando las resistencias pasivas no lo impiden. Los cristales adoptan, generalmente, la forma de poliedros, las esferas son raras y únicamente se encuentran allí donde la materia de una especie no cristalizada se encuentra aislada y no se puede reunir a otras de la misma especie.

Las partículas de un cuerpo, al solidificarse, se orientan según ejes que forman los esqueletos de cristalización sobre los cuales se agrupa la materia formando los cristales.

A medida que aumenta la viscosidad los cristales se individualizan, limitándose en formas poliédricas, cristales líquidos aún, cuyo interior parece estriado y en que la dirección de las estrías es paralela a un eje de cristalización, después el equilibrio viene estableciéndose poco a poco hasta formar un cristal de caras limpias, a la temperatura de solidificación.

Los cristales tienden a aumentar a costa de la materia que les rodea; los cristales pequeños desaparecen para incrementar los mayores, esto hace que la cristalización no se desarrolle por igual en todas direcciones; los cristales que se encuentran se incrustan sin cambiar su dirección, la parte común pertenece al cristal que entra. En una cristalización rápida las regiones próximas a las aristas y vértices de los cristales crecen más deprisa que el centro, formándose los esqueletos arborescentes (fotografías 15 y 16).

La solubilidad varía según las direcciones cristalinas; si el cristal se limita por caras planas de direcciones determinadas, estas variaciones de solubilidad son pequeñas.

Las leyes cristalográficas definen las formas cristalinas primitivas y derivadas, las truncaduras y los maclas.

Sustancias cristalinas son las que cristalizan fácilmente, siendo condición general para el desarrollo de los cristales la lentitud de su formación. Un cristal que se rompe repara fácilmente la rotura si las condiciones del medio lo permiten.

Según Rosenhain y D. Ewen, los cristales constitutivos de un metal están ligados entre sí por una capa extremadamente fina de una sustancia amorfa o no cristalina, químicamente idéntica al metal o aleación en cuestión, pero encontrándose en un estado físico muy diferente.

En el caso de un metal puro, esta capa es el metal mismo, y en el caso de una aleación, es un resto de la sustancia madre en que están formados los cristales existentes.

Si se hace sufrir una deformación a una muestra pulimentada, se ve aparecer unas líneas paralelas y equidistantes dentro de cada grano, pero que su dirección cambia de un grano a otro; estas líneas se conocen con

el nombre «Slipbands». La rotura de los cristales se hace siempre por superficies planas llamadas *planos de exfoliación*, siendo esta propiedad muy característica de la materia cristalina.

*Caso de una sola fase.*—En el caso de metales puros o soluciones sólidas, la solidificación se hace, como hemos dicho, desarrollándose los cristales según la dirección de los ejes del poliedro que constituya el sistema. Cada edificio cristalítico se limita por el encuentro con los edificios próximos, formándose así un grano o cristal alotrimórfico, que, en general, no será de ejes iguales por desarrollarse en forma irregular.

El número de granos depende del número de centros de cristalización espontánea, que aumenta con la velocidad de solidificación, correspondiendo, por tanto, una estructura de grano fino a una gran velocidad de enfriamiento.

Por consiguiente, después de la solidificación, el metal o aleación de que se trate estará formado por granos sin forma exterior geométrica definida, pero en los que dentro de cada uno es constante la orientación cristalina. La fotografía 1 muestra la forma de los granos de ferrita en un acero dulce.

La acritud deforma y destruye la red cristalina, pudiendo llegar, según el grado de acritud, a desaparecer todo vestigio de su organización. El recocido puede regenerarlo, efectuándose una recrystalización que empieza para temperaturas de recocido tanto más bajas cuanto mayor sea la acritud de la aleación; en ciertos metales la recrystalización puede tener lugar a temperatura ordinaria (recocido espontáneo).

Charpy, Sauveur, Rosenhain, Portevin, Timofeef y otros han estudiado los efectos de recrystalización sobre metales agrios tratando de deducir relaciones entre las temperaturas, tamaño de los granos y trabajo que haya producido la acritud.

Una transformación polimórfica en los metales puros o compuestos definidos podría hacer variar únicamente el tamaño y forma de los granos, no acusándose dicha transformación por ninguna otra diferencia estructural.

*Caso de dos fases.*—Estas pueden proceder directamente del estado líquido o por descomposiciones del estado sólido. La forma y repartición de los granos será distinta, según que el origen de las dos fases sea uno u otro. En el primer caso, la solidificación se efectúa como dijimos (cap. I); los elementos del metal en exceso se aíslan formando dentritas que se entrelazan y limitan mutuamente, pudiéndose formar cristales; después, a temperatura constante, se solidifica el resto de la masa líquida, depositándose la eutéctica o el sólido, ya formado, reacciona sobre el líquido, teniendo lugar la formación de los dos constituyentes.



Cuando se forma la eutéctica, el aspecto general de las superficies metálicas es el de las fotografías 4 y 16; los granos de primera solidificación, y entre sus puntos la eutéctica, que puede tener distintas formas, laminar o granular (fotografías 14, 16 y 22). De la relación entre el elemento proeutéctico y la eutéctica se puede deducir la composición química de la aleación (cap. II).

Si la solidificación terminase por reacción del sólido formado en primera solidificación sobre el líquido existente, el aspecto sería el de dos constituyentes distintos, las dos fases si la reacción citada se acabase; pero, por lo general, dicha reacción se realiza de un modo incompleto por falta de tiempo para terminarse durante el período de solidificación, entonces se obtiene una aleación de tres constituyentes: las dos fases y el compuesto que no acabó su reacción; esta tercera fase está en equilibrio inestable.

El tamaño de los granos sigue la regla general, pudiendo obtenerse en muchos casos y por enfriamientos suficientemente lentos cristales susceptibles de verse a simple vista.

Los elementos de la eutéctica son en algunos casos de una finura tal, que para distinguirlos se hace preciso emplear los mayores aumentos.

Si las dos fases proceden de descomposición de una fase en estado sólido, puede suceder que esta descomposición tenga lugar sobre una línea oblicua del diagrama, haciéndolo, por tanto, progresivamente, o que la formación de las dos fases tenga lugar a temperatura constante con la formación de una eutectoide.

En el primer caso se presenta la estructura corriente en los productos siderúrgicos fundidos y forjados (fotografías 2, 3 y 4).

Y cuando la cristalización secundaria se produce bruscamente, los elementos estructurales se alojan paralelamente a las superficies que limitan la cristalización primaria en el interior de cada grano; esta estructura se llama de Widmanstaetten.

La velocidad de enfriamiento influye, como siempre, en el tamaño de los granos, pudiendo obtenerse lo que N. T. Belaiew denomina estructura de grandes cristales que se encuentra habitualmente en los cristales aislados o en las aleaciones hipereutectoides, caracterizándose por la coincidencia de los ejes de las dendritas y los depósitos de ferrita y cementita.

Cuando hay formación de una eutectoide, esta es tanto más fina cuanto mayor es la viscosidad del medio en que se forma y, por consiguiente, cuanto más baja sea la temperatura de formación. Puede obtenerse la eutectoide en forma laminar, granular y en red, o varias de ellas en la misma muestra.

Una vez que la aleación considerada llega a un estado de equilibrio físico-químico a una temperatura dada, pueden, sin embargo, existir cambios en la constitución aumentando el tamaño de los granos, redondeando las juntas, etc., es decir: que la aleación marcha hacia el equilibrio estructural. Los elementos que forman las fases tienden a aislarse por recocidos grandes; la autectoide perlita de los aceros cambia de laminar en granular y, por fin, para recocidos suficientemente largos, se aislarían los elementos ferrita y cementita que la constituyen.

Esto indica que, además de la presión y temperatura, intervienen en las condiciones de equilibrio otros factores que provocan estos fenómenos llamados de *coalescencia*, que son generales en las aleaciones, pudiendo definirse como la acción de las fuerzas moleculares que, en un sistema sólido heterogéneo, tienden a establecer el equilibrio estructural.

La coalescencia se facilita por la elevación de la temperatura. El aumento en el tamaño de los granos grandes, se hace a costa de la desaparición de los pequeños; la variación por esta causa es tanto más importante cuanto mayor sea la permanencia de la aleación a elevada temperatura. Estas variaciones de estructura llevan consigo variación en las propiedades mecánicas: en los aceros la coalescencia reduce la resistencia a la rotura, el límite elástico, la dureza y la *resiliencia*, y aumenta el alargamiento y la estricción (1).

Según Hanemann y Marawe la coalescencia existe para recocidos un poco lentos; así, por ejemplo: puede obtenerse la perlita granular en un acero cuando, al enfriamiento se pasa el punto  $A_3$  a velocidad menor de dos minutos por grado, pudiendo restaurarse la estructura laminar calentándole a  $800^\circ$  y dejándole enfriar normalmente.

Dijimos que el diagrama de equilibrio de una aleación representaba en cada punto las características físico químicas y estructurales que lo determinaba; y dijimos también, que para que las transformaciones a cada temperatura fueran completas era preciso que el tiempo que la aleación permaneciese a cada temperatura fuera el suficiente para la homogeneización total de la mezcla.

En la práctica, estas condiciones se cumplen muy raramente dando lugar a lo que se llama equilibrios inestables o metastables de las aleaciones, estados a las que corresponden constituyentes de estructura dis-

(1) Esto parece en contradicción con los resultados obtenidos por el estudio de los efectos de los tratamientos térmicos en aceros al Cr-Ni, por la Comisión francesa de «Standardization» que aconseja, para obtener una buena resiliencia, un tratamiento de estabilización, consistente en llevar el metal a elevada temperatura seguida de un enfriamiento muy lento, se explica esto por la disminución de las tensiones residuales de anteriores trabajos (Gorard. *L'Acier* 1919).

tintos de los indicados en los diagramas para las temperaturas de que se trata.

Las causas internas que se oponen al establecimiento del equilibrio (resistencias pasivas), pueden ser: sobresaturación o sobrefusión, es decir, el metal pasa por las temperaturas «liquidus o solidus» sin variar de estado; reacciones químicas entre los constituyentes; cambios discontinuos de concentración debidas a lagunas de solubilidad; variaciones de constitución debidas a modificaciones polimórficas, etc.; todos estos fenómenos exigen un determinado tiempo para realizarse, y, por tanto, pueden no acabarse dando lugar a los equilibrios inestables. En caso de sobrefusión, al solidificarse la mezcla a temperatura inferior a la correspondiente hay una elevación de temperatura diciéndose entonces que hay *recalescencia*.

Si esta recalescencia empieza a temperatura poco diferente de la del punto de fusión, el desprendimiento de calor correspondiente es suficiente para volver la masa a la temperatura de dicho punto como ocurre en la aleación Sb — Cd que si al enfriamiento no se agita la masa, siendo 455° la temperatura de solidificación de la eutéctica, llega en estado líquido a la temperatura de 408°, observándose, al seguir el enfriamiento, una elevación de temperatura que puede ser hasta de 50° descomponiéndose el compuesto inestable primeramente formado  $Sb_2 Cd_3$  en sus dos cristales mixtos y en el compuesto estable Sb Cd.

En los aceros la recalescencia tiene lugar alrededor de los 700° y según Guillet corresponde a la temperatura de separación del carburo ( $Fe_3 C$ ) disuelto en el hierro  $\gamma$ .

Un sistema en equilibrio inestable tiene tendencia a pasar al estado estable, y la velocidad con que esta transformación se verifica, es tanto más grande cuanto mayor es la temperatura del sistema y mayor la separación entre esta temperatura y la correspondiente al estado de equilibrio.

En el caso de que el sistema se encuentre a temperatura superior a la de equilibrio, las dos condiciones se suman, lo que indica que a temperatura elevada los sistemas inestables se transforman rápidamente en estables.

Cuando la temperatura es inferior a la correspondiente al estado estable, restándose las dos condiciones, puede llegarse a estados en los cuales la transformación no se efectúe, quedando, el sistema en equilibrio inestable; es esto el fundamento de los tratamientos térmicos que permiten así obtener, en los metales, propiedades que no tendrían, de haber alcanzado la aleación su equilibrio estable y que pueden convenirnos para los fines de la práctica (temple en los aceros).

Si el paso por la temperatura de equilibrio hecho rápidamente fué

causado por enfriamiento brusco desde una temperatura poco superior a la de transformación de la aleación, esta se encontrará formada de cristales pequeñísimos, lo que favorece la vuelta al estado de equilibrio estable al elevar luego la temperatura, obteniéndose estructura mejor que cuando el enfriamiento se hace lentamente desde elevada temperatura (temple y recocido).

Existe pues, prácticamente, una temperatura a la cual el revenido empieza y es aquella a la que se inicia la transformación hacia el estado estable, y su conocimiento exacto depende de la sensibilidad de los aparatos empleados para determinarla; el efecto del revenido será tanto más completo cuanto más se aproxime la temperatura suya a la de transformación.

Respecto a la relación de lo dicho con la estructura de las aleaciones, fácilmente se ve que los constituyentes que las forman, siendo distintos para cada punto del diagrama, podemos clasificarlos en: Constituyentes estables a altas temperaturas, a bajas temperaturas y de transición; todos ellos forman una serie escalonada en la que resulta difícil marcar la división exacta entre unos y otros, apareciendo, en general, mezclados los que corresponden a temperaturas próximas; pues, como decimos, las transformaciones, para ser completas, exigen un cierto tiempo que la práctica no les deja.

En el caso de soluciones sólidas, su aspecto es el de los metales puros, por ser los componentes isomorfos; los cristales tendrán la composición química resultante. Esto es en el caso de completa homogeneización de la masa, que, por lo dicho anteriormente, no ocurre más que cuando las temperaturas de solidificación de los componentes son muy próximas. Casi siempre, como ya dijimos, los cristales tendrán una concentración variable del centro a la superficie. Pueden también obtenerse, además de esta heterogeneidad química, constituyentes fuera de equilibrio.

Todas estas diferencias que se presentan en una aleación de dos metales, pueden estudiarse sobre una misma muestra, como lo ha hecho M. H. Le Chatelier por superposición de los dos metales fundidos; se obtienen así, en una zona más o menos estrecha, todas las combinaciones posibles a que dicha aleación puede dar lugar.

El procedimiento operatorio es el siguiente: Se funde metal más denso en un crisol teniendo cuidado de recubrirlo con un fundente, cloruros alcalinos o borax; se eleva la temperatura hasta el punto de fusión del menos fusible de los dos metales, se introduce entonces, en el crisol, un fragmento frío del metal más ligero, que se recubre con una capa sólida del fundente, en seguida este se funde y los dos metales se ponen en contacto y se superponen, ya fundidos, sin agitación alguna; se deja en-

friar y después se sierra la aleación por el eje, se pulimenta y examina con el microscopio.

## APENDICE II

### Práctica de la metalografía microscópica.

El ensayo micrográfico de los metales se hace viendo con el microscopio una muestra del metal iluminada por reflexión. De dos partes consta este ensayo: preparación de la muestra y examen.

#### Preparación.

Si mirásemos con un microscopio una superficie de un metal, sin preparación alguna, veríamos una serie de sombras, manchas, rayas, etc., que no nos darían idea alguna respecto de sus cualidades; se hace pues, preciso, obtener una superficie completamente plana, y que esté desprovista de toda huella que pueda falsear la apreciación de su estructura.

La preparación comprende las partes siguientes:

- 1.<sup>a</sup> Obtención de la muestra.
- 2.<sup>a</sup> Pulimento.
- 3.<sup>a</sup> Ataque.

*Obtención de la muestra.*—En primer término, es preciso elegir el sitio más conveniente para extraer la muestra de la pieza que se trata de examinar; estas muestras deben ser de dimensiones reducidas, con objeto de facilitar después el pulido; las superficies grandes se bombean fácilmente durante esta operación; hasta unos 6 cm<sup>2</sup> el pulimentado se hace con relativa facilidad; entre 1 y 6 cm<sup>2</sup> se procura a que esté comprendida la de la muestra, siempre que sea posible.

Respecto al sitio de obtención, depende, como es lógico, de la clase de pieza y de los informes que se pidan: Una barra, por ejemplo, se determinará su constitución media, sacando tres muestras, de los extremos y el medio.

Si se trata de una pieza rota en servicio, se procederá a obtener muestras de las inmediaciones de la fractura y de un sitio lejos de ella para ver la diferencia. Si lo que se nos pide es ver la fractura misma, se recubrirá ésta de un metal más blando, pulimentando después el total, con lo que se observará la fractura intacta (Rosenhain empleó el cobre electrolítico).

Este mismo procedimiento de «inclusiones» se utilizará cuando se trate de examinar, hilos o polvos de metales.

La muestra se corta, generalmente, con la sierra, también se emplea una muela fina de carborundum cuando el metal es muy duro; pero es preciso tener mucho cuidado en la operación para no romper la muela, que salta a la menor desviación que sufra. Si el producto es muy frágil, se rompe con un martillo, cogiendo después un trozo que tenga una cara casi plana para prepararla.

Es buena práctica matar con un bisel las aristas de la superficie que se vaya a examinar, para no romper en el pulido los paños que se enganchan en las aristas con mucha facilidad.

Una de las caras del trozo elegido se aplanan con la lima o con una muela de carborundum. Estas muelas se montan sobre un eje y giran con velocidades de unas 1.600 vueltas por minuto; sobre ellas se aplica la muestra hasta obtener una superficie perfectamente plana, procediéndose después al

*Pulimentado.*—Esta fase comprende las operaciones de debastado y afinado.

La primera se hace primeramente sobre papel de esmeril un poco grueso, que se aplica sobre una superficie plana; una placa de vidrio es buena; después, en la misma forma, se pasa a papeles de esmeril más finos, teniendo cuidado de que al pasar de un papel al siguiente la muestra no presente rayas más que en un sentido, rayándola entonces en sentido perpendicular a él; se sigue así hasta el papel de 0000, pasándose entonces al

*Afinado.*—O sea supresión absoluta de rayas, que siempre se ha tenido por la operación más delicada de cuantas se practican en metalografía por medio de máquinas especiales, que consisten, en general, en unos discos bien alisados, que pueden hacerse de latón o un metal cualquiera y de madera dura y pulida; sobre estos discos se coloca una tela de lana o vicuña, sin nudos, algo espesa y cuidando que no contenga ninguna materia extraña.

Este disco va montado sobre un eje que gira muy rápidamente (más de 1.000 vueltas por minuto) movido por un pedal, o más comúnmente, por un motorcito eléctrico.

El paño empleado debe lavarse cuidadosamente antes de ser utilizado para que no contenga polvos de ninguna clase, que luego pueden rayar el metal.

La preparación se aplica suavemente sobre la tela, haciendo girar el disco; un pulverizador, actuado por una bomba de pedal, riega continuamente el paño con una mezcla de agua y un abrasivo cualquiera, que

puede ser arcilla fina, rojo de Inglaterra, alúmina (1) o sencillamente agua.

Es necesario notar que el paño debe estar siempre húmedo, porque, de lo contrario, el frotamiento con la muestra haría elevar la temperatura de la superficie pulida hasta un punto que pudiera hacer variar su constitución, dando informes equivocados.

Otra precaución consiste en no llevar demasiado lejos el pulido, porque entonces los polvos del abrasivo empleado atacan las partes más blandas, obteniéndose un pulimento en bajo relieve que puede engañarnos al examinarlo después con el microscopio.

### Ataque de la muestra.

Una vez perfectamente pulida la muestra, debe observarse con el microscopio, que nos determinará alguno de los elementos que componen la aleación: escorias, burbujas, etc.

Hecho esto, se procede al ataque con un reactivo cualquiera. La elección del reactivo se hará por consideraciones de orden químico y según el constituyente que tratemos de observar. Es necesario, por tanto, en muchos casos, atacar una muestra con varios reactivos sucesivamente para poder precisar su constitución.

El modo de hacer el ataque es el siguiente: Después de pulida la muestra se lava con alcohol, frotándose con una gamuza fina para no producir rayas, o sencillamente dejándolo evaporar cuando el metal sea muy blando. El reactivo se coloca en una capsulita, en la que se sumerge la probeta durante el tiempo necesario, después se enjuaga al chorro de la fuente para quitar bien el reactivo, que de otro modo proseguiría su ataque, falseando la observación. Es preciso fijarse bien en el tiempo que debe durar el ataque para no pasarse, con lo cual no se obtienen resultados acordes, ni tampoco que el tiempo no haya sido suficiente, porque entonces no habrán hecho su aparición todos los constituyentes. Es esta operación una similar a la del revelado de un cliché fotográfico, en el

(1) La alúmina es hoy en día, la sustancia más empleada para pulimentos metalográficos; se obtiene del alumbre omoniacal moliéndola en un molino de bolas para reducirla a polvo finísimo; después se purifica por medio de reactivos químicos, y se lava en agua destilada.

A este tratamiento, que dura varios días, sigue el de clasificación, que suele hacerse mezclándola con agua, dejándola decantar un tiempo variable con la clase que se quiera obtener.

Puede prepararse también por amalgama del aluminio. Se emplan hojas finas o hilos de este metal que bastidos fuertemente con mercurio y expuestos después a la acción del aire, producen muy rápidamente la alúmina.

que la práctica solamente puede dar idea exacta sobre la manera de llevarlo a cabo.

*Corrosión electrolítica.*—En vez de un reactivo químico puede emplearse el ataque por electrólisis. El electrolito es una solución de una sal neutra, la preparación sirve de ánodo y una hoja de platino forma el cátodo; la corriente no debe pasar de 1 amperio.

*Ataque por pulido.*—Osmond ha empleado este procedimiento, que no se ha generalizado, y que consiste en mezclar al abrasivo empleado una sustancia que ataque al metal. Entre los reactivos que se emplean pueden citarse el nitrato de amonio al 2 por 100 y el extracto de regaliz.

*Ataque en bajo relieve.*—Ya lo citamos al hablar del pulido; lo empleó también Osmond, llevando el pulido en ciertas condiciones con un abrasivo muy fino hasta que el desgaste de los elementos más blandos ponga de relieve los más duros. El  $\text{SO}_4 \text{C}$  a puede emplearse como abrasivo para este uso y también el  $\text{S O}_4 \text{B a}$ .

*Coloración por el calor.*—Este procedimiento utilizado por Martens no puede llamarse propiamente ataque por corrosión, sino únicamente un medio de determinar la estructura de los metales. Se funda en la facilidad de oxidación de los diversos constituyentes de una aleación o en la diferencia de rapidez de oxidación de constituyentes próximos con orientaciones cristalinas diferentes.

Stead aconseja poner la muestra en un baño de estaño a 300 grados y dejarla allí hasta que la superficie tome un tinte moreno rojizo. Un acero fosforoso tratado de esta manera mostrará un color azul tanto más intenso cuanto la proporción de fósforo sea mayor. El ensayo debe ser precedido de un lavado en una solución alcohólica débil (1 por 100) de ácido pícrico. Otras coloraciones se obtienen cuando la muestra se calienta en una atmósfera de hidrógeno sulfurado o de bromo. El ataque con nitrógeno a elevadas temperaturas es muy conveniente para la investigación de la estructura en ellas.

Según Heyn y Bauer, el orden de los colores que se presentan en un hierro calentado es el siguiente: Negro, gris, blanco azulado, verdoso, amarillento, amarillo, castaño, anaranjado, rojo, violeta, etc. (orden del espectro).

### Reactivos.

Daremos nota de los reactivos más empleados para las aleaciones de hierro y carbono.

«Cloruro de cobre amoniacal». Introducido por Heyn para el cobre y sus aleaciones y luego para los aceros.



Se disuelven 5 gramos de cloruro cúprico en 100 centímetros cúbicos de agua, se le agrega amoníaco hasta la disolución del precipitado que se forma.

«Cloruro cupro-amónico». Disuelto en agua al 10 por 100, conviene para el hierro forjado y acero dulce; se sumerge la muestra durante un minuto, lavándose con agua después para quitar el cobre depositado. El efecto de corrosión es grande, ennegreciéndose más las partes ricas en fósforo.

«Cloruro de cobre». Diez gramos de cloruro de cobre, 40 de cloruro de magnesio y 20 centímetros cúbicos de ácido clorhídrico; se mezclan con un mínimo de agua, completándose el total hasta un litro con alcohol (Stead); el cobre se deposita con preferencia sobre las partes pobres en fósforo. Se aplica gota a gota, lavando con agua hirviendo.

«Acido clorhídrico». Empleado generalmente en solución diluída (1 a 5 por 100) en alcohol etílico para las aleaciones hierro-carbono; puede acelerarse su acción agregándole una pequeña cantidad de ácido pícrico alcohólico al 5 por 100.

«Iodo». En forma de tintura ordinaria se emplea colocando unas gotas sobre la probeta hasta que pierda el color oscuro característico.

«Acido nítrico». Sin duda el más empleado hasta la adopción del ácido pícrico fué primeramente usado por Sorby, aun ahora está muy en boga; se utiliza disuelto en agua o mejor en alcohol etílico al 4 por 100; debe lavarse muy cuidadosamente la muestra después del ataque. Se emplea más generalmente para los aceros especiales y aceros templados.

Si se reemplaza el alcohol etílico por el isoamílico, el reactivo es más lento y delicado.

«Acido pícrico». Como hemos dicho, es el más usado, empleándose en solución diluída al 5 por 100 en alcohol etílico o amílico si se quiere que su acción sea más suave. Este reactivo conviene para todas las aleaciones de hierro-carbono en sus diversos estados físicos (temple, recocado, etc.) Ataca muy rápidamente los aceros muy carburados y muy lentamente al hierro puro, empleándose en este caso más concentrado; se usa a saturación para la martensita y austenita.

«Reactivo de Rosenhain y Haughton». Su composición es: 30 gramos  $\text{FeCl}_3$ , 100  $\text{cm}^3$   $\text{HCl}$ , 10 gramos  $\text{CuCl}_2$ , 0,5 gramos  $\text{SnCl}_2$  y 100  $\text{cm}^3$  de agua; muy útil para ver la distribución del fósforo, por atacar más las partes de la aleación pobres de este elemento.

«Reactivo Benedicks». Es una solución al 4 por 100 de ácido meta-nitrobenzo-sulfónico en alcohol etílico. Su empleo principal es para determinar la austenita mezclada con la martensita, pues tiñe de oscuro esta última, quedando brillante aquélla. Se puede emplear también en

todos los casos en sustitución del ácido pícrico al 5 por 100 en alcohol etílico.

«Reactivo Kourbatoff». Se prepara, por una parte, una solución de ácido nítrico al 4 por 100 en anhídrido acético, y por otra, una mezcla en partes iguales de los tres alcoholes: metílico, etílico y amílico. Cuando vaya a usarse se mezcla una parte de la primera solución con tres partes de la segunda.

Este reactivo colorea de negro la troostita, la sorbita, y por último, la perlita; sirve fundamentalmente para distinguir la primera. El ataque dura unos quince minutos.

Acido crómico y ácido sulfúrico. Se utiliza mezclando 2 gramos de ácido crómico con 25 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico a 66 grados Baumé, calentándolo para recocer ciertos carburos complejos de los aceros especiales de alta proporción de elementos extraños (acero al cromo, tungsteno, níquel, etc.)

«Picrato sódico». Se prepara una solución de 2 gramos de ácido pícrico, 25 de sosa a 36 grados Baumé y 100 de agua destilada. Se disuelve el ácido pícrico en el agua caliente, se le hace hervir y se le agrega poco a poco la lejía de sosa. Su empleo principal es para determinar la cementita, haciéndose el ataque en caliente. En diez minutos tiñe de oscuro la cementita sin atacar ningún otro constituyente. También puede prepararse este reactivo mezclando 10 por 100 de picrato sódico, 20 por 100 de sosa cáustica con agua.

«Oxidación por la sosa y el agua oxigenada». Se hace hervir sosa concentrada y se le agrega unas gotas de agua oxigenada, sumergiéndose la muestra en la solución hecha. Los granos del metal toman colores variables con su orientación. Se utiliza para los aceros austeníticos. En vez de sosa puede ponerse amoníaco.

Además de los citados, existe un gran número de reactivos, cada uno recomendado por su autor para objetos y metales especiales. Creemos haber descrito los más interesantes de los que se emplean para las aleaciones de hierro-carbono, pasando ahora a la última parte del ensayo micrográfico, o sea al

Examen de la muestra y fotografía. Se emplean microscopios contruidos al efecto, de los que existen diversos modelos en el mercado, cada uno recomendado como el más perfecto por la casa constructora. Nosotros nos limitaremos a exponer ligeramente las condiciones principales que deben cumplir esta clase de aparatos.

Aparte de la claridad de los objetivos y oculares, se debe tener un juego de ellos que permita observar y fotografiar las muestras desde muy pocos aumentos (8 ó 9), hasta 2.000 ó 2.500 con abjetivos de inmersión.

El empleo de luz polarizada debe poder emplearse y también las iluminaciones oblicuas.

Las platinas para sostener las probetas permitirán fijar un punto de éstas y también que las muestras sean de algún peso (1).

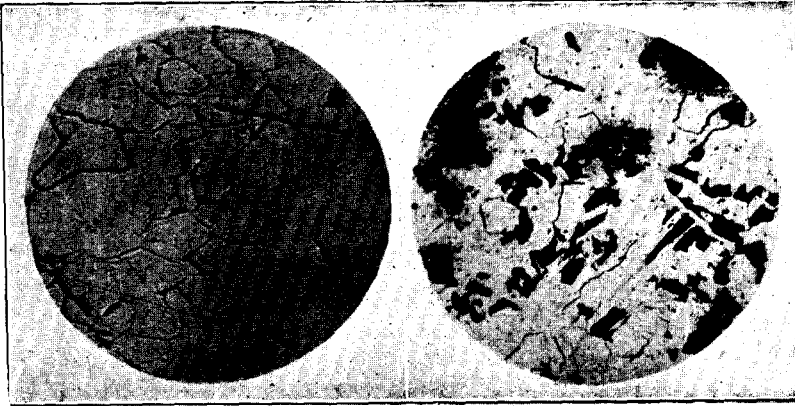
La fotografía en colores empleada primeramente por Goerens parece ha de dar buenos resultados cuando las placas adquieran mayor grado de perfección. No obstante, Goerens primero y Revillón y Beauverie después, han obtenido pruebas interesantes por este medio. Nosotros hemos hecho algunas, y desde luego podemos asegurar que existe cierta ventaja para la determinación de constituyentes atacados con reactivos coloreantes, aunque, claro está, que nunca puede sustituir este medio a la observación directa.

El manantial de luz puede ser cualquiera para la observación directa, pero para la fotografía se requiere mayor potencia luminica, empleándose la lámpara de arco o la Nernst si no se quieren hacer fotografías con exposiciones muy prolongadas. El tiempo de exposición varía con los aumentos, y la rapidez de la placa elegida, así como con el poder absorbente de los filtros empleados.

El revelado debe ser algo lento y los clichés se revelarán bien a fondo.

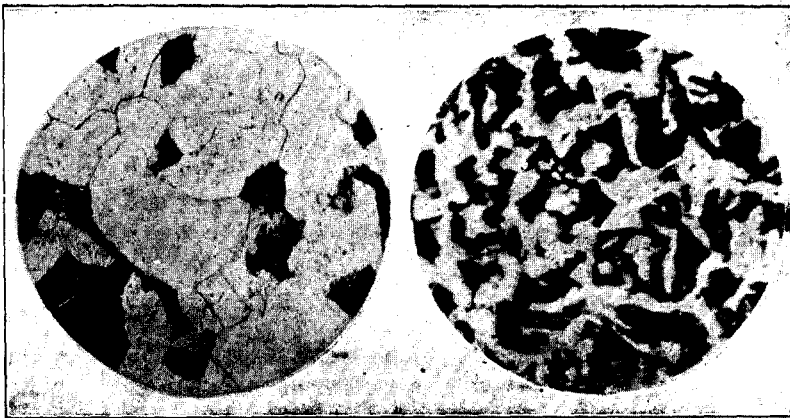
(1) Existen equipos transportables para el examen de las piezas en servicio.





Fot. 1.—Acero extradulce. Hierro  $\alpha$  (ferrita). Ataque, ácido pícrico.  
D = 150.

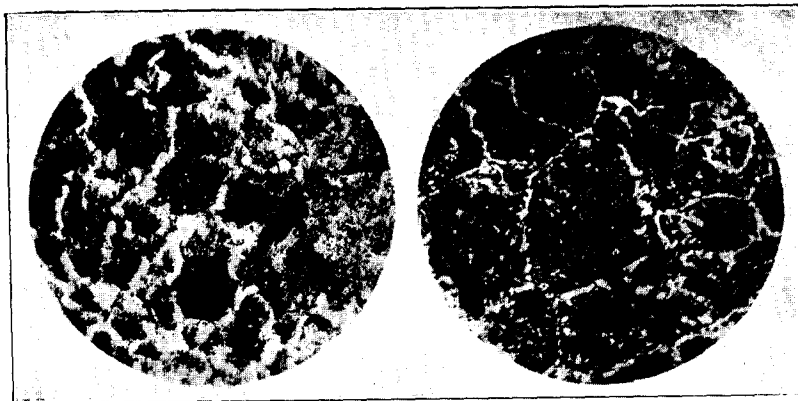
Fot. 2.—Ferrita y Perlita.  
C = 0,25 por 100. D = 100.



Fot. 3.—Ferrita (partes claras) y perlita. C = 0,39 por 100. Ataque, ácido pícrico. D = 350.

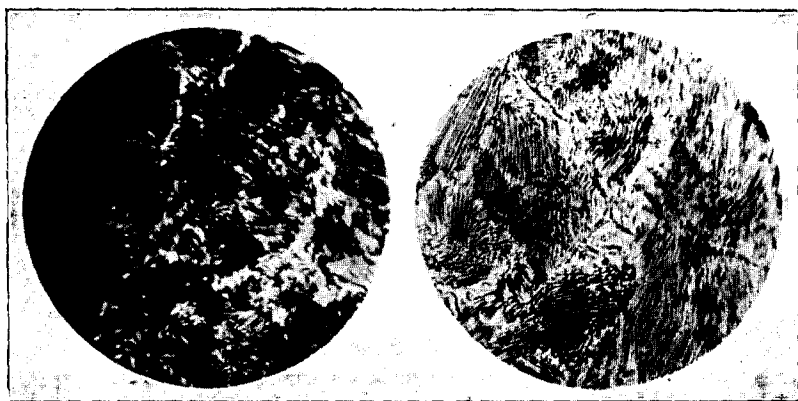
Fot. 4.—C = 0,41 por 100. Ferrita y perlita. D = 250.





Fot. 5.—Acero de 0,65 por 100 C.  
Ferrita y perlita (partes oscuras).  
D = 200.

Fot. 6.—C = 0,69 por 100. Ferrita  
y perlita. D = 350.

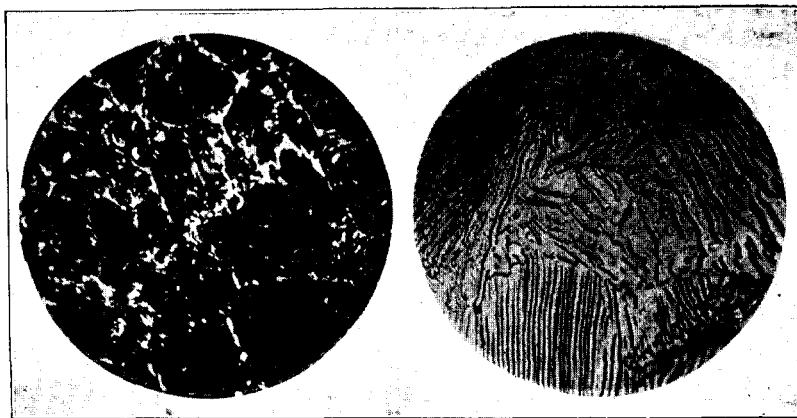


Fot. 7.—C = 0,78. Ferrita y perlita.  
D = 250. Acido nítrico.

Fot. 8.—C = 0,88 por 100. Muy  
poca ferrita y perlita. D = 350.







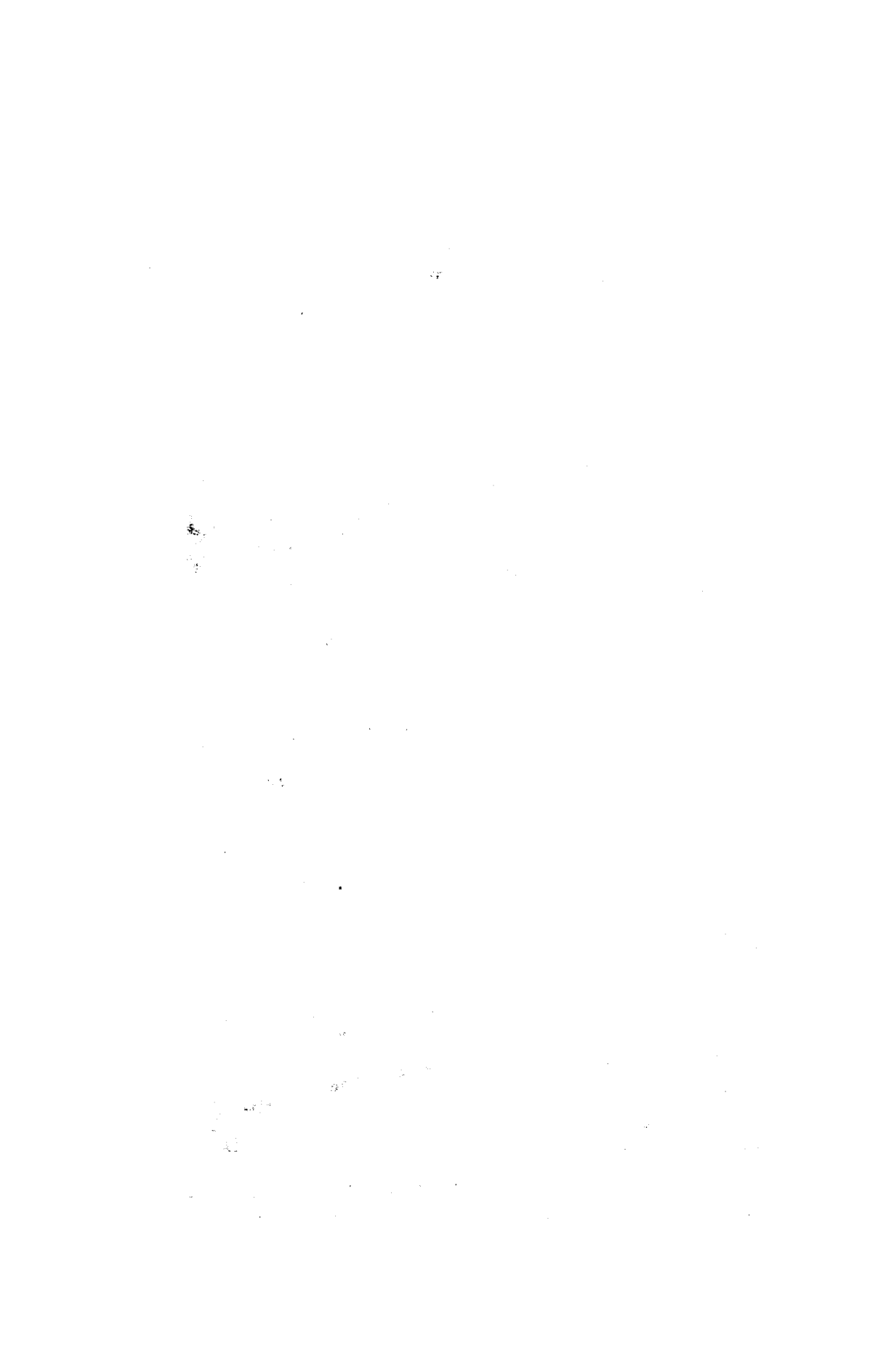
Fot. 9.—1,22 por 100.—Cementita (partes claras) y perlita.  $D = 350$ . Acido pícrico.

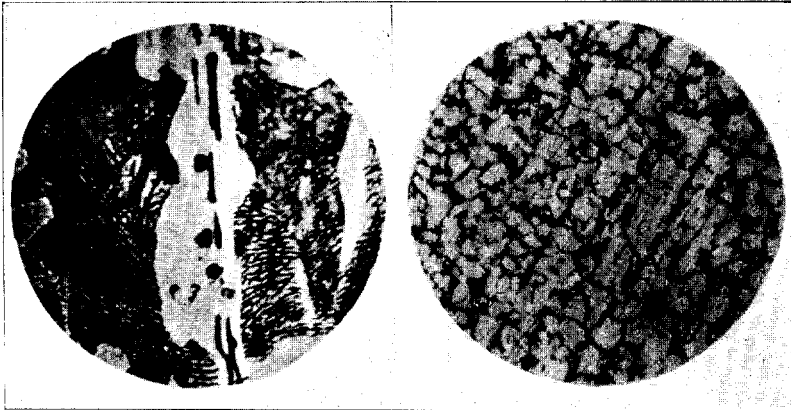
Fot. 10.— $D = 1.000$ . Acero entectoide calentado a 90 por 100 y enfriado lentamente. Perlita.



Fot. 11.—Grafito (negro), cementita y perlita.  $D = 150$ . Acido pícrico.

Fot. 12.—Grafito (negro), ferrita y perlita.  $D = 200$ .





Fot. 13.—Cementita (blanco). Eutética ( $\beta$ ) y perlita.  $D = 300$ .

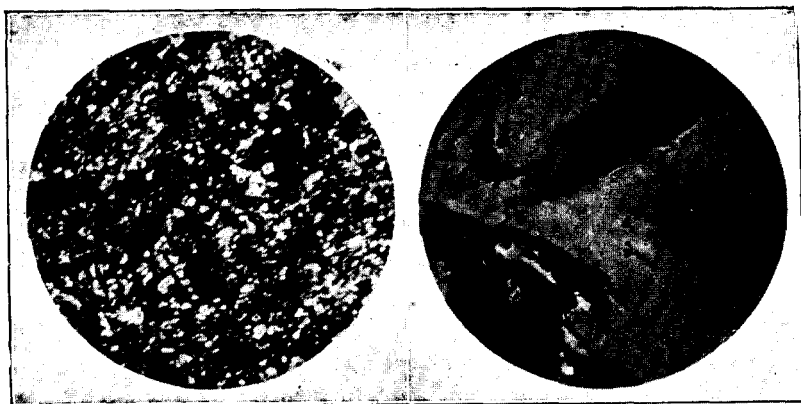
Fot. 14.—Ferrita, perlita y escoria. Palastro laminado.  $D = 300$ .



Fot. 15.— $D = 100$ . Latón al hierro,  $\alpha$  (dendritas)  $Cu = 72,05$ ,  $Zn = 19,96$ ,  $F = 5,87$ .

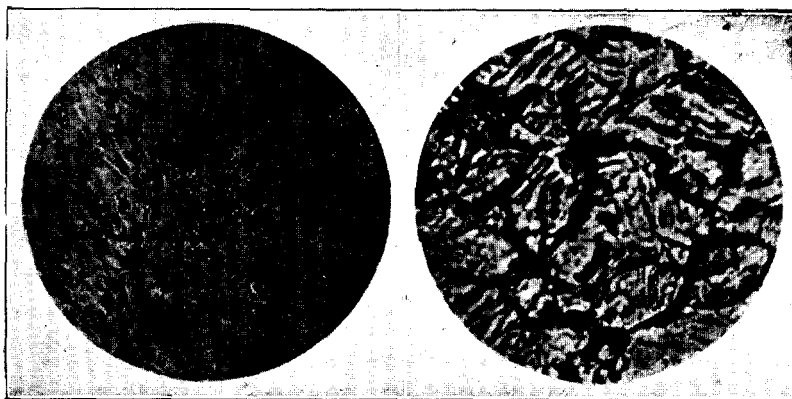
Fot. 16.—Aleación de  $Cu$  y  $Ph$ .  $Ph$   $Cu^3$  y eutética de  $Cu + Cu^3 Ph$ .





Fot. 17.—Acido pícrico. Sorbita.  
Acero Cr—Tu y carburo.

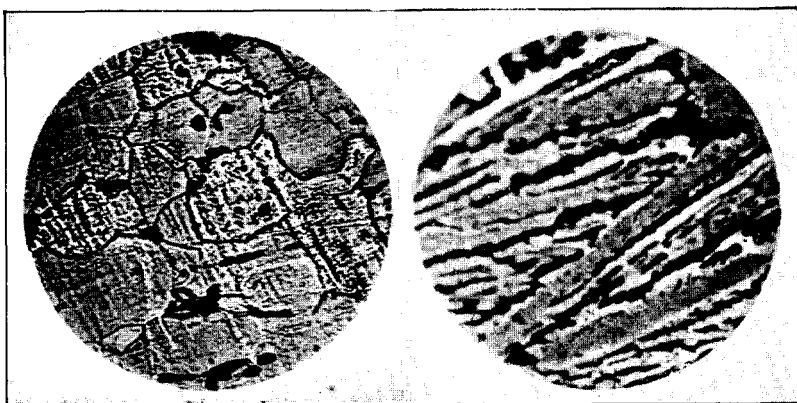
Fot. 18.—Grafito y ferrita. Fundición muy mala.  $D = 100$ .



Fot. 19.—Acero al Ni.  $C = 0,12$  por 100.  $Ni = 2$  por 100.  $Cr = 0,7$ .

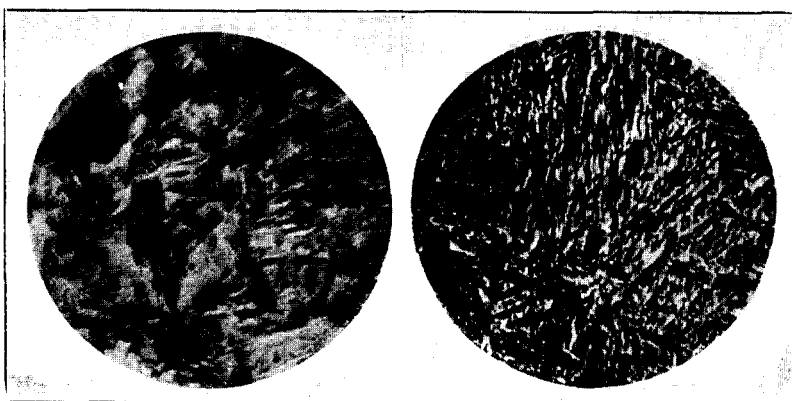
Fot. 20.—Acero sobrecalentado.  
 $C = 0,12$  por 100,  $Ni = 2$  por 100,  
 $D = 400$ .





Fot. 21.—Ferrita, picaduras de reactivo. Ataque prolongado con ácido nítrico al 4 por 100.  $D = 350$ .

Fot. 22.— Eutéctica (ledeburita). C = 4,38 por 100, Si = 0,570 por 100, Mn = 3,916 por 100, Si = 0,008 por 100, Ph = 0,107 por 100. Ataque, ácido nítrico.  $D = 350$ .

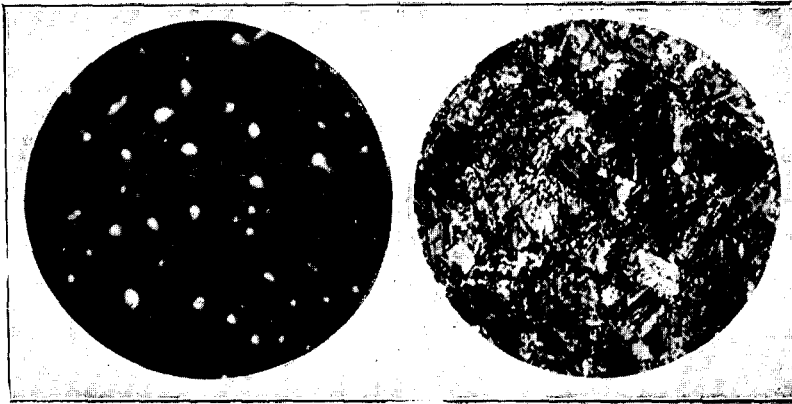


Fot. 23.—Acero austenítico recocido. Ni = 24,6 por 100.  $D_2^* = 500$ . Ataque, ácido nítrico.

Fot. 24.—Martensita en un acero duro templado. Ataque, ácido nítrico.  $D = 1.000$ .

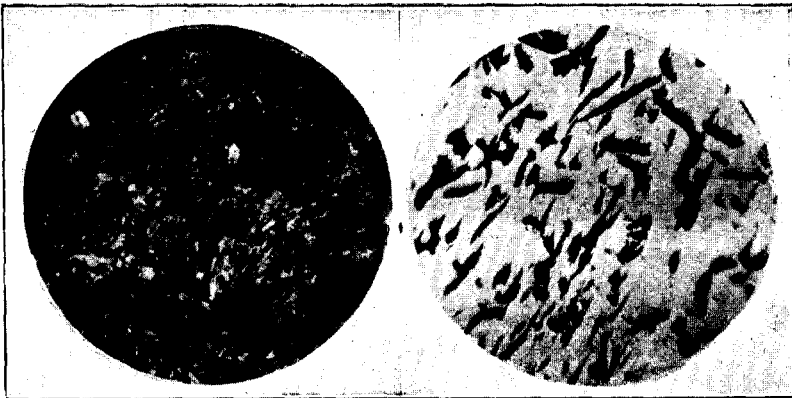






Fot. 25.—Acero Cr — Tu. Troostita y carburos.  $D = 1.500$ .

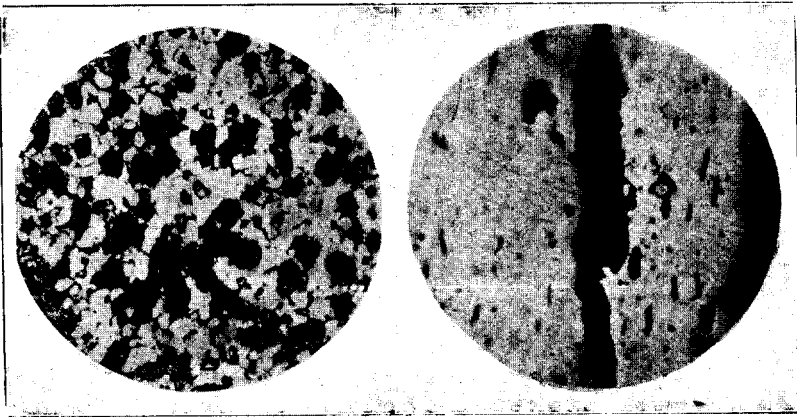
Fot. 26.—Acero Ni — Cr, templado a  $900^{\circ}$  en agua fría.  $D = 500$ . Ni = 2,2 por 100, Cr = 0,7 por 100, C = 0,21 por 100.



Fot. 27.— $D = 500$ . Sorbita en un acero al Ni, templado y revenido.

Fot. 28.—Sin ataque. Grafito en una fundición gris.  $D = 100$ .





Fot. 29.—Fundición maleable. Grafito en grumos y ferrita.  $D = 100$ . Ataque, ácido pícrico.

Fot. 30.— $D = 150$ . Sin ataque. Escorias en un palastro de mala calidad.



1. The first part of the document is a letter from the author to the editor, dated 10/10/1998.

2. The second part is a letter from the editor to the author, dated 11/10/1998.

3. The third part is a letter from the author to the editor, dated 12/10/1998.

4. The fourth part is a letter from the editor to the author, dated 13/10/1998.

5. The fifth part is a letter from the author to the editor, dated 14/10/1998.

6. The sixth part is a letter from the editor to the author, dated 15/10/1998.

7. The seventh part is a letter from the author to the editor, dated 16/10/1998.

8. The eighth part is a letter from the editor to the author, dated 17/10/1998.

9. The ninth part is a letter from the author to the editor, dated 18/10/1998.

10. The tenth part is a letter from the editor to the author, dated 19/10/1998.

11. The eleventh part is a letter from the author to the editor, dated 20/10/1998.

12. The twelfth part is a letter from the editor to the author, dated 21/10/1998.

13. The thirteenth part is a letter from the author to the editor, dated 22/10/1998.

14. The fourteenth part is a letter from the editor to the author, dated 23/10/1998.

15. The fifteenth part is a letter from the author to the editor, dated 24/10/1998.

16. The sixteenth part is a letter from the editor to the author, dated 25/10/1998.

17. The seventeenth part is a letter from the author to the editor, dated 26/10/1998.

18. The eighteenth part is a letter from the editor to the author, dated 27/10/1998.

19. The nineteenth part is a letter from the author to the editor, dated 28/10/1998.

20. The twentieth part is a letter from the editor to the author, dated 29/10/1998.

21. The twenty-first part is a letter from the author to the editor, dated 30/10/1998.

22. The twenty-second part is a letter from the editor to the author, dated 31/10/1998.

23. The twenty-third part is a letter from the author to the editor, dated 1/11/1998.

24. The twenty-fourth part is a letter from the editor to the author, dated 2/11/1998.

25. The twenty-fifth part is a letter from the author to the editor, dated 3/11/1998.

26. The twenty-sixth part is a letter from the editor to the author, dated 4/11/1998.

27. The twenty-seventh part is a letter from the author to the editor, dated 5/11/1998.

28. The twenty-eighth part is a letter from the editor to the author, dated 6/11/1998.

29. The twenty-ninth part is a letter from the author to the editor, dated 7/11/1998.

30. The thirtieth part is a letter from the editor to the author, dated 8/11/1998.

31. The thirty-first part is a letter from the author to the editor, dated 9/11/1998.

32. The thirty-second part is a letter from the editor to the author, dated 10/11/1998.

33. The thirty-third part is a letter from the author to the editor, dated 11/11/1998.

Noticia Histórica acerca de la Galería de Retratos de Ingenieros Ilustres.



**FRANCISCO BUERO**

-- COMANDANTE DE INGENIEROS --

---

## NOTICIA HISTÓRICA

ACERCA DE LA

**- GALERIA DE RETRATOS -**

---

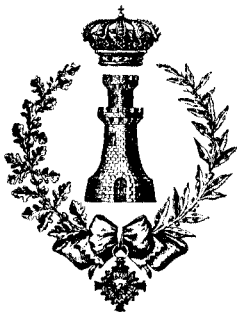
**DE INGENIEROS ILUSTRES**

---

QUE EXISTE EN LA

ACADEMIA DE INGENIEROS DEL EJERCITO

23 AGOSTO 1843. 30 MAYO 1844. 9 FEBRERO 1924.



---

IMPRESA DEL «MEMORIAL DE  
INGENIEROS» . - MADRID. 1928.

---







## A nuestros compañeros.

---

Los laureles ganados por los Ingenieros Militares, tanto en el ejercicio de la profesión como en los campos de batalla, han dado a nuestro Cuerpo una bien cimentada fama de la que podemos enorgullecernos. Y aunque ha sido siempre característica del Cuerpo, el darse a conocer por obras y hechos y no por palabras, juzgó nuestro eximio general Zarco del Valle, que la visión de los retratos de nuestros más ilustres Ingenieros, colocados en sitio preferente de nuestra Academia, serviría de noble emulación en los alumnos de la misma, para tratar de aproximarse por sus hechos a tan preclaros varones, continuando y afianzando de esta manera, de un modo progresivo, los timbres de gloria de nuestros Ingenieros Militares.

Con el fin indicado creó el general Zarco una Galería de Retratos, y la situó en los llamados antiguamente *Salón de exámenes generales* y *Comedor de gala*, y en época más reciente, *Salón de actos*.

Hace bastantes años que reunimos una porción de datos referentes a la citada Galería y a otros varios retratos que existían también en la Academia con el propósito de dar a conocer a nuestros compañeros el estado del Salón de Retratos, al mismo tiempo que el de recordar aunque sólo fuesen los nombres de tantos ilustres Ingenieros que nos habían precedido en el Cuerpo.

Por falta de tiempo y otras circunstancias no pudimos entonces llevar a cabo nuestro propósito; y como quiera que el incendio ocurrido en la Academia en la noche del 9 de fe-

brero de 1924, destruyó casi completamente la Galería de retratos, creemos oportuno dar ahora a la estampa tales datos (a pesar de lo incompletos que resultan, por la falta de fuentes informativas) con el fin de que se conserve la idea, tan digna de aplauso, de nuestro general Zarco.

El *Salón de Retratos* no desapareció con la Academia, pues aunque la mayoría de sus cuadros fueron pasto de las llamas, se conserva aún en pie, en toda su fuerza y vigor, la orden de nuestro antiguo Ingeniero general y el vehemente deseo de todo el Cuerpo de conservar y acrecentar en su esplendor la tradicional Galería.

Como diremos después, los retratos salvados de la catástrofe se encuentran instalados actualmente en la Clase de Dibujo, como lo estaban en los primeros años de existencia de la Galería. ¡Quiera Dios que en plazo breve veamos un nuevo Salón donde instalarlos, en el que perduren de un modo tangible la memoria de tantos y tantos, que al dar su vida por la Patria, supieron conquistar tan hermosos laureles para el Cuerpo!

---



## I. Creación de la Galería.

El Excmo. Sr. D. Luis María Balanzat, Ingeniero General, hizo donación al Cuerpo, en 13 de diciembre de 1842, de un retrato suyo (Documento anejo núm. 1) como muestra del amor que le había profesado en el discurso de su carrera, y tal donación, unida a la existencia en la Academia, por aquella época, de los retratos del Duque de Ahumada, del general Blake y de otros, sugirió sin duda a nuestro insigne Ingeniero General D. Antonio Remón Zarco del Valle, la idea de crear una galería de retratos en nuestra Academia, con el fin de promover en el Cuerpo, por todos los medios imaginables, *las ocasiones de conservar y dilatar su antiguo lustre, inspirando con la mágica fuerza del ejemplo, ideas de valor y honor, de saber, de gloria y noble emulación en la juventud marcial y estudiosa que acude a la Academia de Guadalajara.*

Tan loable idea fué realizada por el mismo general Zarco, quien el 23 de agosto de 1843 (Documento anejo núm. 2) ordenó la creación de la Galería que se inauguró el 30 DE MAYO DE 1844 en un solemnísimó acto presidido por dicho general y en el cual se *colocaron* los retratos de Balanzat, Pedro Navarro, Lucuce, Abarca de Bolea, Blake, Girón, Huet, Cabrer, Sociats, Bayo, Arco y Diruel.

## II. Secciones en que está dividida.—La Galería y condiciones para figurar en ella.

Según la orden de creación antes citada (Documento anejo núm. 2), la Galería debía estar dividida en las tres secciones siguientes:

«*Primera sección.*—Retratos de los Ingenieros que por haber mandado el Cuerpo, o por haber llegado a la clase de oficiales generales, o por señalados hechos, merezcan lugar tan esclarecido.

»*Segunda sección.*—Retratos de los Ingenieros que sin llegar a ser generales, lleven su nombre a tan alto puesto por sus virtudes científi-

cas o militares, que la conservación de su memoria interese a la gloria del Cuerpo.

»*Tercera sección.*—Retratos de todos los individuos del Cuerpo que lleguen a la elevada clase de generales, permaneciendo en él o habiendo salido para otros destinos antes o después de adquirir aquel grado.»

Esta clasificación casi nunca se ha tenido en cuenta, debido sin duda a su falta de claridad, pues no se aprecia bien la diferencia de condiciones entre los de la segunda sección y los de la primera que por *señalados hechos sean acreedores* a tal distinción. También habría duda para fijar la sección en que debería incluirse a un ingeniero que hubiese llegado a general sin haber ejercido el mando supremo del Cuerpo, pues con igual razón podría figurar en la primera sección que en la tercera.

El mismo general Zarco, en su orden de creación de la Galería, decía que en la segunda sección podía figurar el retrato *del hábil Lucuce*, y habiendo llegado éste a general, parecía más natural que hubiese indicado su inclusión en la primera sección o en la tercera, más bien que en la segunda.

El 24 de febrero de 1848 dirigió el general Zarco una circular a los Directores Subinspectores de Ingenieros (1), remitiéndoles una relación de los 35 retratos que figuraban entonces en el Salón y otras dos relaciones de los retratos «que importaría adquirir con la mira de proporcionar a todos los señores Gefes y Oficiales del Cuerpo, la satisfacción de ver sentadas así las bases de este monumento, que han de engrandecer con sus méritos y servicios». De las dos relaciones últimamente citadas, estaba integrada la primera por 17 Ingenieros generales (10 tenientes generales y 7 mariscales de campo) y por 31 generales (6 tenientes generales y 25 mariscales de campo) la segunda. En ambas relaciones figuraba el mariscal de campo D. Manuel Pueyo, lo que demuestra que Zarco admitía que un mismo Ingeniero, podía tener retrato en más de una sección.

Por las razones que anteceden, estimamos que debería modificarse ligeramente la constitución de las tres secciones que componen la Galería, organizándolas en la forma que se expresa a continuación. De este modo, sin variar en nada las ideas fundamentales del general Zarco, desaparecerían las dudas antes citadas, y quedarían así, mejor definidas, las referidas secciones.

*Primera sección.*—*Retratos de los jefes y oficiales de Ingenieros, que por señalados hechos o por sus virtudes científicas o militares interese a la gloria del Cuerpo la conservación de su memoria, colocando su retrato en lugar tan esclarecido.*

(1) MEMORIAL DE INGENIEROS 1848, página 3 de la Parte Oficial.

La apreciación de los méritos necesarios para figurar en esta primera sección, debe estar a cargo del general-jefe de la Sección de Ingenieros, asesorado por la Junta Facultativa o por otra en su defecto, a fin de no dejar al criterio de una sola persona asunto que atañe al Cuerpo, como decía muy acertadamente, en 1906, el entonces coronel-director D. Francisco Arias.

Segunda sección.—*Retratos de los generales (procedentes o no del Cuerpo) que hayan ejercido el mando supremo del mismo.*

Aunque en la orden de creación sólo se menciona a los Ingenieros, creemos que deben incluirse en esta segunda sección a todos los que hayan mandado el Cuerpo, cualquiera que sea su procedencia, fundándonos en que varios de éstos que no pertenecieron al Cuerpo, figuraban en la Galería desde la creación de ésta, lo que prueba, de un modo elocuente, que el general Zarco los consideraba implícitamente incluidos en la sección correspondiente.

Tercera sección.—*Retratos de todos los Ingenieros que lleguen a la categoría de general, bien prestando sus servicios en el Cuerpo o en otros destinos, pero sin haber ejercido el mando supremo del Cuerpo.*

Tanto los comprendidos en esta sección como los de la segunda, no necesitan, por consiguiente, tener méritos especiales, como se deduce de la orden de creación y confirmó el mismo Zarco en una comunicación de diciembre de 1856.

### III. Dimensiones, clase y forma de los retratos.

Según la orden de Zarco del Valle (Documento núm. 2), los retratos debían reunir las condiciones siguientes:

1.<sup>a</sup> *Ser todos ellos de igual forma y dimensiones.*—Esta condición no la cumplían la mayoría de los retratos, pues sus dimensiones variaban entre grandes límites, como ahora veremos, y además había uno ovalado (1), otro con marco rectangular exteriormente y ovalado interiormente (2) y los restantes rectangulares.

2.<sup>a</sup> *Todos debían estar pintados al óleo.*—De los 104 retratos que componían la galería, solo 87 estaban pintados al óleo, uno era fotografía (3) y los 16 restantes, ampliaciones fotográficas (4).

(1) El de Zapatero.

(2) El de Navarro Herrera.

(3) El de Rodríguez de Quijano y Arroquia.

(4) Los de Echagüe, Valdés, Vázquez Landa, Padrós, Aparici, López Pérez, Castellví, Loizu, Gallo, Requena, Hernández, Gautier y Jiménez Millas.

3.<sup>a</sup> *El lienzo debía tener dos pies y medio (1) de alto por dos pies (2) de ancho.*—Como indicábamos antes, tales dimensiones eran muy variables (3) en los retratos al óleo. Entre los fotográficos había dos (4) tan grandes como los mayores al óleo, dos (5) de un tamaño intermedio, 11 (6) de 0,63 a 0,65 metros de alto por 0,49 a 0,51 de ancho y uno, finalmente (7), cuya fotografía mide solamente 0,24 por 0,32 metros, siendo sus dimensiones totales 0,58 por 0,73 metros.

Al implantarse el sistema métrico decimal en nuestra nación, hubo necesidad de fijar las dimensiones del lienzo en las nuevas unidades, y al hacerlo se modificaron tales dimensiones, asignándoseles 0,73 por 0,58 metros (8) en vez de 0,697 por 0,557 a que correspondían realmente las indicadas por Zarco. Esta pequeña variación en las dimensiones obedeció probablemente al deseo de adaptarlas en lo posible al tamaño corriente de los retratos que existían por aquella época en el Salón.

4.<sup>a</sup> *En el lienzo solo debía figurar el busto de la persona retratada con el uniforme de su época y las condecoraciones que tuviera.*—Había bastantes retratos al óleo y cuatro fotográficos (9), en los que la figura era casi de cuerpo entero y uno (10) fotográfico también que era de cuerpo entero. Este último pasaba desapercibido, pues además de ser muy pequeño como dijimos antes, estaba colocado en el último salón, dando frente al cuadro de las corbatas, y junto al techo precisamente.

5.<sup>a</sup> *De los dos pies y medio de altura del lienzo, debían dejarse 5 pulgadas (11) para una faja inferior, en la que constase el nombre y apellidos y principales circunstancias del retratado.*—De los 104 retratos, sólo había 77 que tuviesen la faja citada, y en ella se solían anotar los lugares y fechas de nacimiento y muerte, títulos, etc., siendo pocos, realmente, los retratos que contenían todos estos datos. De los 27 retratos restantes había dos al óleo (12) que tenían los datos citados, en una de las esquinas

(1) 0,697 metros.

(2) 0,557 metros.

(3) Desde 0,80 por 0,65 metros hasta 1,50 por 1,20 como dimensiones totales.

(4) Los de Valdés y Vázquez Landa.

(5) Los de Echagüe y Gautier.

(6) Tres antiguos (Aparici, Requena y Cazorra) y ocho modernos (Padrós, López Pérez, Castellví, Loizu, Gallo, Jiménez Millas, Figueroa y Otero-Cossío).

(7) El de Rodríguez de Quijano.

(8) Así consta en varias comunicaciones que figuran en el expediente general del Salón, y las cuales se remitían a los interesados al pedirles sus retratos. Una de las citadas comunicaciones tiene fecha de 26 de abril de 1863.

(9) Los de Valdés, Vázquez Landa, Echagüe y Gautier.

(10) El de Rodríguez de Quijano.

(11) 0,116 metros.

(12) El de Trillo, a la izquierda, Peralta, a la derecha.

superiores del lienzo (1), otros dos que lo tenían en una tablita sobrepuesta al marco (2), otro que sólo tenía un papelito (con el apellido) pegado en el reverso del marco (3) y otro fotográfico que tenía en la parte inferior un autógrafo firmado por el interesado (4).

Los restantes retratos, 8 al óleo (5) y 12 fotográficos (6), no tenían indicación alguna que permitiera saber quiénes eran los representados (7). Se pensaba obviar el inconveniente, poniéndoles una tablita sobre el marco, en la misma forma que el retrato del general Brull.

La altura de la faja también se modificó al implantarse el sistema métrico decimal, según consta en los documentos antes citados, pues en vez de los 0,116 metros que le correspondían se le asignaron 0,10, sin duda con la idea de que fuese un número más sencillo.

6.<sup>a</sup> *Los marcos debían ser dorados y de la misma figura.*—Pocas excepciones había en esto: uno (8) con el marco de caoba y otro (9) con el marco de ébano. Los restantes eran todos dorados, pero muy distintos por la forma de la moldura.

7.<sup>a</sup> *El marco debía tener de grueso tres pulgadas* (10).—Esta dimensión se varió también al variar las restantes, pues se fijó en 0,07 metros, siendo innecesario decir que había varios retratos que tampoco cumplían esta condición.

*Resumen.*—Como se ha visto, siempre existió una anarquía completa en cuanto a las dimensiones, forma y demás características de los retratos; anarquía lógica, si se tiene en cuenta que la mayoría de ellos no fueron hechos expresamente para esta Galería, sino que eran regalados por las familias de los interesados mucho después de haber sido pintados.

#### IV. Donativo Sojo.

El 14 de septiembre de 1908, el entonces capitán del Cuerpo, D. Fermín de Sojo y Lomba, dando una prueba elocuente de su gran despren-

- (1) El de Echevarría.
- (2) Los de Brull y Zapatero.
- (3) El de Fernández Salomón.
- (4) El de Rodríguez de Quijano.
- (5) Los de Bruna, Almirante, Varela y Limia, Climent, Monteverde, Aizpurua, Sanz y Rojas.
- (6) Los de Vázquez Landa, Aparici, Padrós, López Pérez, Castellví, Loizu, Gallo, Hernández, Jiménez Millas, Cazorla, Figueroa y Otero-Cossío.
- (7) El de Climent estaba tan sujeto a la pared que no pudo verse el reverso.
- (8) El de Hernández.
- (9) El de Herrera García.
- (10) 0,069 metros.

dimiento y de su amor al Cuerpo, regaló a la Academia 470 ejemplares del primer tomo de su excelente obra *Minas militares terrestres* con el fin de que se adquiriesen para la Galería, con el importe de la venta de los citados ejemplares, los retratos de varios jefes ilustres del Cuerpo, ya difuntos (Documento núm. 3).

El hermoso rasgo del capitán Sojo, digno continuador de la obra del general Zarco, fue aceptado por Real orden de 3 de abril de 1909 (D. O. núm. 76), habiendo dispuesto dicho oficial que se adquiriesen, por el orden que se mencionan, los retratos de los generales: Bruna, Almirante, Ibáñez, Verdú y Cerero, el del coronel Vázquez Landa, y el del general Castillo. Al ocurrir el incendio de la Academia, se habían adquirido ya seis de dichos retratos, faltando solamente el del coronel Vázquez Landa, probablemente por existir ya en la Galería una ampliación fotográfica de dicho jefe. En la actualidad sólo quedan 724 pesetas con 45 céntimos, del total del donativo (Documento núm. 4).

## V. Tramitación del expediente.

Antiguamente cuando había un Ingeniero general, éste o el coronel jefe de Estudios de la Academia (hoy Director) en nombre del primero y autorizado por el mismo, pedía el retrato al interesado o a la familia (Documento núm. 5). El retrato del general Zarco, por excepción, fué pedido al interesado siendo Ingeniero general, por la Junta de Profesores.

Entre las varias comunicaciones referentes a peticiones generales de retratos, se encuentra la de 24 de febrero de 1848 de que antes hablamos, y la de 30 de marzo de 1863, en la que el jefe de Estudios solicitaba autorización del Ingeniero general para pedir directamente sus retratos a los generales que hubiesen mandado el Cuerpo, a los Directores subinspectores de distrito y a los generales del Ejército que hubiesen sido oficiales del Cuerpo (Documento núm. 6), autorización que fué concedida en 10 de abril del mismo año (Documento núm. 7), pero sólo en lo referente a los que hubiesen mandado el Cuerpo, ignorándose la razón de haberse omitido a los restantes.

Una vez recibido el retrato, el Ingeniero general ordenaba la colocación del mismo e indicaba la fecha en que tendría lugar el acto solemne de dicha colocación.

Modernamente, ha sido la misma familia del retratado, sus testamentarios o sus compañeros los que han ofrecido el retrato para su colocación en la Galería, haciendo el ofrecimiento directamente al Ministro de



la Guerra (1), al general jefe de la Sección de Ingenieros (2), o al de la Sección de Instrucción (3). El ofrecimiento se ha hecho también, algunas veces, directamente a la Academia, y en tales casos el Director de la misma ha pedido la autorización correspondiente, a la citada Sección de Ingenieros (4) o a la de Instrucción (5).

Cuando era esta última la que recibía la petición, antes de conceder la autorización pedía informe a la Sección de Ingenieros y a la Junta Especial del Cuerpo, y sólo en una ocasión la concedió antes de recibir los expresados informes.

Actualmente, la referida autorización, suele concederla el general jefe de la Sección de Ingenieros, o de Real orden.

Como la Galería de retratos es una institución privada del Cuerpo que, aunque está instalada en la Academia, nada tiene que ver con la enseñanza, y es ajena, por lo tanto, a la Sección de Instrucción, estimamos que debe ser siempre el general jefe de la Sección de Ingenieros o el jefe superior del Cuerpo, quien debe conceder la autorización para colocar los retratos, y que a dicha Autoridad debe acudir, por consiguiente, en demanda de tal autorización el Director de la Academia cuando reciba algún retrato, o el ofrecimiento del mismo, pues la petición puede hacerse, naturalmente, antes o después de recibir el retrato.

## VI. Biografías y expedientes.

Una vez recibido el retrato y la autorización para colocarlo en el Salón, se procedía a la redacción de la biografía del retratado. Tal tarea era llevada a cabo primitivamente por el archivero de la Dirección general, utilizando para ello los datos existentes en dicho Centro, y se remitía después la biografía a la Academia para que pudiera leerse en el acto solemne de colocar el retrato.

Las citadas biografías eran de tamaño y forma uniforme, y la mayoría de ellas contenían un autógrafo del biografiado (Documento núm. 8). Con fecha 8 de noviembre de 1857 (Documento núm. 9) dispuso el general Zarco, que *se anotara al pie de cada biografía, los siguientes datos:*

- 1.º «La fecha del acto solemne en que se hubiese colocado el retrato».
- 2.º «El nombre de quien presidió el acto»; y
- 3.º «El nombre del alumno que lo hubiese colocado, y que la citada

(1) Retratos de Aizpurua, Ampudia y Monteverde.

(2) Retratos de Sanz y Soto, Castellví y Gallo.

(3) Retratos de Muñoz y Sierra.

(4) Retratos de Varela y Limia, Félix López, Padrós y Loizu.

(5) Retratos de Burriel, Rojo, Torner y Trillo.

anotación fuese firmada por el Gefe del Detall, con el V.º B.º del Gefe de Estudios» (1).

De las 23 biografías antiguas que se conservan (Documento núm. 8), sólo hay una (2) que tenga los datos 1.º y 3.º; las demás sólo tienen el 1.º, y aun hay algunas (3) que no contienen ninguno de dichos datos. Estos, además, no figuraban *al pie*, como dispuso Zarco, sino al principio.

Como la lectura de la biografía era acto obligado al colocar el retrato, al principio se tenían las de todos los retratados; pero, posteriormente, se extraviaron algunas por no tener un sitio fijo donde guardarlas, y ello dió origen a que el 23 de noviembre de 1857 (Documento núm. 10) dispusiera Zarco del Valle que se fueran rehaciendo las extraviadas y que se guardasen todas «en un armario proporcionado y expresamente dispuesto para este fin, que se colocaría y guardaría en la Oficina del Detall, ordenándolo de modo que fuera fácil su colocación y uso, y disponiendo, al efecto, un índice o catálogo en el que figurasen todas las existentes».

No sabemos si llegaría a construirse dicho armario y desaparecería después, o si se limitarían simplemente a hacer una caja de madera, capaz para las biografías que entonces existían. Lo que si se puede asegurar es que posteriormente se debió dar orden para que se guardaran en la Biblioteca (4) en vez de hacerlo en el Detall, y que en dicha dependencia aparecieron hace pocos años las que se mencionan (Documento núm. 8), juntamente con un índice de las mismas, encerradas en una caja de madera, de donde se sacaron para unir las a los expedientes de los respectivos retratos, expedientes que, según nuestras noticias, siempre se han conservado en el despacho del primer Jefe, donde se encuentran en la actualidad.

Modernamente, las biografías se redactan en la Academia, utilizando para ello los datos que figuran en el MEMORIAL DE INGENIEROS, pues en dicha Revista existen necrologías y biografías de casi todos los generales, jefes y oficiales del Cuerpo fallecidos en 1846 o después, y aun de muchos anteriores. Antes de incendiarse la Academia, se utilizaban también algunas veces los datos que existían en su archivo, y cuando no se tenían éstos, bien por la mucha antigüedad del retratado o por cualquier otra causa, se pedía al Archivo General Militar de Segovia por mediación del

(1) En aquella época era el primer Jefe de la Academia, como indicábamos antes.

(2) La de Nava y Alvarez de las Asturias.

(3) Las de Arechavala, Fernández de Folguera, Navacerrada y Tolosa.

(4) Aún conservan pegadas dichas biografías las etiquetas antiguas que empleaba la citada dependencia para la clasificación de sus obras.

Ministerio, el expediente personal del retratado, el cual se devolvía por el mismo conducto una vez redactada la biografía.

Desde hace unos quince años se suelen imprimir éstas, enviando un ejemplar con la orden de la Academia a cada profesor, y conservándose otro ejemplar, tanto de la biografía como de la orden citada en el expediente del retratado.

El coronel D. José Madrid, fué el único que siendo Director de la Academia (1) anotó en las biografías y *al pie* precisamente, como tenía dispuesto Zarco, la fecha de colocación del retrato y el nombre del alumno que lo descubrió, dejando de consignar los restantes datos, bien por su escaso interés o quizás por no haberse consignado en ninguna época.

Hace ocho o diez años, se reunió toda la documentación referente a cada retrato (cartas, oficio, biografía, orden de la Academia, copia fotográfica en algunos, etc.), en una carpeta (Documento núm. 11) en la que figuran casi todos los datos fijados por Zarco, con otros de algún interés. Muchos de estos datos faltaban y se han logrado encontrar, y otros muchos faltan aún, resultando que no es de extrañar si se tiene en cuenta que había bastantes retratos sin biografías ni documento alguno, y que en algunas de las biografías entonces existentes, no figuraban las fechas de nacimiento y muerte de los interesados, por ser más bien extractos de los servicios que verdaderas biografías.

Finalmente, en muchas ocasiones se han colocado los retratos, sin acto solemne, sin hacerse biografía, y sin conservar dato alguno, ni aun el de la fecha de colocación.

## VII. Preparación del acto.

En los primeros tiempos de la Galería, sólo había que redactar la orden de la Academia, y esto no siempre. Modernamente, la preparación del acto solemne consiste en lo siguiente:

1.º *Invitaciones.*—Ha sido costumbre casi general, la de invitar a la familia o a los descendientes del retratado para que asistan al acto del descubrimiento. En varias ocasiones se ha invitado también al general jefe de la Sección de Ingenieros, y en algunas al de la Sección de Instrucción.

También se acostumbra a invitar a los compañeros que presten sus

(1) Según se desprende del expediente de la Galería, desde 1870 hasta que se encargó de la dirección de la Academia el coronel Madrid (unos cuarenta años), nadie se cuidó de que se hicieran las biografías, ni se conservaron, por consiguiente, los datos que fijó el general Zarco.

servicios en el mismo Regimiento o Dependencia que el retratado y no sabemos que se haya invitado nunca a las Autoridades locales, civiles ni militares.

En esto, como en todo, el criterio ha sido muy variable y función de las circunstancias especiales de cada caso, y aunque el general Zarco nada dejó dispuesto sobre el particular, creemos que debe invitarse solamente a la familia del retratado o a sus descendientes, y que todo el que pertenezca al Cuerpo puede asistir a este acto como a cualquier otro que se celebre en nuestra casa solariega, y sin necesidad de invitación; sin que esto excluya, naturalmente, el que se de cuenta con anticipación de la fecha de celebración del acto, tanto al general jefe de la Sección de Ingenieros (por ostentar la representación del Cuerpo) y al comandante general de Ingenieros de la Región, como a los compañeros de guarnición en Guadalajara, y a los que sirvan en la misma Dependencia en que servía al morir el retratado.

2.º *Comunicación a la Sección de Instrucción.*—En varias ocasiones se ha dado cuenta del acto que se va a celebrar al general jefe de la Sección de Instrucción.

3.º *Orden de la Academia.*—En la orden de la Academia se suele recordar ligeramente la finalidad de la Galería, se cita el nombre de la persona retratada, y se fija la hora y día en que tendrá lugar el acto, y la forma de llevar éste a cabo. (Documentos números 12, 13 y 14).

4.º *Colocación del retrato.*—Finalmente, se cuelga el retrato en el sitio que se le haya designado y se cubre con una cortinilla de los colores nacionales.

### VIII. Acto de descubrir el retrato.

Antiguamente se solía celebrar cuando lo ordenaba el Ingeniero general, quien aprovechaba para ello alguna de sus visitas al Establecimiento Central, con el fin de dar más solemnidad al acto. Formaban los alumnos en la Galería (que era entontes y siguió siendo muchos años el *Salón de exámenes*) y el alumno nombrado para colocar el retrato procedía a hacerlo con la venia del que presidía el acto. En muchas ocasiones se nombraron dos alumnos en vez de uno (Documento núm. 13) quienes *alzaban* y *colocaban* el retrato, en la forma que después diremos. Esta ha sido, muy probablemente, la razón de que en las diversas relaciones de retratos que existen en el expediente general, figuren unos mismos retratos como descubiertos o colocados por alumnos distintos.

Según nuestras noticias sólo ha habido tres retratos que no hayan sido colocados por alumnos: el del general Urrutia que fué colocado por

el mismo general Zarco, el del brigadier García San Pedro, que lo fué por el entonces *Jefe de Estudios* D. Luis Gautier, y el del mariscal de campo, D. José Herrera, que lo fué a su vez por el coronel del Cuerpo D. Joaquín Terrer y Ruiz. Como dato curioso, añadiremos que cinco de los ingenieros cuyos retratos figuraban en la Galería, descubrieron o colocaron en sus tiempos, otros retratos de la misma (1).

En un período de unos veinte años desde la creación de la Galería, los retratos se *colocaban* en el acto solemne, en vez de *descubrirlos* como se hace actualmente. Así parece deducirse no sólo de la orden de creación (Documento núm. 2):

«..... acto solemne en que se haya *colocado* el retrato ..... y el del alumno que lo *colocó* .....»

Sino también de la orden del día 2 de noviembre de 1844 (Documento núm. 12), en la que se dice que:

«Serán *alzados* y *colocados* en el lugar respectivo ..... En seguida se *alzarán* igualmente .....»

Parece, por lo tanto, que el retrato se colocaba provisionalmente de pie en el suelo y apoyado en la pared o quizás encima de los divanes que rodeaban el Salón; y que en el acto solemne, el alumno o alumnos nombrados lo alzaban y lo colocaban o colgaban en su sitio (2). Estos alumnos, así como los Profesores, asistían al acto de *levita cerrada y ros*, y los restantes alumnos con el *traje ordinario* (Documento núm. 13).

Actualmente se suele celebrar el acto el día de San Fernando, un día festivo cualquiera, o aprovechando alguna solemnidad, asistiendo todo el mundo con traje de diario, y excepcionalmente de media gala (Documento núm. 14).

Terminada la misa (si el acto se realiza en domingo o día festivo) o a la hora indicada en la orden de la Academia, se reúnen los Profesores en el Salón de Retratos, a donde van formados los alumnos, conducidos por el Profesor de Vigilancia (o por el capitán de Cuartel o de servicio), y por el ayudante u oficial de servicio.

(1) El teniente general Zarco del Valle que siendo Ingeniero general descubrió el del capitán general Urrutia; el teniente general Gautier que siendo coronel descubrió el del brigadier García San Pedro; el brigadier Torner que siendo alumno, descubrió los retratos de los mariscales de campo Bayo y Mendizábal; el capitán Rojas que siendo alumno descubrió el del comandante Castellvi, y el teniente Otero-Cossío que siendo alumno descubrió el del comandante Cazorla.

(2) La razón de nombrarse dos alumnos algunas veces, debió ser sin duda el gran tamaño de algunos retratos, que haría difícil su manejo por una sola persona.

El que preside (1) da una ligera idea del acto que se va a realizar y a veces da lectura de la orden o Real orden que autoriza la colocación del retrato. A continuación, el alumno más antiguo o los más antiguos (2), descubre la cortinilla que cubre el retrato y lee la biografía de la persona retratada.

En algunas ocasiones, bien por el mucho valer del retratado o por otras causas, algunos concurrentes pronuncian discursos o dicen unas palabras, enalteciendo a la persona retratada. A título de curiosidad, reproducimos (Documento núm. 15) el discurso que pronunció el general Zarco en el citado Salón de Retratos con motivo de la terminación de la Escuela Práctica de 1844.

Terminado el acto, desfilan los alumnos al patio principal de la Academia, y sólo resta guardar en el expediente un ejemplar de la orden de la Academia y otro de la biografía, después de anotar en ésta el nombre del que ha descubierto el retrato y la fecha del acto. Cuando la familia o los descendientes del retratado, son conocidos y no asisten al acto, es costumbre que el coronel Director le dé cuenta por carta, del acto realizado.

Conforme ya hemos indicado, algunos retratos se han colocado en la Galería sin *acto solemne*, bien por haberlo sido en período de vacaciones y no haber alumnos en Guadalajara, como sucedió con el de Rodríguez de Quijano y Arroquia, o bien por desconocimiento de las reglas dictadas por Zarco del Valle. En cambio, hubo un caso, el de la colocación del retrato del Ingeniero general D. Joaquín de Peralta, en que se levantó acta de dicha colocación (Documento núm. 16).

## X. Estado de la Galería en febrero de 1924 antes de producirse el incendio de la Academia.

Los retratos que formaban la galería estaban distribuídos, conforme indicábamos al principio, entre el *Salón de Actos* (3) de la Academia y el *Comedor de gala*. Estos dos salones estaban separados por uno pequeño de forma ochavada, en el que existían unos armarios donde se conservaban las antiguas vajillas de la Academia y del Regimiento, y cuyos armarios se hicieron desaparecer al celebrarse el II Centenario del Cuerpo, por

(1) El coronel Director casi siempre.

(2) Un alumno por cada retrato que se vaya a descubrir.

(3) Llamado también *Salón del Trono* y antiguamente *Salón de exámenes generales*.

haberse transformado dicho saloncito en la Sala Zarco del Valle que todos conocieron (1).

Al producirse el incendio de la Academia, existían 104 retratos (Documento núm. 17), 87 de ellos, al óleo y los 17 restantes, fotográficos, dándose en el documento núm. 18 una relación alfabética de todos los retratados, con expresión de las principales circunstancias que concurrían en cada uno de ellos. Al hacer esta relación, hemos incluido al general Zarco del Valle en la *R* y no en la *Z*, por entender que su primer apellido era *Remón-Zarco* (apellido compuesto), como parece deducirse de los nombres de su bisabuelo, abuelo, padre y hermanos (Documento número 19). Parece probable que el general Zarco, por alguna circunstancia que desconocemos, debió convertir su citado primer apellido en *Remón-Zarco del Valle*, pues de ser éste el verdadero apellido de familia, parece natural que lo hubiesen usado alguno de sus ascendientes o de sus hermanos (2).

Al general San Miguel lo hemos incluido en la *F* en vez de hacerlo en la *S*, por ser su primer apellido *Fernández San Miguel* y no *San Miguel* solamente como él mismo firmaba. Así parece deducirse de los letreros que figuran en los varios retratos que existen de este general.

De los 104 retratos existentes, 15 correspondían a la primera sección de la Galería, 30 a la segunda y los 59 restantes a la tercera (Documento núm. 20). Para hacer esta clasificación, nos hemos ajustado a las reglas que proponíamos al principio y las cuales, según dijimos, difieren algo de las establecidas por Zarco del Valle, pero hay que tener en cuenta que la misma confusión que existía en las reglas de Zarco, se reflejaba en el Salón, en el que se encontraban agrupados los retratos por razón de tamaño y simetría, pero sin distinción de la sección de la Galería a que pertenecía cada uno.

Claro es que, con sujeción a las reglas del general Zarco, una misma persona podía figurar a la vez en dos y hasta en las tres secciones de la Galería; pero esto no sólo hubiera exigido una escrupulosa revisión de los méritos de cada uno de los retratados para fijar las secciones de la Galería en que tenía derecho a figurar, sino que, aun fijado esto, de colocar su retrato en una sola de ellas, habría que determinarse cuál había de ser ésta. Suponiendo que el orden de preferencia u *honorífico* de las secciones fuese el natural, podría figurar en la primera de ellas algunos

(1) Véase el MEMORIAL DE INGENIEROS de 1911, pág. 403.

(2) El general de división D. Adolfo Carrasco y Sayz, de cuya documentada obra *Iconografías del Generalato Español* hemos tomado muchos datos, también incluye al general Zarco en la *R* del índice alfabético de dicha obra.

generales como Almirante (incluido en la segunda sección), Pedro Navarro, Azara, Fernández de Folguera, Diruel, García San Pedro, Castillo, Villar, Ibáñez, Verdú, Padrós y otros (incluidos en la tercera sección) que por sus virtudes científicas o militares son acreedores a figurar en dicha primera sección.

Conforme indicábamos al empezar estas notas, se desconocen completamente las fechas de colocación de algunos retratos y parcialmente de otros, a pesar de lo cual, damos una relación de todos los que existían por el orden cronológico probable de su colocación en el Salón (Documento núm. 21), y decimos probable, porque hay bastantes diferencias entre las fechas indicadas en las biografías y las que figuran en otros documentos del expediente general del Salón. Las mismas diferencias se notan en lo que se refiere al nombre del que colocó cada retrato, y por ello falta este dato en muchos de los retratos (Documento núm. 18) y en algunos de los que existen no es seguro.

Lo único que puede tomarse como cierto, es que había 35 retratos en 24 de febrero de 1848 (1) y 52 en 30 de marzo de 1863 (2); dando idea del descuido en la conservación de tales datos, el hecho de que dispusiera el general Zarco en 1859 la colocación del retrato del brigadier Fernández de Folguera, a pesar de estar ya colocado a fines de 1858.

Finalmente, se han realizado en diversas épocas algunas gestiones para adquirir los retratos de algunos ingenieros (Documento núm. 22), sin que dichas gestiones diesen el fruto apetecido. Poco antes del incendio de la Academia, se trataron de adquirir también los retratos de los jefes y oficiales que habían muerto en Marruecos en los últimos años, obteniéndose así el del capitán D. Vicente Cala y algún otro, que desaparecieron en el incendio sin haber llegado a figurar en el Salón.

## XI. Otros cuadros que existían en el Salón.

Además de los retratos indicados en el Capítulo anterior, y los cuales constituían la Galería propiamente dicha, existían en el Salón de Actos los siguientes cuadros:

1.º Un *retrato* al óleo de *S. M. el Rey D. Alfonso XIII* pintado por el jefe del Cuerpo D. Emilio Morata, y el cual debió colocarse en la Galería a fines de 1906. El citado retrato fué substituído en 1921 por otro

(1) Véase la «Relación núm. 1» que acompañaba a la circular de dicha fecha, publicada en el MEMORIAL DE INGENIEROS de 1848.

(2) Véase el documento núm. 6.



retrato más moderno del monarca, pintado por el teniente coronel del Cuerpo, D. Eustaquio Abaitua.

2.º Un cuadro ovalado conteniendo la *placa* de San Fernando que usó el *general Castaños* y la de San Hermenegildo del *general Esparteros*. Esta última fué regalada por su heredero el Excmo. Sr. D. Cipriano Segundo Montesinos. La primera de las placas citadas se colocó el 11 de diciembre de 1852 en el mismo acto solemne que el cuadro de las corbatas (1) de que ahora hablaremos; el cuadro con ambas placas, tal como estaba al ocurrir el incendio, fué colocado por el alférez-alumno, número 1, de 4.º año, en un acto solemne que se celebró el 19 de junio de 1881 (2).

3.º *Cuadro de las corbatas*.—El hermoso cuadro pintado por A. Ezquivel, que representaba la colocación de las corbatas de San Fernando en la bandera del único Regimiento que existía entonces, fué colocado, como antes dijimos, en el acto solemne del 11 de diciembre de 1852, y ocupaba uno de los testers del Comedor de gala.

4.º *Diploma del Instituto Nacional de Previsión*.—Este diploma, que fué colocado en abril de 1911, cuando se celebró el II centenario del Cuerpo, decía lo que sigue:

«El Instituto Nacional de Previsión dedica este diploma al esclarecido Cuerpo de Ingenieros Militares, como muestra de la alta estimación que merecen el espíritu de cooperación social y el generoso desprendimiento de los señores generales, jefes y oficiales, que han abierto a su costa libretas de pensión de retiro a favor de las clases y soldados de dicho Cuerpo.—Madrid, 15 de septiembre de 1910.—El Presidente, *Eduardo Dato*. Rubricado.»

5.º *Cuadro de la Guerra Civil*.—«Cuadro formado por disposición del Excmo. señor teniente general D. Luis María Balanzat, Ingeniero general, Caballero Gran Cruz de la Real y Militar Orden de San Hermenegildo, condecorado con otras de distinción por diferentes hechos de armas, de los señores gefes, oficiales e individuos de tropa, del Regimiento Nacional de Ingenieros, muertos gloriosamente, ya en el acto del combate, ya de heridas recibidas en varias acciones, defensas de Plazas y sitios de puntos fortificados, durante la Guerra Civil desde octubre de 1833 a agosto de 1840 para perpetuar eternamente su memoria, y como testimonio honorífico de los relevantes servicios prestados por el expresado Cuerpo a la Nación, en el transcurso de la citada guerra, Regimiento Nacional de

(1) Según consta en una comunicación que existe en el expediente del retrato de D. Mauricio Rodríguez de Berlanga.

(2) Véase el MEMORIAL DE INGENIEROS del 1.º de julio de 1881.

Ingenieros. Relación de los señores gefes, oficiales e individuos de tropa del expresado Cuerpo, muertos sobre el campo de batalla o de resultas de heridas recibidas, con expresión de las acciones y fechas de sus fallecimientos».

(Seguían los nombres de ocho jefes y oficiales, cinco sargentos y 67 individuos de tropa.)

## XI. Estado actual de la Galería y datos para su progreso.

Llegaron los luctuosos días 9 y 10 de febrero de 1924 y con ellos el voraz incendio que destruyó nuestra Academia.

Las muchas horas que debía llevar en incubación el incendio al aparecer las primeras señales exteriores, la intensidad que tenía ya el fuego en aquel momento (doce y cuarto de la madrugada), el fuerte viento y la persistente lluvia que reinaban aquella noche, la falta de luz debida a la rotura de los cables de energía, y muy especialmente la necesidad de salvar rápidamente, pues la violencia del incendio no admitía demora, tanto el personal que vivía dentro del edificio (1) como el ganado y el material de guerra (2), fueron las principales causas de que desaparecieran la mayoría de los retratos que había en el Salón. A pesar de todas las circunstancias desfavorables enumeradas, y de que el incendio rompió al exterior por el Salón de retratos precisamente, consiguieron salvarse 31 retratos (Documento núm. 17) que relacionamos alfabéticamente en el (Documento núm. 23). Los retratos salvados (3) fueron lavados y arreglados bajo la dirección del comandante Profesor D. Pedro Rodríguez Perlado, y se hallan colocados actualmente en la nueva clase de Dibujo de la Academia.

El *Cuadro de las Corbatas* fué también pasto de las llamas, aunque no en su totalidad, pues mientras estaba ardiendo se arrancaron dos trozos del lienzo, que se conservan en la Academia. Tales trozos no son lo suficientemente grandes para poder formar con ellos un nuevo cuadro, pero dado el gran número y la gran variedad de figuras que se conservan en dichos trozos, podrían servir de modelo para pintar algún día un cuadro igual al desaparecido, utilizando para ello cualquiera de las copias litográficas del mismo que tanto abundan en las dependencias del Cuerpo.

El rehacer nuestra Galería de retratos, es obra quizás costosa y larga y que exige, desde luego, una gran perseverancia; pero como es tarea

(1) Familias de los jefes y del celador; alumnos arrestados y personal de tropa.

(2) Armamento, municiones, bandera, documentación, etc.

(3) Lo fueron por varios oficiales del Cuerpo.

posible, no hemos vacilado en reunir los nombres de los que tienen derecho a figurar en cada una de las tres secciones de la Galería (Documentos 24, 25 y 26), con el fin de que, llegando a conocimiento de todo el Cuerpo, puedan irse adquiriendo poco a poco, aquellos de los que algunos de nuestros compañeros tengan noticias y cuya adquisición no sea difícil.

En las referidas relaciones se han indicado los sitios donde, según nuestras noticias, hay datos biográficos de cada uno, y con el mismo objeto de facilitar la formación de la nueva Galería, hemos hecho constar también los retratos existentes en algunas dependencias, o en poder de particulares, y los cuales podrían utilizarse para pintar nuevos retratos para el Salón (1).

La segunda relación, referente a los que han ejercido el mando supremo del Cuerpo (Documento núm. 25) se ha tomado del Escalafón especial del Cuerpo publicado en 1915, y por ello creemos que estará completa.

Para la primera relación (Documento núm. 24), nos hemos valido del Escalafón general del Cuerpo publicado por el MEMORIAL DE INGENIEROS en 1911, en el que estaban indicados los jefes y oficiales muertos en campaña, habiendo completado dichos datos con los que existían en las antiguas lápidas de la Clase de Dibujo (2), con los nombres de los compañeros muertos en Africa en la campaña actual y con los que ya figuraban en la 1.<sup>a</sup> Sección de la Galería.

Es posible, por lo tanto, que falte alguno de los muertos en campaña, y muchos, desde luego, de los que podrían figurar en la citada 1.<sup>a</sup> sección dados sus merecimientos científicos.

La tercera relación referente a los Ingenieros que llegaron a la categoría de generales (Documento núm. 26), se ha formado teniendo a la vista un gran número de escalafones del Cuerpo de diversas épocas y un pequeño número de la antigua publicación *Estado Militar de España*. Es, sin duda, la que resulta más incompleta y hasta es posible que algunos de los que en ella figuran, tuviesen al morir empleo superior o inferior al que se le asigna en dicha relación, pero ante la imposibilidad de

(1) La mayoría de estos datos se han tomado de la obra antes citada del general Carrasco. Este era natural de Guadalajara.

(2) Se han dejado de incluir en ella a los once generales: Casaviella; Fernández de Folgueras; Fuente Pita; Gabriel y Estenoz; Mapoey; Molina; Padrós; Tena (D. M.); Verdú; Villar y Zorraquin, por figurar todos ellos en el Documento número 26. Se han incluido, en cambio, a los comandantes Castellví y Jiménez Millas y a los capitanes Loizu y Rojas (muertos todos ellos como consecuencias de accidentes de aviación), por figurar sus retratos en la Galería antes del incendio.

terminarla en plazo breve, por carecer de elementos para hacerlo, preferimos darla tal como está, a omitir su publicación.

## XII. Galería de promociones y orlas.

Animado por el éxito obtenido con la Galería de Retratos, concibió el general Zarco la idea de crear otra Galería, en la que figurasen los retratos de las diversas promociones que fuesen ingresando en el Cuerpo; y con el fin de realizar su idea, ordenó al jefe de Estudios de la Academia con fecha 24 de abril de 1857, que le propusiera los medios que considerara más convenientes para llevar a cabo su iniciativa (Documento número 27).

Propuso el jefe citado las reglas que podían servir para la organización de la Galería (Documento núm. 28), y aprobadas tales reglas en 19 de mayo del mismo año, por el Ingeniero general (Documento núm. 29), dió este último cuenta de su propósito en el acto solemne celebrado en la Academia el 8 de noviembre siguiente. Al proponer las reglas citadas propuso también el coronel Gautier (entonces jefe de Estudios) que se pidieran sus retratos a todos los individuos que servían en el Cuerpo por aquellos tiempos, idea que debió parecer al general Zarco de difícil realización, toda vez que dió largas al asunto.

De los *cuadros de promociones* sólo existían cuatro al quemarse la Academia, y aunque uno de ellos (1) y alguno otro quizás, andaba extraviado, es indudable que la costumbre duró pocos años, ignorándose el motivo de haberla dejado en suspenso. Los citados cuadros, estuvieron al principio en la Sala de Juntas, y después de varios traslados, estuvieron arrinconados muchos años en las bohardillas de la Academia, de donde se trasladaron a una de las *habitaciones del general*, donde se encontraban al producirse el incendio. Los cuatro cuadros que se conservaban eran los siguientes:

Promoción 31: Retratos de 5 individuos 1857.

Promoción 32: Retratos de 6      íd.      1858.

Promoción 33: Retratos de 4      íd.      1859.

Promoción 35: Retratos de 9      íd.      1861;

faltando, como se ve, el de la *promoción 34*, cuyos individuos fueron promovidos a teniente en 1860, cuadro que debía estar extraviado por alguna dependencia de la Academia.

Los referidos cuadros tenían una altura común de 0,80 metros, con un marco de madera amarilla barnizada de 0,085 metros de ancho, siendo

(1) El de la promoción 24.

la figura de cuerpo entero en casi todos los retratos, que satisfacían por completo las reglas citadas. Además de los cuatro cuadros de que se ha hecho mención, existía otro en la misma habitación, con la orden de creación de la Galería y las reglas dictadas para su organización.

El año 1912 se restableció la costumbre, aunque sin seguir las reglas fijadas por el general Zarco, pues con los retratos de los individuos de una promoción ya no se forma *un cuadro* como antaño, sino lo que actualmente se conoce con el nombre de *una orla*. La figura es sólo de busto, pero se mantiene la costumbre de perpetuar la firma de cada uno al pie de su retrato. Existían, además, otras diferencias entre las actuales orlas y los cuadros antiguos. La forma de ingresar en el Cuerpo, permitía antiguamente el hacer los retratos después de ser promovidos a tenientes y con la intervención de la Academia; en cambio, hoy día, hacen la orla los alumnos por su cuenta y dado el tiempo que exige su confección se hacen los retratos con bastante anticipación, por cuyo motivo figuran en cada orla no sólo los que ascienden a tenientes en junio y en septiembre, sino los que repitiendo año no son ascendidos hasta el curso siguiente. Figuran además en dichas orlas (1) los retratos del señor coronel Director y de los profesores del quinto año. Unas veces el fotógrafo encargado del trabajo, y otras los mismos alumnos, cedían un ejemplar de la orla a la Academia, el cual se conservaba en la Biblioteca.

De las quince promociones (desde la 93 hasta la 107) salidas de la Academia desde 1912, sólo catorce hicieron orlas (2) difiriendo éstas entre sí por su forma y dimensiones (3).

### XIII. Galería de visitantes.

Además de la Galería de *Ingenieros ilustres* y de la de *promociones*, intentó formar el general Zarco otra tercera con los retratos litografía-

(1) Excepto en las de las promociones 93 y 91.

(2) La promoción núm. 99 que salió de la Academia en 1918 no hizo orla seria, haciendo en cambio una orla cómica de la promoción, el aventajado artista teniente Eguía, que pertenecía a la misma, y que hizo unas notables caricaturas de sus compañeros.

(3) Las primeras eran simplemente unas cartulinas forradas de piel y más o menos artísticas. Las de las promociones 93, 95, 97 y 98 con dos solapas laterales (0,47 metros por 0,41 metros cerrada); la de la 94 sin solapas (0,36 metros por 0,58 metros), y la de la 96, doblada en cuatro partes y encerrada en una carpeta de piel (0,36 metros por 0,25 metros).

Posteriormente se hicieron en forma de libro encuadernado en piel: con cuatro hojas solamente la de la promoción 100 (0,28 metros por 0,35 metros), y con una por individuos las promociones restantes (americana).

dos de todos los generales (procedentes del Cuerpo o no) que hubiesen visitado la Academia o que la visitasen en lo futuro.

Tal idea empezó a realizarse, reuniéndose una colección de 20 retratos de poco valor (Documento núm. 30) (1), que estuvo colocada muchos años en el Comedor de gala, dando frente al *Cuadro de las Corbatas*. Posteriormente, y con el fin de dejar sitio para otros retratos, se trasladó la colección a la misma habitación en que estaban los cuadros de promociones.

#### XIV. Retratos y cuadros varios.

No queremos terminar estas notas sin consignar en ellas una serie de cuadros y retratos, unos litografiados y otros al óleo (los menos), que estaban repartidos entre las diversas dependencias de la Academia y que relacionamos en el documento núm. 31.

Además, en diversas épocas, han existido otros retratos litografiados (Documento núm. 32) que se debieron perder mucho antes de quemarse la Academia, pues entre otras comunicaciones existe una en el expediente general del Salón, de fecha 29 de julio de 1859, en la que disponía el general Zarco que los retratos litografiados de Lucuce, Alava y Díruel, se colocaran en el Cuarto de Profesores.

Entre los retratos que se conservan, está el del alférez-alumno don Jorge Porrúa y Moreno del Villar, cuya figura recordarán todos por haber estado viendo su retrato mientras estuvieron en la Academia, pero cuyo acto meritorio desconocerán, quizás, muchos de los que constituyen las modernas promociones. Por ello estimamos oportuno recordar aquí, en cuatro líneas, el citado hecho.

En la tarde del 23 de abril de 1877, yendo un grupo de seis alféreces-alumnos del tercer año a caballo, al pasar un vado del Río Henares, cayó al agua el alférez D. Luis Alvarez Builla y Brieva, y al tratar de salvarlo su compañero Porrúa, quien no había abandonado aún la orilla, se ahogaron ambos, no apareciendo sus cadáveres hasta varios días después. El día 30 se celebró un funeral en la Iglesia de San Nicolás; el 1.º de mayo se trasladó el cadáver de Porrúa desde el Hospital Militar hasta el Cementerio, y el 19 de septiembre del mismo año, se inauguró el monumento erigido en su memoria, en el Campo de Tiro, diciéndose una misa en dicho lugar, a la que asistieron todos los profesores y alumnos.

(1) Los retratos eran simplemente láminas de la conocida obra *El Estado Mayor del Ejército Español*.

---

El monumento costó 3.500 pesetas y en él figura la inscripción siguiente:

«A la memoria del Alférez-Alumno D. Jorge Porrúa y Moreno del Villar. Pereció en el Río Henares con su compañero el Alférez-Alumno don Luis Alvarez Bouilla, al querer salvarlo en la tarde del día 23 de abril de 1877. La Academia de Ingenieros dedica este recuerdo a tan heroico hecho, 1.º de septiembre de 1877.»

---







## DOCUMENTOS ANEJOS

### Documento número 1 (1).

Excelentísimo señor: Por hallarse imposibilitado de firmar por sí mismo el Excmo. Sr. D. Luis María Balanzat, Ingeniero General, me ha hecho el honor de encargarme dirigir a V. E. el adjunto retrato de su persona, de que hace espresión al Cuerpo de Ingenieros, como muestra del amor que le ha profesado en el discurso de su carrera, desde que al principio de ella fué admitido en su seno y del interés con que ha mirado por su esplendor y adelantamientos, mientras ha tenido la gloria de estar a su frente.

Los deseos de dicho Excmo. Señor, se estendían a que el Cuerpo poseyese los retratos de los Generales que desde su creación le han mandado, para que colocados en la Academia, sirviesen de noble ejemplo a sus Alumnos y perpetuasen la memoria de aquellos; pero la penuria de las circunstancias han impedido llevar a cabo su noble idea, y mientras llegan mejores tiempos en que se realice, se limita a la parte de ella que tiene relación con su persona y está al alcance de su posibilidad, esperando sea recibido con aprecio por un Cuerpo con quien le ligan tantos vínculos, ya de cariño por haber servido en él una buena parte de su vida, ya de gratitud por la gloria que le ha dado el distinguido ejemplar comportamiento de sus individuos en el tiempo difícil en que tuvo el honor de mandarlo.—*Celestino del Piélagos*.—Rubricado. Excmo. Señor Director General del Cuerpo de Ingenieros.

(1) En todos los documentos conservaremos la ortografía original.

**Documento número 2.**

En todos los tiempos ha sido la memoria de los Varones ilustres el capital de gloria del género humano y el incentivo más poderoso para la imitación de las prendas que les dieron nombre. De aquí el empeño de perpetuar sus hechos y aun su propia figura y la expresión de su fisonomía, a lo que ha contribuido grandemente la perfección sucesiva de las bellas artes. Por esto se han multiplicado en la actualidad las Galerías de retratos de hombres señalados en uno u otro concepto, que cuando está fundado en la virtud inspira recojimiento y veneración. La juventud, esa edad de las pasiones nobles, contemplando con puro y ardiente espíritu el gesto y el ademán de un varón esclarecido, abre su pecho a las impresiones que su recuerdo escita y movida por la fuerza de la simpatía aspira a reproducir los hechos de los modelos que absorben su atención.

Dominado de este pensamiento y deseoso de promover por todos los medios imaginables en el Cuerpo que tengo la suerte de dirigir, las ocasiones de conservar y dilatar su antiguo lustre, inspirando con la mágica fuerza del ejemplo ideas de valor y honor, de saber, de gloria y noble emulación en la juventud marcial y estudiosa que acude a la Academia de Guadalajara, he dispuesto que desde luego se forme en ella una Galería de Retratos de Ingenieros, que por haber mandado el Cuerpo o llegado a la clase de Oficiales generales o por señalados hechos mereciesen lugar tan esclarecido.

Aprontándose están ya los de los dignos Ingenieros generales, Blake, Ahumada, Balanzat y otros, linsongeándome de reunir sucesivamente los demás.

En tanto, cuando en Octubre próximo, según me propongo, tenga por primera vez la satisfacción de visitar el Establecimiento de Guadalajara, se colocarán debida y solemnemente los que se hubiesen reunido. Entre ellos tendrá lugar preeminente, el cuadro que se está concluyendo y representa al célebre Ingeniero español Pedro Navarro, que en el clásico siglo diez y seis fué maestro de la nueva escuela de sitios y defensas de las plazas de donde salieron los Españoles famosos que entendieron en los memorables sitios de aquel siglo y aun los primeros Ingenieros franceses. Todos los retratos de esta sección de la Galería serán al óleo, de igual tamaño, con marco dorado de la misma figura.

Formaran otra sección los retratos de los Ingenieros que sin llegar a ser generales, llevaron su nombre a tan alto puesto, por sus virtudes científicas o militares que la conservación de su memoria interesa a la

posteridad y a la gloria del Cuerpo a que pertenecieron. Ya figura en esta primera línea el del habil Lucuce y en ella podrán tener su merecido puesto, Sangenis, comandante de Ingenieros de Zaragoza durante sus dos sitios memorables, Minali que lo fué en los de Gerona, Mampoei señalado en cien combates y bizarramente muerto en la batalla de Bornos, con otros semejantes.

Por último, formarán también otra sección de esta Galería los retratos de todos los individuos del Cuerpo que llegaron a la elevada clase de generales, permaneciendo en él o habiendo salido para otros destinos antes o después de adquirir aquel grado.

Para que los interesados en este último caso, y sus familias en el anterior puedan dirigir mejor sus deseos y desembolsos, se establecerá que el lienzo que contenga dichos retratos al óleo, tenga dos pies y medio de alto y dos de ancho, debiendo estar colocados en un marco dorado de tres pulgadas de grueso. En aquel espacio sólo se representará el busto de la persona retratada con el uniforme de su época y las condecoraciones que tuviese; dejando en la parte inferior una faja de cinco pulgadas donde se pondrán su nombre y principales circunstancias.

A V. S. como particularmente encargado de dirigir la juventud que forma las esperanzas del Cuerpo, toca utilizar el tesoro inagotable de recuerdos y estímulos que encerrará esta Galería para cuya conservación esmerada no se perdonará medio.

Dios guarde a V. S. muchos años.—El Molar 23 de agosto de 1843.—*Antonio Remon Zarco del Valle*.—Rubricado.—Sor. Gefe de Estudios de la Academia de Ingenieros.

#### Documento número 3.

Tengo el honor de dirigirme a V. S. para manifestarle lo siguiente: Habiendo sido favorablemente informada por la Junta Facultativa de esta Academia tan dignamente dirigida por V. S. la obra que he escrito con el título *Minas Militares Terrestres* y en previsión de que dicha obra pudiera ser declarada de texto, me propongo hacer cesión voluntaria a la Junta Administrativa de esta Academia de los 470 ejemplares, únicos que saldrán a la venta de los 500 que constituyen la primera edición.

Dicha cesión no se refiere a la propiedad de la obra la cual me reservo en absoluto. Es mi deseo que las 6.110 pesetas que importan los 470 ejemplares al precio de 13 pesetas uno, se dediquen a la adquisición por dicha Junta administrativa, de retratos al óleo que deberán ser colocados en el Salón de actos de dicha Academia y con arreglo a las bases siguientes:

a) El precio de cada retrato debe ser de mil pesetas aproximadamente y en sus dimensiones y conjunto han de ajustarse a las prescripciones dictadas por el ilustre General, Zarco del Valle de gloriosa memoria.

b) Dichos retratos deberán ser pintados por Jefes ú Oficiales del Cuerpo que reunan condiciones para ello, a juicio de la Junta Administrativa de la Academia, y en defecto de aquellos por hermanos de dichos Señores Jefes y Oficiales.

c) A medida que se vayan reuniendo fondos para adquirir un retrato, se ordenará su ejecución, siguiendo el orden que marca la regla d) respecto a los Sres. que deben ser representados.

d) Los personajes que han de ser representados son:

1.º General, D. Ramiro de Bruna y García Suelto, Profesor que fué de esta Academia.

2.º General, D. José Almirante y Torroella.

3.º General, D. Carlos Ibañez e Ibañez de Ibero.

4.º General, D. Gregorio Verdú.

5.º General, D. Rafael Cerero.

6.º Coronel, D. Federico Vázquez Landa.

7.º General, Primer Conde de Bilbao.

e) Si durante el tiempo transcurrido en recoger el dinero producto de la venta de los libros, se entregara por la familia de algunos de los Sres. citados su retrato, o sin llegar a este extremo, coadyuvasen en algo a su coste, se admitirá dicho donativo empleándose el dinero que sobrase para adquirir el retrato del Sr. que figure en el lugar inmediato de los que se expresan en la relación d). Basado en esto podrá ser adquirido el retrato del General 1.º Conde de Bilbao, citado en séptimo lugar, pues de otro modo no podrá serlo, dado que el donativo no llega a 7.000 pesetas.

f) Si por las razones expuestas en la regla anterior sobrase dinero para adquirir uno o varios retratos mas, debe ser la Junta Facultativa la encargada de nombrar las personas que deban ser retratadas a continuación de las anteriormente indicadas.

Al hacer presente a V. S. mi anterior deseo, me someto incondicionalmente a las observaciones que se digne hacerme, convencido de que su bien probado amor al Cuerpo, encontrará el medio de dar la mejor dirección a mi propósito.

Dios guarde a V. S. muchos años.—Guadalajara... (1) de diciembre de 1908.—El Capitán Profesor.—*Fermin Sojo*.—Rubricado.—Sr. Coronel 1.º Jefe de la Academia de Ingenieros.

(1) Los puntos indican que en los documentos originales faltan los datos.

## Documento número 4.

## CUENTA DEL «DONATIVO SOJO»

A) *Donativo.*

Donativo inicial .....	470 ejemplares.	
Reducciones ...	Extraviados antes de 1909 .....	22
	Remitidos al autor en diciembre de 1913..... 2	3
	Idem al id. en junio de 1914..... 1	61
	Destruidos en el incendio de 1924.....	
TOTAL DE EJEMPLARES .....		86

Ha quedado reducido el donativo a 384 ejemplares que, a 13 pesetas el ejemplar, representan 4.992 pesetas.

	HABER		DEBE	
	Pesetas.	Cts.	Pesetas.	Cts.
B) <i>Estado de la cuenta.</i>				
1908. Venta de 19 ejemplares.....			247	00
1909. Venta de 113 ejemplares.....			1.469	00
» Gastos de envío de libros del donativo...	17	55		
» Retrato general Bruna.....	1 000	00		
» Marco retrato coronel Vázquez Landa.....	110	00		
» Retrato general Ibáñez.....	758	25		
1910. Venta de 16 ejemplares.....			208	00
1911. Idem de 22 íd.....			286	00
1912. Idem de 21 íd.....			273	00
1913. Idem de 15 ejemplares.....			195	00
» Marco retrato general Almirante.....	106	00		
1914. Venta de 21 ejemplares.....			273	00
1915. Idem de 4 íd.....			52	00
1916. Idem de 12 íd.....			156	00
1917. Idem de 39 ejemplares.....			507	00
1918. Idem de 1 íd.....			13	00
1919. Idem de 20 íd.....			260	00
» Marco retrato teniente general Gautier....	45	00		
» Cortinillas para cubrir retratos.....	10	75		
1920. Venta de 15 ejemplares.....			195	00
» Retrato general Verdú.....	700	00		
» Idem general Castillo.....	750	00		
» Marcos retratos Verdú y Castillo.....	70	00		
1921. Venta de 35 ejemplares.....			455	00
» Retrato general Cerero.....	700	00		
1922. Venta de 17 ejemplares.....			221	00
1923. Idem de 14 íd.....			182	00
<i>Suma total</i> .....	4.267	55	4.992	00
Saldo el 30 de junio de 1925.....			724	45

## Documento número 5.

*Dirección general de Ingenieros del Ejército.*—Persuadido de que la memoria de los Varones ilustres que honraron con sus virtudes el Cuerpo de Ingenieros, es el incentivo más poderoso para la imitación de las prendas que les dieron nombre, y deseando que la Galería de Retratos establecida con este objeto en la Academia de Guadalajara por mi antecesor continúe enriqueciéndose; me dirijo a V. S. para averiguar si en su familia existe algún retrato de su digno hermano político, el distinguido Brigadier de Infantería, Coronel que fué del Cuerpo, D. Fernando García San Pedro, y lo hago en la seguridad de que si existiese, contribuirán V. S. y demás interesados a cederlo a la Academia para que ocupe en aquella galería el honroso lugar que le pertenece.

Forman una sección de esta Galería los retratos de los Ingenieros que sin llegar a ser Generales, llevaron su nombre a tan alto punto por sus virtudes científicas o militares, que la conservación de su memoria interesa a la posteridad y a las glorias del Cuerpo; en esta línea es justo colocar el del digno Brigadier San Pedro, proponiéndome que su imagen inspirará las más altas ideas del honor, del saber y de la noble emulación precisamente en aquel establecimiento científico, a cuyo lustre y buen nombre contribuyó en gran manera con su enseñanza como Profesor, con su acertada dirección como Jefe, y con sus celebradas obras como Autor.

Me lisongeo de que V. S. y su familia contribuirán a la realización de mi pensamiento en gloria del Cuerpo; y en tal concepto y a fin de que pueda dirigirse mejor, debo manifestar a V. S. (aquí siguen las dimensiones, forma y demás condiciones que había de reunir el retrato).—Dios guarde a V. S. muchos años.—Madrid, 19 de Mayo de 1855.—*San Miguel.*—Rubricado.—Sr. Coronel de Ingenieros D. José Valdemoros.

## Documento número 6.

Excmo. Señor: Tengo el honor de exponer a V. E. que hace 19 años se dió principio a formar en el Salón de Exámenes de esta Academia, una Colección de retratos de los Excmos. Sres. Generales que han tenido el mando superior del Cuerpo, de los Generales Directores Subinspectores de Distrito y de los Generales del Ejército que han sido Oficiales del Cuerpo.

Cuenta esta colección actualmente cincuenta y dos retratos, siendo uno de los objetos más importantes que posee este Establecimiento por

quanto viene simbolizando las glorias y servicios del Cuerpo de Ingenieros que bajo la dirección de aquellos dignos Jefes tubieron lugar.

Considero que es de conveniencia continuar la reunión de estos estimables datos que deben alentar a la juventud que se instruye a su sombra e inspirarles la noble ambición de hacer acreedores de llegar a aquellas graduaciones.

Es de desear por lo tanto que remitiesen su retrato a esta Academia, los Excmos. Sres. Generales D. Miguel de Santillana y Diez, D. José Navarro y Herrera y D. Antonio de la Iglesia y Smith, Directores Subinspectores de Distrito. Como tambien los Excmos. Sres. Generales don Manuel Monteverde y D. José Herrera y García que han pertenecido al Cuerpo. Y por el mismo concepto el del Excmo. Sr. General D. Juan José del Villar y Flores, que tiene para este Establecimiento la interesante circunstancia de haber sido el primero de los Ingenieros, fruto de la Academia de Guadalajara, que ha llegado a esa alta graduación.

Si V. E. tubiese por oportuno autorizarme para invitar a los mencionados Excmos. Sres. para que facilitasen sus retratos a este Establecimiento, cooperaría al fin indicado, y en todo caso, V. E. resolverá lo que estime mas conveniente.

Dios guarde a V. E. muchos años.—Guadalajara, 30 de Marzo de 1863.—*Joaquín Terrer*.—Rubricado.—Excmo. Sr. Ingeniero General.

#### Documento número 7.

*Dirección General de Ingenieros del Ejército*.—En vista de lo manifestado por V. S. en su comunicación de 30 de marzo último, he tenido a bien autorizarle para invitar a los Excmos. Señores Generales que han tenido el mando del Cuerpo, a que envíen sus retratos a ese Establecimiento, para que formen parte de la colección que existe en el salón de exámenes del mismo.

Dios guarde a V. S. muchos años.—Madrid 10 de abril de 1863.—*Urbina*.—Rubricado.—Señor Coronel Gefe de estudios de la Academia de Ingenieros.

#### Documento número 8.

*Relación alfabética de los 23 Ingenieros, cuyas biografías antiguas se conservan, con expresión de los autógrafos de los mismos que figuran unidos a dichas biografías.*

Abarca de Bolea (D. Pedro Pablo): Comunicación dirigida al Excmo. Señor D. Juan Martín Zermeno, con fecha 7 de agosto de 1756, en la que

- le participa haberle conferido S. M. el cargo de Director general de los Cuerpos de Artillería e Ingenieros.
- Arco Agüero (D. Felipe del): Comunicación dirigida al Excmo. Señor D. Pedro Giraldo, con fecha 9 de octubre de 1818.
- Arechavala y Villodas (D. Miguel): Comunicación dirigida al Excelentísimo Señor Ingeniero General, con fecha 8 de marzo de 1838, participándole que había pedido pasaporte para marchar a encargarse de la Dirección Subinspección de Aragón.
- Atero y González (D. Mignel María de): Parte de la batalla de Ayacucho, fechado en Aréquipa (Perú) el 12 de febrero de 1825 (1).
- Belestá (D. Domingo): Comunicación dirigida al Excmo. Señor D. Francisco Sabatini, fechada en Granada el 6 de Febrero de 1794, dándole cuenta de haber sido nombrado para preparar alojamiento en la Alhambra al Excmo. Sr. Conde de Aranda y para la ejecución del proyecto (aprobado) del Colegio militar.
- Blake y Joyes (D. Joaquín): Carta dirigida al Excmo. Señor D. José de Ibarra, fechada en Madrid el 3 de diciembre de 1816, manifestando las razones que había tenido para no contestar a lo que se había escrito sobre su conducta.
- Caballero y Arigorri (D. Juan): Carta dirigida al Excmo. Señor D. Silvestre Abarca, fechada en Melilla el 5 de enero de 1776, manifestando lo inútil de su permanencia en aquel punto.
- Cabrer (D. Carlos Francisco): Comunicación dirigida al Excmo. Señor D. Francisco Sabatini, fechada en Santa Fé de Bogotá el 19 de noviembre de 1793, dando cuenta de haber solicitado del Virrey el pago del viaje (o parte de él) desde Cartagena al citado punto.
- Fernández de Folguera (D. Mariano): Comunicación dirigida al Excelentísimo Señor Ingeniero General D. Antonio Samper, fechada en Madrid el 11 de mayo de 1804, acusando recibo del nombramiento de Teniente de Rey de la Plaza de Manila y Cabo subalterno del Capitán General de las Islas Filipinas.
- Fernández Salomón (D. Antonio): Comunicación dirigida al Excmo. Señor Ingeniero General, fechada en Burgos el 20 de noviembre de 1826, acusando recibo de la R. O. que le declara impurificado en 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> instancia, y le deja las dos terceras partes del retiro que le corresponde por vía de pensión alimenticia.
- Girón (D. Pedro Agustín) (Falta el documento autógrafo, que era el siguiente): Carta dirigida a D. J. G. Otero, acusando recibo de unas

(1) Este curioso documento va acompañado de un plano de la batalla hecho por el interesado.



- muestras de dibujo a pluma, y encargándole el dibujo del emblema *propio del instituto del Cuerpo.*
- Huet y Lambert (D. Luis): Comunicación dirigida al Sr. D. Juan Martís Zermeño, fechada en Alicante el 12 de diciembre de 1750, pidiendo licencia para ir a la Corte, y que se le ascienda a Ingeniero ordinario.
- Lucuce y Ponce (D. Pedro): Carta dirigida a D. Juan Zermeño, fechada en San Sebastián el 19 de agosto de 1754, comunicándole su llegada y el reconocimiento de la Plaza.
- Martín de Paredes y Zermeño (D. Pedro): Carta dirigida al Excmo. Señor D. Silvestre Abarca, fechada en la Coruña el 16 de marzo de 1781, participándole su casamiento con la hija de los Condes de Gimonde.
- Mendizábal y Pérez de Isaba (D. Francisco): Comunicación dirigida al Excmo. Señor Ingeniero General, D. Pedro Agustín Girón, fechada en Río Janeiro el 25 de noviembre de 1822, dándole curiosas noticias sobre el estado del país.
- Nava y Alvarez de las Asturias (D. Gaspar): (No contiene ni ha contenido documento autógrafo).
- Navacerrada y Verges (D. Manuel): Comunicación dirigida al Excelentísimo Señor D. Silvestre Abarca, fechada en Cádiz el 1.º de abril de 1783, comunicando su llegada a aquella Plaza.
- Navarro (Pedro): (No contiene ni ha contenido documento autógrafo).
- Ordovás y Sastre (D. Pablo): Carta dirigida al Excmo. Señor D. Ambrosio de la Cuadra, fechada en Barcelona el 8 de agosto de 1827, comunicándole el envío del modelo del reducto cuadrado.
- Rodríguez de Berlanga (D. Mauricio): Instancia a S. M. fechada en Cádiz el 23 de octubre de 1738, pidiendo licencia por asuntos propios.
- Rodríguez de Cangas y Fito (D. Manuel): Comunicación dirigida al Excmo. Señor Ingeniero General D. Antonio Samper, fechada en Murcia el 16 de diciembre de 1810, pidiendo su hoja de servicios por haber sido destinado al Cuerpo de Estado Mayor.
- Tolosa y del Campo (D. Diego José de): Comunicación dirigida al Excelentísimo Señor Ingeniero General, fechada en Madrid el 11 de abril de 1833, dándose por enterado de su destino a Cataluña.
- Minali (D. Guillermo) (1): Carta dirigida al Excmo. Señor Ingeniero General con fecha 23 de octubre de 1802, rogándole que interponga su

(1) Del Brigadier Minali no existía retrato en el Salón, ni había existido nunca según nuestras noticias, ignorándose la causa de estar su biografía con las de los retratados.

influencia para que le concedan el grado de Teniente Coronel que tiene solicitado, por los méritos que contrajo en el navío de la Real Armada *Infante D. Pelayo* en el desgraciado combate del 14 de febrero de 1797.

**Documento número 9.**

*Dirección General de Ingenieros del Ejército.*—En las oficinas de la Academia ha de haber un ejemplar de la biografía de los Generales, cuyos retratos componen la Galería; al pie de cada una de ellas, se anotarán: el día del acto solemne en que se haya colocado el retrato, el nombre de quien lo presidió y el del Alumno que lo colocó. Esta anotación estará firmada por el Gefe del Detall con el V.º B.º del de Estudios.—Dios guarde a V. S. muchos años.—Guadalajara 8 de noviembre de 1857. *Zarco.*—Rubricado.—Señor Coronel Gefe de Estudios de la Academia de Ingenieros.

**Documento número 10.**

*Dirección General de Ingenieros del Ejército.*—Por la comunicación de V. S. fecha 17 del actual, quedo enterado del extravío que han sufrido la mayor parte de las biografías de los Generales de Ingenieros, que en distintas épocas han sido remitidas para la Biblioteca de esa Academia; y he dictado las órdenes oportunas para que sucesivamente se vaya llenando, este grande y lamentable vacío; bajo cuyo concepto se irán remitiendo las biografías que fuere posible rehacer, con arreglo al formulario adoptado para ellas.

La colección de estas biografías, se encerrará en un armario proporcionado y espresamente dispuesto a este fin, el cual se colocará y guardará en la Oficina del Detall, ordenandolo de modo que sea facil su conservación y uso, y disponiendo al efecto un índice o catálogo en que consten todas las que (se) hayan remitido.—Dios guarde a V. S. muchos años.—Madrid 23 de noviembre de 1857.—*Zarco.*—Rubricado.—Señor Coronel Gefe de Estudios de la Academia de Ingenieros.—Al margen: 24 noviembre 57.—Al Sor. Gefe del Detall para que se reúnan en la Oficina del Detall las biografías que existan, y se construya, desde luego, una caja apropiada para contenerlas.—Rubricado.

Documento número 11.

Galería de retratos.

(1) Sección.

Retrato (2)..... de

(3)..... }  
 (3)..... } D. (4).....

Grado en el Ejército.....

Grado en el Cuerpo.....

Títulos.....

Nació en..... el ... de ..... de ....

Falleció en ..... el ... de ..... de ....

Fué colocado su retrato en la Galería el ... de ..... de ....  
 por el ..... D. .... (núm. ....  
 de la promoción.....).

Orden cronológico de colocación .....

Este Ingeniero figura en el Escalafón General del Cuerpo, publicado por el MEMORIAL DE INGENIEROS (año 1911, Revista) con el núm. .... de la ..... época.

Este expediente ..... contiene ..... biografías o extractos de servicios. Tales datos se encuentran además en la Revista MEMORIAL DE INGENIEROS, año ...., y en las *Iconobiografías del Generalato español*, por D. Adolfo Carrasco y Sayz (Retratos núm. ....).

- (1) Sección de la Galería.
- (2) Al óleo, fotográfico, etc.
- (3) Apellidos.
- (4) Nombre del retratado.

## Documento número 12.

*Cuerpo de Ingenieros del Ejército.**Escuela Práctica.**Simulacro de 1844.**Orden general para el día 2 de noviembre, dada por el Excmo. Señor Ingeniero general.*

1.º .....

2.º .....

3.º El domingo 3 del actual, después de la misa que será a las doce, concurrirán todos los Señores Jefes y Oficiales del Regimiento y de la Academia al Salón de exámenes de esta, donde se verificará un acto solemne. Serán alzados y colocados en el lugar respectivo entre los retratos que forman la Galería de Ingenieros célebres, los de los Excmos. Señores: D. Juan Martín Zermeño, D. Pedro Martín Zermeño, D. Juan Caballero y D. José Urrutia, Ingenieros generales que fueron.

Los Alumnos de la Academia, por el orden de cursos y años, y dentro de estos por el de las notas de concepto, colocaran dichos retratos sucesivamente, leyendo del mismo modo las Biografías que están preparadas y deben conservarse en la Biblioteca.

Yo me reservo el honor de colocar por mí el del General Urrutía, por haberme cabido la suerte de tener ingreso en el Cuerpo, en la clásica época de su memorable mando. En seguida se alzarán igualmente, por los Alumnos a quienes corresponda, los retratos de los Excmos. Señores: D. Domingo Belestá, D. Juan Ordobás, D. Pablo Ordobás, D. Francisco Mendizábal, D. Anastasio Arango, D. Juan Quiroga y D. José Cortínez, los cuales habiendo pertenecido o perteneciendo aun al Cuerpo de Ingenieros, han llegado a la elevada clase de generales. Concluido esto, se procederá al 11.º sorteo de libros e instrumentos, etc. La música del Regimiento tocará en los intermedios.—Zarco.—Es copia: *Velasco*.

## Documento número 13.

*Orden del día 10 de octubre de 1873.*—Mañana a las dos tendrá lugar el acto solemne de colocar en la galería de retratos correspondiente el del Excmo. Señor Ingeniero General que ha sido D. Rafael Echagüe y Birmingham, cuyo acto será presidido por el Excmo. Sr. General Director Subinspector del Establecimiento Central y al cual asistirán todos los S. S. Jefes, Profesores, Ayudantes y Alumnos; éstos en traje ordinario,

menos los Alféreces Alumnos D. Rafael Aguirre y Cavieces y D. Rafael Peralta y Maroto, que se presentarán de levita cerrada y ros por estar designados para colocar el retrato, y en este mismo traje todos los demás Profesores.—El Coronel Gefe de Estudios, *Medina*.

#### Documento número 14.

*Orden de la Academia del día 15 de febrero de 1913.*—Otorgada por Real orden de 12 de diciembre último (*D. O.* núm. 283), la honrosa distinción de figurar en el Salón de retratos de esta Academia, al del difunto Teniente General, D. José de Ampudia y Valdés, Director, Subinspector que fué del Cuerpo y que ha sido donado a este Establecimiento por su descendiente el General de Brigada, D. Francisco de Ampudia, mañana tendrá lugar el solemne acto de descubrirlo ante dicho Señor, quien tiene anunciado el honrarlo con su presencia, y con arreglo al ceremonial prescrito para tales casos, por el eximio Ingeniero General Zarco del Valle, fundador de dicha Galería.

Y siendo el propósito principal que guió a éste, el que tales actos sirvieran de noble ejemplo y despertaran en la juventud que acude a esta Academia, ideas de valor y honor, de saber, de gloria y noble emulación, asistirán a él todos los Caballeros alumnos, formados con arreglo a las instrucciones que previamente recibirá el profesor de vigilancia; para lo cual, después de terminada la misa, quedarán en el patio, en la formación habitual, hasta que se disponga.

Los Profesores me acompañarán al acto, encontrándose en la Academia a las once horas.

El traje para todos será de media gala, sustituyéndole después de terminado el acto, por el de día festivo.—El Coronel Director.—Madrid.

#### Documento número 15.

*Discurso pronunciado el 14 de diciembre de 1844, por el Excmo. Señor Ingeniero General, D. Antonio Remón Zarco del Valle, con motivo del solemne acto celebrado en el Salón de exámenes generales, que al mismo tiempo sirve de Galería de Ingenieros célebres, con que terminaron los grandes ejercicios de la Escuela Práctica del referido año, distribuyendo premios entre los individuos de tropa del Regimiento de Ingenieros que más se distinguieron en la citada Escuela y en la de perfección de escritura, y verificando los sorteos 12, 13, 14 y 15 de libros e instrumentos entre los Oficiales del Cuerpo y Alumnos de su Academia Especial*—Señores: Se cierran hoy los grandes ejercicios de la Escuela Práctica del presente año; y mi satisfacción llega al entusiasmo, viendo coronados los esfuer-

zos de los individuos de este Cuerpo benemerito, que han hecho de su saber y aplicación, modesto alarde.

En momento tan clasico, no dirijo mi voz a los Gefes y Oficiales, si bien jóvenes los mas, veteranos todos en la profesión, adornados de gloriosas cicatrices y condecoraciones propias del honor y del valor. Hablo con esa animosa juventud que es la esperanza del Cuerpo de Ingenieros.

No quisiera yo que el brillo de los ejercicios desvirtuara la austeridad y constancia que el estudio supone. La teoría y la práctica son como el alma y el cuerpo: juntas lo pueden todo, si se separan, este perece.

Torrentes de instrucción corren aquí por todas partes, y, ¿se desperdiciaran? La ardientísima pasión al saber, que yo quiero y espero ver en vuestros semblantes; ese amor a la gloria que engendra el valor; esa rara pero feliz alianza de las virtudes científicas y guerreras, forman cabalmente la divisa de los Cuerpos facultativos.

Si yo no temiese atropellar los fueros de la modestia, citaría un ejemplo vivo que tenemos a la vista (1), y habla callando, como esos lienzos mudos pero elocuentísimos. ¡Imitadlo jóvenes alumnos! Poned la mano sobre vuestro corazón, que sin duda late en estos instantes con más fuerza, y si sentís el ardor que yo quiero inspiraros, merecereis el aprecio de vuestro General, las gracias de nuestra Reina, las bendiciones de vuestras familias, y un lugar en esta Galería de Ingenieros Célebres.

#### Documento número 16.

*Colocación del retrato del Excmo. Señor Teniente General Don Joaquín de Peralta y Pérez de Salcedo, Ingeniero General que ha sido, en el Salón de retratos, de la Academia Especial de Ingenieros del Ejército.*—ACTA: Reunidos en el gran salón de retratos de la Academia de Ingenieros, en la Ciudad de Guadalajara, el cuatro de abril de mil ochocientos setenta y cinco, bajo la Presidencia del Excmo. Señor General Director Subinspector del Establecimiento Central, D. Roque Clavijo, los S. S. Jefes de la Academia y Profesores, así como los Alumnos de todos los años, a la una de la tarde del día cuatro de abril de mil ochocientos setenta y cinco, el Señor Coronel Jefe de Estudios, D. Ramón Medina y Orbeta, despues de tomada la venia del Excmo. Señor Presidente, entregó el retrato al oleo y con marco dorado del Excmo. Señor Teniente General D. Joaquín de Peralta y Pérez de Salcedo e Ingeniero General, que ha sido de quien había tenido el honor de recibirlo, a los Alféreces Alumnos D. Juan Bernard, del 4.º año, y D. Alfredo Cortés del 3.º, para que lo colocasen en

(1) Estaba presente el General Cortínez.

el sitio designado al efecto de antemano, lo cual ejecutaron en presencia de todos los S. S. mencionados.

Y para que conste debidamente se levantó la correspondiente acta que firman el Excmo. Señor General y S. S. Jefes y Oficiales de la Academia.—Rafael Clavijo.—Ramón Medina y Orbeta.—Manuel Miquel.—Manuel Walls.—Bernardo Portuondo.—Luciano de Miranda.—López M.<sup>a</sup> Blanco.—José Babé y Gely.—Manuel Vallespín y Sarabia.—Juan A. Reyes y Rich.—José Casamitjana.—Ramiro de Bruna.—Pedro Pedraza y Cabrera.—José Marvá y Mayer.—Javier Losarcos.—Alfredo Cortés.—Ramón Arnau.

Documento número 17.

*Número de retratos de la Galería.*

ESTADO DE LA GALERÍA	De Ingenieros					De Generales que no pertenecieron al Cuerpo	TOTAL	
	1. <sup>a</sup> época.	2. <sup>a</sup> época.	3. <sup>a</sup> época		4. <sup>a</sup> época.			Total.....
			I	II				
<i>Número de retratos que existían antes del incendio:</i>								
1. <sup>a</sup> Sección.....	»	3	»	»	12	15	»	15
2. <sup>a</sup> Sección.....	»	11	1	»	4	16	14	30
3. <sup>a</sup> Sección.....	1	24	9	2	23	59	»	59
TOTAL.....	1	38	10	2	39	90	14	104
<i>Número de retratos salvados del incendio que existen actualmente:</i>								
1. <sup>a</sup> Sección.....	»	»	»	»	8	8	»	8
2. <sup>a</sup> Sección.....	»	3	»	»	1	4	»	4
3. <sup>a</sup> Sección.....	»	8	5	»	6	19	»	19
TOTAL.....	»	11	5	»	15	31	»	31

Documento número 18.

*Relación nominal alfabética de los 104 Señores, cuyos retratos figuraban en la Galería antes del incendio.*—En cada retrato se han hecho constar los siguientes datos:

1.º Época y número dentro de cada época en relación con el Escala-

fón General del Cuerpo, publicado por el MEMORIAL DE INGENIEROS en 1911.—Los señalados con \* no pertenecieron al Cuerpo.

2.º Apellidos, nombres, títulos y grado del retratado. Los que figuran con *cursiva* corresponden a retratos que se salvaron del incendio y existen actualmente por lo tanto.

3.º Lugar y fecha de nacimiento.

4.º Lugar y fecha de la defunción.

5.º Sección de la Galería a que pertenece el retrato.

6.º Fecha de colocación en la Galería y nombre del que lo colocó o descubrió.

7.º Clase de retrato: óleo (O), o fotográfico (F).

8.º Autor del retrato.

2.ª, 292. Abarca y Aznar (D. Silvestre): T. G., Lumbier (Navarra), 1.º abril 1720. Medinaceli (Soria), 3 enero 1784. 2.ª Sección. 1853 a 1866 (O).

\* Abarca de Bolea (D. Pedro Pablo), Conde de Aranda: C. G., Sietamo (Huesca), julio 1719. Epila (Zaragoza), 9 enero 1798. 2.ª Sección. 30 mayo 1844. Alumno, D. Emilio Díaz y Campos (O).

3.ª, II-35. Aizpurua y Casamayor (D. José Ramón de): B., Pasajes (Guzpúzcoa), 4 diciembre 1777. Badajoz, 29 octubre 1856. 3.ª Sección. 14 septiembre 1913. Segundo Teniente, alumno, D. Manuel Rodríguez González (O).

\* Alava Esquivel, Sáenz de Navarrete y Peralta (D. Miguel Ricardo de): T. G., Vitoria, 7 febrero 1772. Tours (Francia), 14 julio 1843. 2.ª Sección. 4 enero 1853. Subteniente, alumno, D. Leandro Delgado y Fernández (O).

4.ª, 165. Almirante y Torroella (D. José): M. C., Valladolid, 16 julio 1823. Madrid, 23 agosto 1894. 2.ª Sección. 15 febrero 1914. Segundo Teniente, alumno, D. Manuel Rodríguez González (O), E. Morata.

3.ª, I-75. Amat y Bonifaz (D. Bartolomé de): B., Barcelona, 13 agosto 1786. Madrid, 28 septiembre 1850. 3.ª Sección. 4 junio 1856. Alumno, D. Pedro León de Castro (O), Asunción Amat de Tiscar.

2.ª, 503. Ampudia y Valdés (D. José de): M. C., Vinaróz (Castellón), 13 agosto 1741. Trujillo (Cáceres), 23 febrero 1809. 3.ª Sección. 16 febrero 1913. Segundo Teniente, alumno, D. Juan Hernández Núñez (O).

4.ª, 166. Aparici y Biedma (D. José María): M. C., Valencia, 22 febrero 1824. Madrid. 31 agosto 1894. 2.ª Sección (F).

2.ª, 721. Arango y Núñez del Castillo (D. Anastasio): M. C., Habana (Cuba), 21 febrero 1772. Habana (Cuba), 5 enero 1856. 3.ª Sección.



- 9 noviembre 1844. Alumno, D. José María Muñoz (O), Santiago  
Dijón Expuncet.
- 3.<sup>a</sup>, I-21. *Arco-Agüero y Yobif (D. Felipe del)*: M. C., Villaverde, 20 fe-  
brero 1787. Badajoz, 13 septiembre 1821. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo  
1844. Alumno, D. Enrique Puigmoltó y Mayans (O), Francisco  
Van Halen.
- 2.<sup>a</sup>; 779. *Arechavala y Villodas (D. Miguel)*: M. C., Beotegui (Alava),  
9 octubre 1774. Pamplona, 27 agosto 1840. 3.<sup>a</sup> Sección. 16 no-  
viembre 1850. Alumno, D. José Martínez de Tejada (O).
- 2.<sup>a</sup> 726. *Atero y González (D. Miguel María de)*: M. C., Antequera  
(Málaga), 1768. Barcelona, 11 septiembre 1844. 3.<sup>a</sup> Sección. 30  
mayo 1845 (1). D. Arturo Escario Molina (2) (O).
- 2.<sup>a</sup>, 523. *Azara y Perera (D. Félix de)*: B., Barbuñales (Huesca), 19  
mayo 1742. Huesca, 20 octubre 1821. 3.<sup>a</sup> Sección. 1853 a 1856 (O).
- 2.<sup>a</sup>, 766. *Balanzat de Orbray y Briones (D. Luis María)*: T. G., Ibiza,  
27 marzo 1775. Madrid, 9 febrero 1843. 2.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844.  
Alumno, D. Juan Orduña Feliú (O).
- 2.<sup>a</sup>, 786. *Bayo y García Prado (D. Manuel)*: M. C., Guajuapa (Méjico),  
15 agosto 1782. Cádiz 7 enero 1871. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844.  
Alumno, D. Antonio Torner y Carbó (O), José María Romero.
- 2.<sup>a</sup>, 494. *Belestá y Paret (D. Domingo)*: M. C., Alicante, 4 mayo 1742.  
Cádiz, 7 diciembre 1819, 3.<sup>a</sup> Sección. 3 noviembre 1844. Alumno,  
D. Arturo Escario y Molina (O), Anónimo.
- \* *Blake y Joyes (D. Joaquín)*: C. G., Málaga, 18 agosto 1759. Va-  
lladolid, 27 abril 1827. 2.<sup>a</sup> Sección. 30 Mayo 1844. Subteniente,  
alumno, D. Francisco Ulloa y Ossa (O).
- 4.<sup>a</sup>, 135. *Brull y Sinues (D. Andrés)*: M. C., Madrid, 29 noviembre  
1818. Sevilla, 26 febrero 1887. 3.<sup>a</sup> Sección. noviembre 1906 (O).
- 4.<sup>a</sup>, 492. *Bruna y García-Suelto (D. Ramiro de)*: G. B., Madrid, 7 julio  
1844. Madrid, 1.<sup>o</sup> septiembre 1907. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1909 (O),  
E. Morata.
- 4.<sup>a</sup>, 112. *Burriel y Lynch (D. Pedro Andrés)*: M. C., Madrid, 26 agosto  
1817. Madrid, 19 noviembre 1884. 2.<sup>a</sup> Sección. 1888 (O), R. Na-  
varro.
- 2.<sup>a</sup>, 301. *Caballero y Arigorri (D. Juan)*: T. G., Puerto Longón (Italia),  
20 abril 1713, Valencia, 21 noviembre 1791. 2.<sup>a</sup> Sección. 30 no-  
viembre 1844. Alumno, D. José Cachafeiro y Domínguez (O).

(1) Según el MEMORIAL DE INGENIEROS de 1848. La biografía tiene raspada la  
fecha, y escrito encima 8 junio 1845.

(2) Según dijo el Gefe de Estudios al Ingeniero General en 7 diciembre 1847.

- 2.<sup>a</sup>, 607. Cabrer y Rodríguez (D. Carlos Francisco): T. G., Madrid, 11 diciembre 1758. Valencia, 1.<sup>o</sup> diciembre 1843. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844. Alumno, D. Mariano Moreno y Herrero (O), Anónimo.
- \* Caro y Sureda (D. Pedro), Marqués de la Romana: C. G., Palma (Mallorca), 1.<sup>o</sup> octubre 1761. Cartafé (Portugal), 23 enero 1811. 2.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1846. Alférez Alumno, D. Juan Alvarez de Sotomayor (O), Vicente López.
- 3.<sup>a</sup>, I-25. *Carrillo de Albornoz y Archer (D. Mariano)*: M. C., Antequera (Nueva España), 1784. Habana (Cuba), 15 agosto 1847. 3.<sup>a</sup> Sección. 15 agosto 1847. Alumno, D. Droctoveo Castañón (O).
- 4.<sup>a</sup>, 1447. Castellví y Hortega (D. Rafael): Cte., Tarlac (Filipinas), 10 enero 1887. Madrid, 10 diciembre 1914. 1.<sup>a</sup> Sección. 31 mayo 1916. Segundo Teniente Alumno, D. Francisco Rojas Guisado (F).
- 4.<sup>a</sup>, 126. Castillo y Gil de la Torre (D. Ignacio María del), Conde de Bilbao: T. G., Veracruz (Méjico), 9 febrero 1817. Madrid, 8 enero 1893. 3.<sup>a</sup> Sección. 31 octubre 1920. Alférez Alumno, D. Pompeyo García Vallejo (O), E. Abaitua.
- 4.<sup>a</sup>, 461. *Cazorla y Prats (D. Emilio)*: Cte., Ceuta (Cádiz), 12 abril 1845. Artazu (Pamplona), 6 octubre 1873. 1.<sup>a</sup> Sección. 31 octubre 1920. Alférez Alumno, D. Fernando Otero-Cossío y León (F).
- 4.<sup>a</sup>, 321. Cerero y Saenz (D. Rafael): T. G., Cádiz, 13 noviembre 1832. Madrid, 29 marzo 1906. 3.<sup>a</sup> Sección. 12 febrero 1922. Alférez Alumno, D. José Peñaranda Barea (O), E. Abaitua.
- 4.<sup>a</sup>, 108. Clavijo y Pló (D. Rafael): M. C., Madrid, 12 julio 1807. Vitoria, 23 diciembre 1884. 3.<sup>a</sup> Sección (O), T. Carnicero.
- 4.<sup>a</sup>, 285. Climent y Martínez (D. Vicente): B., Mahón, 1.<sup>o</sup> octubre 1826. Guadalajara, 22 abril 1888. 3.<sup>a</sup> Sección (O), Contreras, 1885.
- 3.<sup>a</sup>, I-5. Cortínez y Espinosa (D. José): T. G., Caracas (Venezuela), 22 abril 1782. Madrid, 21 noviembre 1855. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 noviembre 1844. Alumno, D. Fernando Recacho Fuentes (O), A. Esquivel.
- 2.<sup>a</sup>, 755. Diruel (I) y Ripando (D. Gaspar): T. G., Palma (Mallorca), 15 marzo 1777. Salamanca, 27 diciembre 1854. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844. Subteniente Alumno, D. Santiago de la Torre (O).
- \* Echagüe y Bermingham (D. Rafael), Conde del Serrallo: T. G., San Sebastián, 1815. Madrid, 23 noviembre 1887. 2.<sup>a</sup> Sección. 11 octubre 1873. Alféreces Alumnos, D. Rafael Aguirre y Cavieces y D. Rafael Peralta y Maroto (F) (2).

(1) En un documento de la época se lee Durwell en vez de Diruel.

(2) Substituído el 5 de marzo de 1922 por otro retrato al óleo, regalado por el Excmo. Señor Duque del Infantado.

- \* Echevarría y Castillo (D. José Ignacio), Marqués de Fuente-Fiel: T. G., Valladolid, 31 julio 1817. Madrid, 4 junio 1898. 2.<sup>a</sup> Sección (O).
- 2.<sup>a</sup>, 660. Fernández de Folguera y Fernández Flores (D. Mariano): B., Barcelona, 21 febrero 1766. Manila (Filipinas), 3 junio 1823. 3.<sup>a</sup> Sección (O), Anónimo.
- 2.<sup>a</sup>, 722. *Fernández Salomón (D. Antonio)*: M. C., Burgos, 13 julio 1771. Madrid, 9 abril 1845. 2.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1845. Subteniente Alumno, D. Santiago Fernández Bazán (O).
- \* Fernández San Miguel y Valledor (D. Santos): T. G., Gijón (Oviedo), 1.<sup>o</sup> noviembre 1787. Madrid, 11 febrero 1860. 2.<sup>a</sup> Sección. 4 junio 1856. Subteniente Alumno, D. José Piñar y Zayas.
- 4.<sup>a</sup>, *Figueroa y Alonso Martínez (D. José)*: T., Madrid, 24 diciembre 1897. Tefer (Larache), 19 octubre 1920. 1.<sup>a</sup> Sección. 12 febrero 1922. Alférez Alumno, D. José Ruiz de Valdivia.
- 4.<sup>a</sup>, 2. García San Pedro y García (D. Fernando): B., Madrid, 24 agosto 1795. Madrid, 17 julio 1854. 3.<sup>a</sup> Sección. 4 junio 1856. Jefe de Estudios, D. Luis Gautier y Castro (O), B. Blanco.
- 4.<sup>a</sup>, 87. Gautier y Castro (D. Luis): T. G., San Lorenzo de Atogrande (Puerto Rico), 2 diciembre 1812. Vitoria, 29 mayo 1885. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 marzo 1919. Alférez Alumno, D. Leoncio Martínez Fernández (F).
- \* Girón y de las Casas (D. Pedro Agustín), Marqués de las Amarillas, Duque de Ahumada: T. G., San Sebastián (Guipúzcoa), 2 enero 1778. Madrid, 17 mayo 1842. 2.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844. Alumno, D. Fernando Montero (O).
- 4.<sup>a</sup> 491. *Hernández y Fernández (D. Joaquín)*: Cnel., Vélez (Cuenca), 30 diciembre 1845. Monte Esquinza (.....), 22 febrero 1875. 1.<sup>a</sup> Sección (F).
- 4.<sup>a</sup>, 20. Herrera García y Griceliz (D. José): M. C., Puerto de Santa María (Cádiz), 21 febrero 1798. Granada, 15 abril 1865. 3.<sup>a</sup> Sección. 18 febrero 1864. Coronel, D. Joaquín Terrer y Ruiz (O).
- 2.<sup>a</sup>, 308. Huet y Lambert (D. Luis): T. G., Liorna (Italia), 4 mayo 1722. San Lucar de Barrameda (Cádiz), 27 octubre 1798. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844. Subteniente alumno, D. Federico Alameda Liancourt (O), Anónimo.
- 4.<sup>a</sup>, 189. Ibáñez e Ibáñez de Ibero (D. Carlos), Marqués de Mulhacen: G. D., Barcelona, 14 abril 1825. Niza (Francia), 28 enero 1891. 3.<sup>a</sup> Sección, 30 mayo 1909. Segundo Teniente alumno, D. Arsenio Jiménez Montero (O).
- 4.<sup>a</sup>, 1.291. Jiménez Millas (D. Emilio): Cte., Madrid, 28 julio 1879,

- Madrid, 15 junio 1916. 1.<sup>a</sup> Sección. 30 marzo 1919. Alférez alumno, D. Atilio Ley Gracia (F).
- 3.<sup>a</sup>, I-79. Lasauca y Sebastián (D. Antonio): M. C., Oviedo, 5 noviembre 1789. Barcelona, 12 junio 1857. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1846. Alumno, D. Arturo Escario Molina (O).
- 4.<sup>a</sup>, 1.502. *Loizu e Ilarraz (D. José)*: Cap., Burguete (Navarra), 1.<sup>o</sup> enero 1887. Tetuán (Africa), 19 julio 1916. 1.<sup>a</sup> Sección. 17 noviembre 1916. Segundo Teniente alumno, D. José Bach Eeija (F).
- 2.<sup>a</sup>, 637. Lope y Pérez (D. Ramón): M. C., Madrid, 22 abril 1762. San Fernando (Cádiz), 12 abril 1837. 2.<sup>a</sup> Sección. 4 junio 1856. Subteniente alumno, D. Joaquín Montesoro y Navarro (O), B. Blanco, 1856.
- 4.<sup>a</sup>, 1.237. *López y Pérez (D. Félix)*: Cte., Almarza (Soria), 2 mayo 1879. Melilla, 23 diciembre 1911. 1.<sup>a</sup> Sección. 17 noviembre 1916. Segundo Teniente alumno, D. José Gil Lasantas (F).
- 2.<sup>a</sup>, 218. Lucuce y Ponce (D. Pedro Tomás): T. G., Avilés (Asturias), 21 noviembre 1692. Barcelona, 20 noviembre 1779. 2.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844. Alumno, D. Fernando Recacho Fuentes (O).
- 4.<sup>a</sup>, 596. Llave y García (D. Joaquín de la): G. B., Barcelona, 15 septiembre 1853. Madrid, 22 septiembre 1915. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 marzo 1919. Alférez alumno, D. Agustín Tejedor Sanz (O), T. Dublang.
- 2.<sup>a</sup>, 430. *Marqueli (D. Luis)*: M. C., Sabona (.....), 1.<sup>o</sup> enero 1740. Santa Cruz de Tenerife, 16 diciembre 1817. 3.<sup>a</sup> Sección. 16 noviembre 1850. Subteniente alumno, D. Amado López Esquerri (O).
- 2.<sup>a</sup>, 113. Martín Cermeño (D. Juan): T. G., Ciudad-Rodrigo (Salamanca), ..... Barcelona, 17 febrero 1773. 2.<sup>a</sup> Sección. 3 noviembre 1844. Subteniente alumno, D. Santiago Fernández Bazán (O).
- 2.<sup>a</sup>, 306. Martín de Paredes y Cermeño (D. Pedro): T. G., Melilla, .. diciembre 1721. La Coruña, 1798. 2.<sup>a</sup> Sección. 3 noviembre 1844. Alumno, D. Federico Cerranuzza (O).
- 2.<sup>a</sup>, 681. Mendizábal y Pérez de Isaba (D. Francisco Javier de): M. C., San Sebastián (Guipúzcoa), 22 diciembre 1763. Sevilla, 1.<sup>o</sup> enero 1838. 3.<sup>a</sup> Sección. 3 noviembre 1844. Alumno, D. Antonio Torner Carbó (O), J. M. R.
- 4.<sup>a</sup>, 66. Monteverde y Bethencourt (D. Manuel): M. C., Orotava (Tenerife), 16 junio 1798. Madrid, 30 agosto 1868. 3.<sup>a</sup> Sección. 29 noviembre 1914. Segundo Teniente alumno, D. Luis Ruiz Jiménez (O).
- 4.<sup>a</sup>, 40. *Muñoz y Pérez Granados (D. Juan María)*: M. C., San Fer-

- nando (Cádiz), 19 mayo 1799. Sevilla, 5 abril 1878. 3.<sup>a</sup> Sección. 1887 (O).
- \* Nava y Alvarez de las Asturias (D. Gaspar María de), Conde de Noroña: T. G., Castellón, 6 mayo 1760. Madrid, 9 diciembre 1816. 2.<sup>a</sup> Sección. 2 enero 1848. Subteniente alumno, D. José Cachafeiro Domínguez (O), Calixto Ortega.
- 2.<sup>a</sup>, 305. Navacerrada y Verges, Ruiz Mercader (D. Manuel de): T. G., Barcelona, 17 julio 1725. Madrid, 14 enero 1794. 3.<sup>a</sup> Sección. ¿1853 a 1856? (O), Florentina Decracue García, 1853.
- 1.<sup>a</sup>, 1. Navarro (Pedro), Conde de Venadito: General, Cantabria (. . . .), 1460. Castilnovo (. . . . .), 1528. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844. Subteniente alumno, D. Santiago Fernández Bazán (O), Anónimo.
- 3.<sup>a</sup>, 143. Navarro y Herrera (D. José): M. C., Algecira\* (Cádiz), 28 octubre 1784. . . . . 3.<sup>a</sup> Sección (O).
- 2.<sup>a</sup>, 655.—Ordovás y Sastre (D. Juan): M. C., Sevilla, 22 diciembre 1760. Madrid, 7 diciembre 1831. 3.<sup>a</sup> Sección. 3 noviembre 1844. Alférez alumno, D. Emilio Bernáldiz y Fernández (O), Anónimo.
- 2.<sup>a</sup>, 682. Ordovás y Sastre (D. Pablo): M. C., Sevilla, 1762. Barcelona, 23 enero 1832. 3.<sup>a</sup> Sección. 3 noviembre 1844. Alumno, D. Juan Vidal Abarca Cayuela (O), Sandoval.
- 4.<sup>a</sup> Otero-Cossío y León (D. Fernando): T., Las Palmas (Gran Canaria), 15 agosto 1901. Irgerman (Melilla), 7 noviembre 1921. 1.<sup>a</sup> Sección. 12 febrero 1922. Alférez Alumno, D. Rafael Martínez Vila (F).
- 4.<sup>a</sup>, 721. Padrós y Cuscó (D. José): G. B., Caldas de Montbuy (Barcelona), 15 septiembre 1858. Ceuta, 29 junio 1916. 3.<sup>a</sup> Sección. 17 noviembre 1916. Segundo Teniente Alumno, D. Francisco Prats Bonal (F).
- \* Peralta y Pérez de Salcedo (D. Joaquín de): T. G., La Coruña, 13 octubre 1823. Madrid, 15 febrero 1876. 2.<sup>a</sup> Sección. 4. abril 1875 (O), Emilio Martínez.
- 2.<sup>a</sup>, 737. Pérez (D. Juan): M. C., Ceuta, 25 abril 1760. Barcelona, 1.<sup>o</sup> enero 1831. 3.<sup>a</sup> Sección. 4 junio 1856. Subteniente Alumno, Don Miguel Goicoechea (O), B. Blanco, 1856.
- 2.<sup>a</sup>, 737. Prieto de la Quintana (D. José): M. C., Ayamonte (Huelva), 1773. 9 marzo 1852. 3.<sup>a</sup> Sección. 15 agosto 1847. Subteniente Alumno, D. Juan Bautista Puyol (O).
- \* Prim y Prats (D. Juan), Marqués de los Castillejos, Conde de Reus, Vizconde del Bruch: T. G., Reus (Tarragona), diciembre 1814. Madrid, 30 diciembre 1870. 2.<sup>a</sup> Sección. 10 mayo 1863. Teniente Caballería Alumno, D. Pedro Martínez Gordón (O), E. Valldeperas.

- 2.<sup>a</sup>, 790. *Quiroga y Apeolaza (D. Juan de)*: M. C., Santiago (Chile), mayo 1774. Zaragoza, 10 octubre 1845. 3.<sup>a</sup> Sección. . . noviembre 1844. Subteniente Alumno, D. Santiago de la Torre (O).
- 3.<sup>a</sup>, I 3. Remón Zarco del Valle y Huet (D. Antonio): T. G., La Habana (Cuba), 30 mayo 1785. . . . . 20 abril 1866. 2.<sup>a</sup> Sección. 3 junio 1847. Subteniente Alumno, D. Ramón Távira Gastón (O), A. Esquivel, 1847.
- 2.<sup>a</sup>, 450. *Requena y Herrera (D. Francisco)*: T. G., Orán (. . . . .), 26 enero 1743. Madrid, 11 febrero 1824. 3.<sup>a</sup> Sección. 1881 (F).
- 2.<sup>a</sup>, 708. *Rodríguez de Berlanga (D. Mauricio)*: M. C., Cádiz, 22 septiembre 1758. Sevilla, 26 abril 1837. 3.<sup>a</sup> Sección. 27 diciembre 1848 (O).
- 2.<sup>a</sup>, 749. *Rodríguez de Cangas y Fito (D. Manuel)*: M. C., Madrid, 20 abril 1773. . . . . 2.<sup>a</sup> Sección. 8 noviembre 1857. Subteniente Alumno, D. Pedro León de Castro (O), J. Roldán, 1851.
- 4.<sup>a</sup>, 167. *Rodríguez de Quijano y Arroquia (D. Angel)*: M. C., La Carolina (. . . . .), 26 mayo 1820. Madrid, 16 junio 1903. 3.<sup>a</sup> Sección. 20 agosto 1900 (F).
- 4.<sup>a</sup> Rojas y Guisado (D. Francisco): Cap., Madrid, 30 agosto 1897. Ceuta, 12 agosto 1920. 1.<sup>a</sup> Sección. 12 febrero 1922. Alférez Alumno, D. Antonio Mira Orduña (O), F. Rojas.
- 4.<sup>a</sup>, 132. *Rojo y García (D. Onofre)*: M. C., Madrid, 1.<sup>o</sup> noviembre 1817. La Habana (Cuba), 8 octubre 1879. 3.<sup>a</sup> Sección. 1888 (O), Gabriel Maurelo.
- 2.<sup>a</sup>, 725. *Ruiz Mateos y de Lorenzo (D. Eusebio)*: M. C., Cartagena (. . . . .), 4 junio 1777. . . . . 24 septiembre 1854. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1846. Alumno, D. José Angel Fernández (O).
- 4.<sup>a</sup>, 243. Ruiz Zorrilla y Ruiz del Arbol (D. Francisco): M. C., Zamora, 6 septiembre 1826. Zamora, 16 junio 1880. 3.<sup>a</sup> Sección (O).
- 2.<sup>a</sup>, 777. Salazar y Salazar (D. Pedro Antonio): M. C., Herramelluri (Logroño), 19 febrero 1782. Madrid, 11 abril 1861. 3.<sup>a</sup> Sección. 8 noviembre 1857. Subteniente Alumno, D. Miguel de Goicoechea (O).
- 4.<sup>a</sup>, 432. Saleta y Cruzent (D. Honorato de la): G. B., Calella (Barcelona), 11 julio 1844. Villafranca (Navarra), 8 mayo 1915. 3.<sup>a</sup> Sección. 12 febrero 1922. Alférez Alumno, D. Máximo Pons Salinero (O), E. Abaitua.
- 2.<sup>a</sup>, 525. Samper y Samper (D. Antonio): T. G., Alcoy (Alicante), 31 diciembre 1744. Cádiz, 21 mayo 1812. 2.<sup>a</sup> Sección. 11 diciembre 1852 (O).
- 2.<sup>a</sup>, 706. Sanguenís y Torres (D. Antonio): Cnel., Albelda (Huesca), 12

- julio 1767. Zaragoza, 12 enero 1809. 1.<sup>a</sup> Sección (O), J. González.
- \* Sanz y Soto (D. Laureano): T. G., Tuy (Pontevedra), 5 julio 1793. Madrid, 5 septiembre 1868. 2.<sup>a</sup> Sección. 1906 (O), A. Esquivel, 1847.
- 2.<sup>a</sup>, 756. *Serrallach y Rivas (D. Francisco)*: M. C., Barcelona, 14 julio 1777. Barcelona, 6 octubre 1860. 2.<sup>a</sup> Sección. 15 agosto 1847. Subteniente Alumno, D. Arturo Escario Molina (O).
- 4.<sup>a</sup>, 181. Sierra y Orantes (D. Ildefonso): Cnel., Granada, 13 diciembre 1821. Madrid, 1.<sup>o</sup> mayo 1883. 1.<sup>a</sup> Sección. 1887 (O), Manuel Arroyo.
- 2.<sup>a</sup>, 775. *Sociats y Grauyó (D. Juan)*: M. C., Fregenal de la Sierra (Badajoz), 27 julio 1780. Valencia, 15 diciembre 1852. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1844. Alumno, D. Jorge Molina y Ruiz (O).
- 4.<sup>a</sup>, 150. Soriano y Pérez (D. Ramón): M. C., Málaga, 28 enero 1814. Guadalajara, 23 julio 1882. 3.<sup>a</sup> Sección (O), B. Mora, 1888.
- 4.<sup>a</sup>, 75. Talledo y Díez (D. Vicente): M. C., Santa Fé de Bogotá (.....), 12 octubre 1804. Madrid, 7 abril 1880. 3.<sup>a</sup> Sección. 8 noviembre 1857. Alumno, D. Simón Saura y Font (O).
- 3.<sup>a</sup>, I-1. *Teruel de los Escuderos (D. Blas Manuel)*: M. C., Rus (Jaén), 1.<sup>o</sup> enero 1777. Granada, 19 noviembre 1849. 3.<sup>a</sup> Sección. 15 agosto 1847. Alumno, D. Droctoveo Castañón (O).
- 3.<sup>a</sup>, I-60. Tolosa y del Campo (D. Diego José de): M. C., Santa Cruz de Tenerife, 5 marzo 1785. Badajoz, 23 enero 1850. 3.<sup>a</sup> Sección. 11 diciembre 1852 (O).
- 4.<sup>a</sup>, 240. Torner y Carbó (D. Antonio): B., Zaragoza, 13 junio 1825. Madrid, 4 febrero 1883. 3.<sup>a</sup> Sección. 1888 (O), S. de la Fuente.
- \* Trillo de Figueroa y Fernández de Aramburo (D. Miguel): T. G., Granada, 7 abril 1828. Madrid, 23 junio 1881. 2.<sup>a</sup> Sección. (O), Joaquín Serrano.
- \* Urrutia y Las Casas (D. José): C. G., Encartaciones (.....), 20 noviembre 1732. Madrid, 1.<sup>o</sup> marzo 1803. 2.<sup>a</sup> Sección. 3 noviembre 1844. General, D. Antonio Remón Zarzo del Valle (O), copia de uno de Goya.
- 4.<sup>a</sup>, 72. Valdés y Casasola (D. Manuel): M. C., Ecija (Sevilla), 15 diciembre 1796. Madrid, 26 febrero 1881. 2.<sup>a</sup> Sección. 13 septiembre 1878 (F).
- 3.<sup>a</sup>, II-89. Varela de Limia (D. Manuel): B., Malpica (Coruña), 17 agosto 1796. Madrid, 9 noviembre 1853. 3.<sup>a</sup> Sección. 23 abril 1911. Segundo Teniente Alumno, D. José Rodríguez de Fuentes (O), Anónimo.
- 4.<sup>a</sup>, 446. *Vázquez Landa (D. Federico)*: Cnel., Barcelona, 15 agosto 1842. San Sebastián, 29 junio 1896. 1.<sup>a</sup> Sección, 30 mayo 1909 (F).

- 3.<sup>a</sup>, I 56. Velasco y Ordóñez (D. Quintín de): M. C., Espinosa de los Monteros (Burgos), 31 octubre 1784. . . . . (Balears), 19 julio 1851. 3.<sup>a</sup> Sección. 30 mayo 1846. Subteniente Alumno, don Fernando Recacho Fuentes (O).
- 2.<sup>a</sup>, 140. Verboom y de Vischer (D. Juan Baltasar): Cnel., . . . . .  
. . . . . 1.<sup>a</sup> Sección. 10 mayo 1863. Teniente Infantería Alumno, D. Ramón Montagut (O).
- 4.<sup>a</sup>, 143. Verdú y Verdú (D. Gregorio): B., Monóvar (Alicante), 28 abril 1818. Dima (Vizcaya), 30 enero 1876. 3.<sup>a</sup> Sección. 31 octubre 1920. Alférez Alumno, D. Cándido Iturrioz Bajo (O), T. Dublang.
- 4.<sup>a</sup>, 1453. Vicente y Gallo (D. Cipriano): Cap., Burgos, 2 septiembre 1886. Ceuta (Cádiz), 15 septiembre 1913. 1.<sup>a</sup> Sección. 31 mayo 1916. Segundo Teniente Alumno, D. Fermín Gutiérrez de Soto (F).
- 4.<sup>a</sup>, 130. Villar y Flores (D. Juan José del): M. C., Madrid, 5 marzo 1819. . . . . (Cuba), 30 enero 1867. 3.<sup>a</sup> Sección. 4 octubre 1863. Teniente Infantería Alumno, D. Hipólito Roji Dinarés (O), R. Rodríguez.
- 2.<sup>a</sup>, 678. Zapatero y Ducern (D. Juan): Cnel., Sevilla, . . . . .  
Beaume (Francia), 2 abril 1812. 1.<sup>a</sup> Sección (O).

## Documento número 19.

*Familia de Don Antonio Remón Zarco del Valle.*

- Bisabuelo.        D. Francisco Remón Zarco.
- Abuelos . . . . . { D. Bartolomé Remón Zarco.  
                          D.<sup>a</sup> Rosa Torralbo y Orbaneja.
- Padres . . . . . { D. Antonio Remón Zarco Torralbo y Orbaneja, Coronel  
                          de Ingenieros. Nació 5 marzo 1738 en Antequera. Murió 5 enero 1827. Casó en la Habana el 21 agosto 1782 con  
                          D.<sup>a</sup> María Luisa Huet y Bontemps. Nació 12 noviembre 1766 en Ceuta. Murió 14 febrero 1804 en Antequera. Era hija del Teniente General de Ingenieros D. Luis Huet y Lambert y de D.<sup>a</sup> Bárbara Bontemps.



Hermanos...

- 1) D.<sup>a</sup> María Josefa Remón Zarco y Huet. Nació 28 julio 1783 en la Habana. Murió 6 octubre 1800 en Antequera.
- 2) D. Antonio Remón Zarco del Valle y Huet. Teniente General de Ingenieros. Nació 30 mayo 1785 en la Habana. Murió 20 abril 1866 en .....
- D.<sup>a</sup> María Celestina Balez y Goicoechea.
  - 1) D. Antonio Remón Zarco y Baléz (hijo).
- 3) D.<sup>a</sup> María de la Concepción Remón Zarco y Huet. Nació 16 noviembre 1787 en Cádiz. Murió 6 octubre 1804 en Antequera.
- 4) D. Manuel Remón Zarco y Huet. Nació 16 mayo 1798 en Antequera.
- 5) D.<sup>a</sup> Ana María Remón Zarco y Huet. Nació 16 mayo 1798 en Antequera. Casó con D. Antonio María Cortés Sánchez.
  - 1) Josefa Cortés Zarco.
- 6) D. José Remón Zarco y Huet. Subteniente de Ingenieros. Nació 14 febrero 1804 en Antequera. Estuvo en la Academia de Alcalá, pero no llegó a ser Oficial del Cuerpo.

## Documento número 20.

*Relación por orden de antigüedad de los Señores cuyos retratos integraban cada una de las secciones de la Galería.*

1.<sup>a</sup> Sección (15).

2. <sup>a</sup> , 140. Verboom.	4. <sup>a</sup> , 1.291. Jiménez Millas.
2. <sup>a</sup> , 678. Zapatero.	4. <sup>a</sup> , 1.447. Castellví.
2. <sup>a</sup> , 706. Sangenis.	4. <sup>a</sup> , 1.453. Vicente Gallo.
4. <sup>a</sup> , 181. Sierra.	4. <sup>a</sup> , 1.502. Loizu.
4. <sup>a</sup> , 446. Vázquez Landa.	4. <sup>a</sup> , 1.646. Rojas.
4. <sup>a</sup> , 461. Cazorla.	4. <sup>a</sup> , 1.792. Figueroa.
4. <sup>a</sup> , 491. Hernández,	4. <sup>a</sup> , 1.844. Otero-Cossío.
4. <sup>a</sup> , 1.237. López y Pérez.	

2.<sup>a</sup> Sección (30).

a) No pertenecieron al Cuerpo (14).

Abarca de Bolea.  
Alava.

Blake.  
Caro.

Echagüo.	Peralta.
Echevarría.	Prim.
Fernández San Miguel.	Sanz.
Girón.	Trillo.
Nava.	Urrutia.

## b) Pertenecieron al Cuerpo (16)..

2. <sup>a</sup> , 113. Martín Cermeño.	2. <sup>a</sup> , 749. Rodríguez de Cangas.
2. <sup>a</sup> , 218. Lucuce.	2. <sup>a</sup> , 756. Serrallach.
2. <sup>a</sup> , 292. Abarca y Aznar.	2. <sup>a</sup> , 766. Balanzat.
2. <sup>a</sup> , 301. Caballero.	3. <sup>a</sup> , I-3. Zarco.
2. <sup>a</sup> , 306. Martín de Paredes.	4. <sup>a</sup> , 72. Valdés.
2. <sup>a</sup> , 525. Samper.	4. <sup>a</sup> , 112. Burriel.
2. <sup>a</sup> , 637. Lope y Pérez.	4. <sup>a</sup> , 165. Almirante.
2. <sup>a</sup> , 722. Fernández Salomón.	4. <sup>a</sup> , 166. Aparici.

3.<sup>a</sup> Sección (59).

1. <sup>a</sup> , 1. Navarro (Pedro).	3. <sup>a</sup> , I-56. Velasco.
2. <sup>a</sup> , 305. Navacerrada.	3. <sup>a</sup> , I-60. Tolosa,
2. <sup>a</sup> , 308. Huet.	3. <sup>a</sup> , I-75. Amat.
2. <sup>a</sup> , 430. Marqueli.	3. <sup>a</sup> , I-79. Lasanca.
2. <sup>a</sup> , 450. Requena.	3. <sup>a</sup> , II-35. Aizpúrua.
2. <sup>a</sup> , 494. Belestá.	3. <sup>a</sup> , II-89. Varela de Limia.
2. <sup>a</sup> , 503. Ampudia.	4. <sup>a</sup> , 2. García San Pedro.
2. <sup>a</sup> , 523. Azara.	4. <sup>a</sup> , 20. Herrera.
2. <sup>a</sup> , 607. Cabrer.	4. <sup>a</sup> , 40. Muñoz.
2. <sup>a</sup> , 655. Ordovás (Juan).	4. <sup>a</sup> , 66. Monteverde.
2. <sup>a</sup> , 660. Fernández de Folguera.	4. <sup>a</sup> , 75. Talledo.
2. <sup>a</sup> , 680. Pirez.	4. <sup>a</sup> , 87. Gautier.
2. <sup>a</sup> , 681. Mendizábal.	4. <sup>a</sup> , 108. Clavijo.
2. <sup>a</sup> , 682. Ordovás (Pablo).	4. <sup>a</sup> , 126. Castillo.
2. <sup>a</sup> , 708. Rodríguez de Berlanga.	4. <sup>a</sup> , 130. Villar.
2. <sup>a</sup> , 721. Arango.	4. <sup>a</sup> , 132. Rojo.
2. <sup>a</sup> , 725. Ruiz Matcos.	4. <sup>a</sup> , 135. Brull.
2. <sup>a</sup> , 726. Atero.	4. <sup>a</sup> , 143. Verdú.
2. <sup>a</sup> , 737. Prieto.	4. <sup>a</sup> , 150. Soriano.
2. <sup>a</sup> , 755. Diruel.	4. <sup>a</sup> , 167. Rodríguez de Quijano.
2. <sup>a</sup> , 775. Sociats.	4. <sup>a</sup> , 189. Ibáñez.
2. <sup>a</sup> , 777. Salazar.	4. <sup>a</sup> , 210. Torner.
2. <sup>a</sup> , 779. Arechavala.	4. <sup>a</sup> , 243. Ruiz Zorrilla.
2. <sup>a</sup> , 786. Bayo.	4. <sup>a</sup> , 285. Climent.
2. <sup>a</sup> , 790. Quiroga.	4. <sup>a</sup> , 321. Cerero.
3. <sup>a</sup> , I-1. T. ruel.	4. <sup>a</sup> , 432. Saleta.
3. <sup>a</sup> , I-5. Cortínez.	4. <sup>a</sup> , 492. Bruña.
3. <sup>a</sup> , I-21. Arco-Agüero.	4. <sup>a</sup> , 596. La Llave.
3. <sup>a</sup> , I-25. Carrillo de Albornoz.	4. <sup>a</sup> , 721. Padrós.
3. <sup>a</sup> , I-43. Navarro y Herrera.	

## Documento número 21.

*Relación de los 104 retratos que componían la Galería antes del incendio de la Academia, por orden cronológico de colocación.*

30 mayo 1844 (12):	27 diciembre 1848 (1):
Abarca de Bolea.	Rodríguez de B. (D. M.).
Arco-Agüero.	16 noviembre 1850 (2):
Balanzat.	Arechavala.
Bayo.	Marqueli.
Blake.	11 diciembre 1852 (2):
Cabrer.	Samper.
Díruel.	Tolosa.
Girón.	4 enero 1853 (1):
Huet.	Alava.
Lucce.	1853 a 1856 (3):
Navarro (Pedro).	Abarca y Aznar.
Sociats.	Navacorrada.
3 noviembre 1844 (11):	Azara.
Arango.	4 junio 1856 (5):
Belesiá.	Amat.
Caballero.	López (Ramón).
Cortínez.	Pirez.
Mendizábal.	San Miguel.
Ordovás (Juan).	San Pedro.
Ordovás (Pablo).	8 noviembre 1857 (3):
Quiroga.	Rodríguez Fito.
Urrutia.	Salazar.
Martín Cermeño.	Talledo.
Martín de Paredes.	abril 1863 (1):
30 mayo 1845 (2):	Fernández de Folgueras.
Fernández Salomón.	10 mayo 1863 (2):
Atero.	Prim.
30 mayo 1846 (4):	Verboom.
Caro.	4 octubre 1863 (1):
Lasauca.	Villar.
Ruiz (E.).	18 febrero 1864 (1):
Velasco.	Herrera.
3 junio 1847 (1)	11 octubre 1873 (1):
Zarco del Valle.	Echagüe.
15 agosto 1847 (4):	4 abril 1875 (1):
Carrillo.	Peralta.
Prieto.	13 septiembre 1878 (1):
Serrallach.	Valdés.
Teruel.	enero 1881 (1):
2 nero 1848 (1):	Roquena.
Nava.	

Trillo.	febrero 1883 (1):	Vázquez Landa. 23 abril 1911 (1):
Muñoz.	marzo 1887 (1):	Varela y Limia. 16 febrero 1913 (1):
Sierra.	1887 (1):	Ampudia. 14 septiembre 1913 (1):
Torner.	mayo 1888 (1):	Aizpúrua. 15 febrero 1914 (1):
Barriel.	junio 1888 (1):	Almirante. 29 noviembre 1914 (1):
Rojo.	julio 1888 (1):	Monteverde. 31 mayo 1916 (2):
Rodríguez de Q.	20 agosto 1900 (1):	Castellví.
	1900 a 1902 (10):	Vicente Gallo. 17 noviembre 1916 (3)
Aparici.		Loizu.
Clavijo.		López Pérez.
Echevarría.		Padrós. 30 marzo 1919 (3):
Hernández (J.).		Gautier.
Ruiz Zorrilla.		Jiménez Millas.
Sangenis.		La Llave. 31 octubre 1920 (3):
Soriano.		Castillo.
Zapatero.		Cazorla.
Navarro Herrera.		Verdú. 12 febrero 1922 (5):
Climent.	noviembre 1906 (1):	Cerero.
Brull.	diciembre 1906 (1):	Figueroa.
Sanz y Soto.	30 mayo 1909 (3):	Otero.
Bruno.		Rojas.
Ibáñez.		Saletá.

#### Documento número 22.

*Relación alfabética de 16 Señores, cuyos retratos se han tratado de adquirir en diversas épocas, sin haberlo conseguido.*

- 2.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 32). Barraquer y Llauder (D. Joaquín).
- 2.<sup>a</sup> Sección \* Belestá y González (D. Mariano).
- 3.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 17). Brochero y Bueno (D. Gregorio).
- 2.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 77). Campuzano y Herrera (D. José Luciano).
- 3.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 332). Delgado y Fernández (D. Leandro).
- 3.<sup>a</sup> Sección (3.<sup>a</sup>-II-33). Iglesia y Smith (D. Antonio de la).
- 2.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 142). López y de Vega (D. Andrés).
- 2.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 394). Luna y Orfila (D. José).

- 2.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 14). Martín del Yerro y Gómez (D. Francisco).  
 3.<sup>a</sup> Sección (2.<sup>a</sup>, 683). Minali (D. Guillermo de).  
 3.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 1). Piélagos y Fernández de Castro (D. Celestino del).  
 3.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 48). Ribero y Tevilla (D. Antonio Cirilo del).  
 3.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 89). Sáenz de Buruaga (D. Gabriel).  
 3.<sup>a</sup> Sección (4.<sup>a</sup>, 90). Sánchez Oserio y Sarroca (D. Antonio).  
 3.<sup>a</sup> Sección (3.<sup>a</sup>-I-10). Santillana y Díez (D. Miguel de).  
 2.<sup>a</sup> Sección \* Urbina y Daoiz (D. Cayetano de).

**Documento número 25.**

*Relación nominal alfabética de los 31 Señores, cuyos retratos se salvaron del incendio.*

- Amat y Bonifaz (D. Bartolomé de).  
 Aparici y Biedma (D. José María).  
 Arco-Agüero y Yolif (D. Felipe del).  
 Bayo y García-Prado (D. Manuel).  
 Carrillo de Albornoz y Archer (D. Mariano).  
 Cazorla y Prats (D. Emilio).  
 Fernández Salomón (D. Antonio).  
 Figueroa y Alonso-Martínez (D. José).  
 Hernández y Fernández (D. Joaquín).  
 Loizu e Ilaraz (D. José).  
 López y Pérez (D. Félix).  
 Marqueli (D. Luis).  
 Muñoz y Pérez-Granados (D. Juan María).  
 Navarro y Herrera (D. José).  
 Otero Cossío y León (D. Fernando).  
 Padrós y Cuscó (D. José).  
 Prieto de la Quintana (D. José).  
 Quiroga y Apeolaza (D. Juan de).  
 Requena y Herrera (D. Francisco).  
 Rodríguez de Berlanga (D. Mauricio).  
 Rodríguez de Cingas y Fito (D. Manuel).  
 Rodríguez de Quijano y Arroquia (D. Ángel).  
 Rojo y García (D. Onofre).  
 Ruiz Mateos y de Lorenzo (D. Eusebio).  
 Serrallach y Rivas (D. Francisco).  
 Sociats y Grau-yo (D. Juan).  
 Teruel de los Escuderos (D. Blas Manuel).

Vázquez Landa (D. Federico).  
 Verdú y Verdú (D. Gregorio).  
 Vicente Gallo (D. Cipriano).  
 Villar y Flores (D. Juan José del).

**Documento número 24.**

*Relación nominal alfabética de los 87 Jefes y Oficiales que han pertenecido al Cuerpo, cuyos retratos pueden figurar en la 1.ª Sección de la Galería, por las circunstancias que se expresan.*

a) Figura, en primer lugar, si *perteneció* o no al Cuerpo.

4.º, 347. Época y número de cada uno en el «Escala-fón General del Cuerpo» publicado por el MEMORIAL DE INGENIEROS en 1911 (Documentos números 24, 25 y 26).

\* No perteneció al Cuerpo (Documento n.º 25).

b) Para el *cargo* que desempeñó cada uno (Documento 26) se han hecho uso de las siguientes notaciones:

I. G. Ingeniero (o Director o Comandante) General en propiedad.

Ingeniero (o Director o Comandante) General interino.

Int.º Encargado del despacho de los asuntos.

J. S. Jefe de la Sección de Ingenieros del Ministerio.

c) Para los *empleos*, las notaciones son (Documentos números 24, 25 y 26):

C. G. Capitán General.

T. G. Teniente General.

M. C. Mariscal de Campo.

G. D. General de División.

B. Brigadier.

G. B. General de Brigada.

Cor. Coronel.

T. C. Teniente Coronel.

C.<sup>to</sup> Comandante.

C.<sup>n</sup> Capitán.

T. Teniente o 1.º Teniente.

A. Alférez o 2.º Teniente.

d) Los que figuran con *cursiva* (Documentos números 24, 25 y 26) tienen retratos actualmente en la Galería por haberse salvado del incendio.

e) Los *Ingenieros Generales* que pertenecieron al Cuerpo figuran en el Documento núm. 25 (como Ingenieros Generales) y en el núm. 26 (por

haber pertenecido al Cuerpo). Sin embargo, sólo en el núm. 26 se han puesto los datos correspondientes a biografías y retratos existentes.

f) *Biografías*. (Documentos números 24, 25 y 27). Hay biografía, necrología o extracto de servicios:

- (E.) En el expediente del retrato.
- (M.) En el MEMORIAL DE INGENIEROS.
- (E. M.) En la obra *Estado Mayor General del Ejército Español*. Madrid. 1851-55.
- (C.) En la obra de Carrasco.

Por ejemplo:

5 Biografías: (E.) (M. 1881, 116; 1885 m.) (C. 103) (E. M.), que quiere decir que hay cinco biografías del interesado: una en el expediente del retrato, otra en la página 116 del MEMORIAL de 1881, otra en el tomo de *Memorias* del MEMORIAL de 1885, otra en la página 103 de la obra del General Carrasco y otra en la obra del Estado Mayor General.

g) *Retratos* que existen (Documentos números 24, 25 y 26):

Se han empleado para los retratos al óleo que existen en Dependencias, Centros, colecciones, etc., las notaciones de la primera columna que sigue, y para los dibujos, estampas, grabados, etc., publicados en libros, colecciones, publicaciones periodísticas, etc., las notaciones de la segunda columna. Así:

(3) M. U. 1847. H. E. 4.º (2) I. E. 1879. 1885

quiere decir: que hay 3 retratos de la segunda clase en el «Museo Universal» del año 1847, uno en el 4.º tomo de la «Historia de España», de Mariana, y dos en «La Ilustración Española y Americana» (uno en el año 1879 y otro en el año 1885). Cuando alguna de dichas indicaciones vaya seguida de un nombre entre paréntesis, este nombre es el del pintor autor del retrato.

- A. Ateneo (Madrid).
- A. A. Academia de Artillería (Segovia).
- A. B. Album biográfico de las celebridades actuales (1849).
- A. C. Academia de Caballería (Valladolid).
- A. I. Academia de Infantería (Toledo).
- A.º C. Ayuntamiento (Coruña).
- A.º P. Ayuntamiento (Palma de Mallorca).
- B. Galería universal de biografías y retratos.
- B. N. Colección de estampas de la Biblioteca Nacional.
- B. S. Colección de retratos de españoles célebres en la Guerra de la Independencia (Biblioteca del Senado).
- C. Asamblea Constituyente. D. Manuel Prieto y Prieto. Madrid, 1869 (3 vol. en folio).

- C. E. Centro del Ejército y de la Armada (Madrid).  
 C. E. P. Casino Español (Puerto Rico).  
 C. G. C. Capitanía General (Isla de Cuba).  
 C. G. P. Capitanía General (Puerto Rico).  
 C. H. Colegio de Huérfanas de la Guerra (Guadalajara).  
 C. I. Cuartel de Inválidos (Madrid).  
 C. L. La Corona de Laurel. D. Manuel Ibo Alfaro. Madrid, 1860 (3 volúmenes en 4.º).
- D. Los Diputados pintados por sus hechos, 1869 (3 vol. en folio).  
 D. O. Colección de dibujos originales de la Biblioteca Nacional.  
 D. P. Diputación Provincial (Valladolid).  
 E. Retratos y elogios de Capitanes ilustres. Julio Roscio. Roma, 1608.
- E. I. Colección de retratos de españoles ilustres. Madrid (1791).  
 E. M. Estado Mayor General del Ejército Español. Madrid, 1851-55 (4 vol. en folio).  
 E. S. Escuela Superior de Guerra (Madrid).  
 G. Galería Militar Contemporánea. Madrid, 1846 (2 volúmenes en 4.º).
- H. Historia orgánica de las Armas de Infantería y Caballería. Conde de Clonard.
- H. E. 3.º, tomo 3.º de la Historia de España. Mariana, 1851.  
 H. E. 4.º, tomo 4.º, ídem, íd., íd.  
 H. E. 5.º, tomo 5.º, ídem, íd., íd.
- I. A. Iconoteca Asturiano. Universitaria (Oviedo).  
 I. B. Instituto Balear (Palma de Mallorca).  
 I. E. (Año). Ilustración Española y Americana (de tal año).  
 I. N. (Año). Ilustración Nacional (de tal año).  
 L. Colección de estampas de D. Lesmes Hernández (actualmente en la Biblioteca Nacional).
- L. M. Literatura Militar, D. Francisco Barado.  
 M. Museo Militar, D. Francisco Barado.  
 M. F. Museo de las familias (año 1847).  
 M. G. 1. Sala de Generales, Ministerio de la Guerra.  
 M. G. 2. Secretaría del Subsecretario, ídem, íd.  
 M. G. 3. Dirección General de Carabineros, ídem, íd.  
 M. G. 4. Dirección General de la Guardia Civil, ídem, íd.  
 M. G. 5. Junta Consultiva de Guerra, ídem, íd.  
 M. I. Museo de Ingenieros (Madrid).  
 M. I. N. Museo Iconográfico Nacional (Madrid).  
 M. L. Museo de Luxemburgo.



- M. M. 1.º Tomo 1.º de «Mis memorias íntimas». D. Fernando Fernández de Córdoba.
- M. M. 2.º Tomo 2.º de «Mis memorias íntimas». D. Fernando Fernández de Córdoba.
- M. M. 3.º Tomo 3.º, ídem, íd., íd.
- M. N. 2. Sala núm. 2 del Museo Naval (Madrid).
- M. N. 7. Sala núm. 7 ídem, íd., íd.
- M. N. 8. Sala núm. 8 ídem, íd., íd.
- M. P. Monte de Piedad (Manila).
- M. U. (Año.) Museo Universal (de tal año).
- N. Colección de retratos (al óleo) de D. Romualdo Nogués.
- O. Colección de retratos (al óleo) de la Casa Osuna (Vendida en 1896).
- P. Iconoteca de Paulo Jovio, en Como (Italia).
- R. Ritrati di cento capitani illustri. Alipando Capriolo. Roma, 1596.
- R. A. C. Real Academia de Ciencias.
- R. A. H. Real Academia de la Historia.
- R. A. F. Real Academia de Bellas Artes.
- R. N. Colección de estampas de D. Romualdo Nogués.
- R. V. Colección de estampas de D. Antonio Rodríguez Vila.
- S. Senado.
- S. P. (Año.) Semanario Pintoresco Español (de tal año).

\*  
\*  
\*

- 4.º, 309. Aranguren y González-Echeverri (D. Fernando), Cn.
- 2.º, 541. Arenal (D. Matías Octavio del), Ingeniero extraordinario.
- 4.º, 1.471. Arenas y Gaspar (D. Félix), Cn.
- 4.º, 170. Arizón y Castro (D. Salvador), Cor.
- 2.º, 453. Arriete (D. Félix de), Ingeniero en Jefe.
- 2.º, 758. Azpiroz (D. Juan Francisco), Cn.
- 4.º, 67. Balzola (D. Santiago), Cn.
- 2.º, 243. Bergeret (D. Lorenzo), Ingeniero extraordinario.
- 2.º, 89. Bonifay (D. Pedro), Ingeniero extraordinario.
- 2.º, 195. Brillí (D. Francisco), Ingeniero extraordinario.
- 4.º, 857. Briones y Angosto (D. Félix), Cn.  
2 Biografías: (M. 1895, 264; 1893, 321).
- 3.º, I-12. Cacho Montenegro (D. Luis), Cn.
- 4.º, 1.511. Cala y Casarrubios (D. Vicente), Cn.
- 3.º, II-34. Camacho (D. Juan), Cor.

- 4.º, 1.635. Capdequí y Brieu (D. Mauricio), Cn.  
 4.º, 128. Casellas y Calba (D. Ramón), Cte.  
 4.º, 1.447. Castellví y Hortega (D. Rafael de), Cte.  
 2 Biografías (E.) (M. 1915, 155).  
 4.º, 36. Catalá (D. Tomás), Cn.  
 4.º, 461. *Cazorla y Prats (D. Emilio)*, Cte.  
 2 Biografías (E.) (M. 1873 m.).  
 4.º, 1.815. Cervera y Sicre (D. Antonio), T.  
 2.º, 795. Cilleruelo (D. Roque), Cor.  
 4.º, 123. Clavijo y Plo (D. Tomás), Cn.  
 2.º, 7. Díaz Pimienta (D. Juan), Ingeniero en Jefe.  
 2.º 42. Dufresne (D. Juan Bautista), Ingeniero en 2.º  
 4.º, 1.758. Eguía y Chinchilla (D. José de), Cn.  
 4.º, 1.743. Escalante y Marzal (D. Roberto), Cn.  
 4.º, 659. Ferrer y Llosas (D. José), T. C.  
 4.º, 1.792. *Figueroa y Alonso Martínez (D. José)*, T.  
 1 Biografía (E.).  
 4.º, 791. Fortuny y Moragues (D. Ignacio), Cn.  
 1 Biografía (M. 1898, 377).  
 3.º, II-32. Galluzo (D. Antonio), T. C.  
 4.º, 1.656. García Andújar (D. Agustín), Cn.  
 4.º, 580. Giráldez y Escoriaza (D. Joaquín), T.  
 1 Biografía (M. 1873 m.).  
 2.º, 11. Goffaux (D. Santiago Alberto), Ingeniero en Jefe.  
 2.º, 59. Gondal (D. Juan Bautista), Ingeniero ordinario.  
 2.º, 626. González Dávila (D. Andrés), Cor.  
 3.º, I-71. Gregorio (D. Juan Nepomuceno de), T.  
 4.º, 491. *Hernández y Fernández (D. Joaquín)*, Cor.  
 2 Biografías (M. 1875, 111; 1876, 9).  
 4.º, 93. Iglesia (D. Ignacio de la), T.  
 2.º, 436. Isasi de Isasmendi (D. Joaquín), Ingeniero ordinario.  
 4.º, 1.291. Jiménez Millas (D. Emilio), Cte.  
 2 Biografías (E.) (M. 1918, 351).  
 2.º, 78. Lacombe (D. Vicente), Ingeniero en Jefe.  
 2.º, 75. Le-Petre (D. Esteban), Ayudante de Ingenieros.  
 2.º, 562. Llobet y Litiery (D. Manuel), Cor.  
 4.º, 1.502. *Loizu e Ilarraz (D. José)*, Cn.  
 2 Biografías (E.) (M. 1916, 476).  
 4.º, 1.237. *López y Pérez (D. Félix)*, Cn.  
 2 Biografías (E.) (M. 1912, 65).  
 3.º, I-24. López Pinto (D. Dionisio), T.

- 4.º, 1.731. Maroto y González (D. José), Cn.  
 4.º, 1.830. Martínez Fernández (D. Aurelio), T.  
 4.º, 100. Martínez y Piowel (D. Nicolás), T.  
 2.º, 252. Meján (D. Nicolás de), Ingeniero extraordinario.  
 4.º, 334. Mendizábal y Sariviarte (D. Plácido), Cte.  
 4.º, 1.796. Noreña y Ferrer (D. Antonio), T.  
 2.º, 776. Norzagaray (D. Fernando).  
 4.º, 1.759. Nueve-Iglesias y Serna (D. Francisco), Cn.  
 3.º, I-34. Oroni (D. Juan), T. C.  
 4.º, 1.844. *Otero-Cossío y León (D. Fernando)*, T.  
 1 Biografía (E.)  
 4.º, 1.836. Parera y Forero (D. José), T.  
 2.º, 137. Pérez Conde (D. Joaquín), Ingeniero ordinario.  
 4.º, 1.604. Ponce de León y Grondona (D. Dionisio), Cn.  
 2.º, 69. Reyes (D. José de los), Ingeniero ordinario.  
 2.º, 93. Reynaldo (D. José), Ingeniero en Jefe.  
 4.º, 86. Rodríguez (D. Valentín), Cte.  
 1.º, I. Rojas (D. Cristóbal), Ingeniero.  
 5 Crabados, (3) BN-RN-RV.  
 4.º, 1.646. Rojas y Guisado (D. Francisco), Cn.  
 1 Biografía (E.)  
 3.º, I-32. Romero de Tejada (D. Pedro), T.  
 4.º, 605. Ruiz y Ruiz (D. Joaquín), T. C.  
 1 Biografía (M. 1898, 33).  
 2.º, 228. Sabalza y Odón (D. Salvador), Ingeniero ordinario.  
 2.º, 94. Sala (D. Juan Bautista), Ayudante de Ingenieros.  
 2.º, 792. Salcedo (D. Joaquín María), Cn.  
 3.º, I-22. Sánchez y Tagle (D. José), Cn.  
 2.º, 677. Sánchez Taramás (D. Sebastián), Ingeniero extraordinario.  
 2.º, 706. Sangenis y Torres (D. Antonio) Cor.  
 4 Biografías (E.) (M. 1908, 313 y 563) (C. 158).  
 3.º, I-44. Sebastián (D. Juan Pablo de), Cor.  
 2.º, 68. Sedeño (D. Vicente), Ingeniero ordinario.  
 4.º, 181. Sierra y Orantes, Cor.  
 1 Biografía (M. 1883, 80).  
 2.º, 23. Stevens (D. Agustín), Ingeniero en Jefe.  
 2.º, 12. Tanneville (D. Felipe), Barón de Tanneville; Ingeniero en 2.º  
 4.º, 131. Tejeiro y Vallarino (D. Vicente), Cn.  
 3.º, II-67. Ugarte y Epalza (D. Miguel), Cn.  
 4.º, 289. Valdemoros y Recacho (D. Antonio), Cte.  
 4.º, 446. *Vázquez Landa (D. Federico)*, Cor.

- 2 Biografías (M. 1896, 243; 1908, 548).  
 2.º, 140. Verboom y de Vischer (D. Juan Baltasar), Cor.  
 3 Biografías (E.) (M. 1911) (C. 151).  
 4.º, 1.453. Vicente Gallo (D. Cipriano), T.  
 2 Biografías (E.) (M. 1913, 519).  
 2.º, 81. Viguier (D. Juan Jorge), Ayudante de Ingenieros.  
 2.º, 559. Villanueva y Pacheco (D. Joaquín de), Ingeniero extraordinario.  
 2.º, 37. Villier (D. Benigno de), Ingeniero voluntario.  
 2.º, 678. Zapatero y Dusert (D. Juan), Cor.  
 1 Biografía (E.)

**Documento número 25.**

*Relación nominal de los 50 Generales que han ejercido el mando supremo del Cuerpo y cuyos retratos pueden figurar, por consiguiente, en la 2.ª Sección de la Galería.*

(Véanse las observaciones que figuran al principio del Documento número 24.)

- I. G. \* G. G. Abarca de Bolea (D. Pedro Pablo), Conde de Aranda.  
 2 Biografías (E.) (C. 177).  
 2 Retratos óleo MIN, Duques de Lecera (Zarauz).  
 6 Grabados BN, RN, RV, M. 3.º, HE, 4.º, SP, 1842.
- I. G. 2.º, 292, T. G. Abarca y Aznar (D. Silvestre).
- I. G. \* T. G. Alava Esquivel, Sáenz de Navarrete y Peralta (don Miguel Ricardo de).  
 2 Biografías (E.) (C. 157).  
 1 Retrato óleo MN, S.  
 2 Grabados M. 3.º, IN, 1895.
- I. G. \* T. G. Allende-Zalazar y Mazarredo (D. José de).  
 Int.º 4.º, 165, M. C. Almirante y Torroella (D. José).  
 Int.º 4.º, 166, M. C. Aparici y Biedma (D. José María).  
 J. S. 4.º, 666, G. D. Arcos y Miranda (Antonio de los).  
 J. S. 4.º, 617, G. B. Arteta y Jáuregui (D. Félix).  
 I. G. 2.º, 766, T. G. Balanzat d'Orbray y Briones (D. Luis María).  
 J. S. 4.º, 581, G. D. Banús y Comas (D. Carlos).  
 Int.º 4.º, 324, G. B. Barranco y Vertiz (D. Juan).  
 Int.º 4.º, 32, M. C. Barraquer y Llauder (D. Joaquín).  
 I. G. \* T. G. Belestá y González (D. Mariano).

- I. G. \* C. G. Blake y Joyes (D. Joaquín).  
2 Biografías (E.) (C. 88).  
1 Retrato óleo, ES.
- I. G. \* T. G. Burgos y Llamas (D. Agustín).  
1 Biografía (C. 44).  
2 Retratos óleo, CE (D. Casals), MG, 4.  
3 Grabados IE 1874, IN 1884-1892.
- Int.º 4.º, 112, M. C. Burriel y Lynch (D. Pedro Andrés).
- I. G. \* T. G. Calleja e Isasi (D. Emilio).  
1 Retrato óleo, CGC.  
3 Grabados IE, 1886, IN, 1886-1893.
- I. G. 4.º, 77, T. G. Campuzano y Herrera (D. José Luciano).
- I. G. \* C. G. Caro y Sureda (D. Pedro), Marqués de la Romana.  
2 Biografías (E.) (C. 160).  
4 Retratos óleo, MIN, A.º, P (Juan Muntaner), N,  
Sr. Marqués de la Romana (Madrid).  
11 Grabados (3) BN, (2) RN, (3) RV, BS, M. 3.º,  
HE. 5.º
- I. G. 2.º, 301, T. G. Cavallero y Arigorri (D. Juan).
- Int.º 4.º, 279, B. Cayuela y Cánovas (D. Andrés).
- Int.º 4.º, 139, M. C. Cortés y Morgado (D. José).
- I. G. \* T. G. Croix (D. Maximiliano de la).
- I. G. \* T. G. Cuadra (D. Ambrosio de la).
- I. G. \* T. G. Echagüe y Birmingham (D. Rafael de), Conde del Serrallo.  
2 Biografías (E.) (C. 143).  
2 Retratos óleo, AA. Marquesa de Somosancho (Madrid).  
6 Grabados CL-D-M. 3.º, MM. 1.º-MU. 1860-IE. 1887.
- I. G. \* T. G. Echevarría y Castillo (D. José Ignacio), Marqués de Fuentefiel.  
1 Biografía (E.)  
1 Retrato óleo, CI. (Martínez Cubells).  
6 Grabados BN-EM-M. 3.º-IE. 1880-IN. 1881, 1882.
- Int.º 4.º, 264, B. Escario y Molina (D. Arturo).
- J. S. 4.º, 528, G. B. Escriú y Folch (D. Enrique).
- Int.º 2.º, 722, M. C. Fernández Salomón (D. Antonio).
- I. G. \* T. G. Fernández San Miguel y Valledor (D. Santos).  
2 Biografías (E.) (C. 176).  
1 Retrato óleo. Sus descendientes en Cándamo (Oviedo).  
1 Grabado E. M.

- I. G. \* T. G. Fernández de San Román Ruiz y Goya (D. Eduardo), Marqués de San Román.  
1 Biografía (C. 16).  
5 Retratos óleo, MG. 2, MG. 5 (M. Ojeda), AI. (M. de Ojeda), RAH. D. Antonio Rodríguez Villa (Madrid).  
8 Grabados BN-RV-EM-LM-IE. 1884. 1887-IN. 1884. 1887.
- I. G. \* T. G. Gasset y Mercader (D. Manuel), Marqués de Benzú.  
3 Grabados EM-CL-MU. 1860.
- J. S. 4.º, 707, G. B. Gimeno y Ballesteros (D. Francisco).  
Int.º 2.º, 572, M. C. Giraldo de Chaves (D. Pedro).
- I. G. \* T. G. Girón (D. Pedro Agustín), Marqués de las Amarillas, Duque de Ahumada.  
3 Biografías (E.) (C. 174) (M. 1857 m).  
3 Retratos al óleo, S-MIN, Sr. Duque de Ahumada (Madrid).  
5 Grabados (2) BN., MM. 1.º, IN. 1892-1897.
- I. G. \* C. G. Godoy y Alvarez de Faria (D. Manuel), Duque de Alcudia, Príncipe de la Paz.  
1 Biografía (C. 348).  
1 Retrato al óleo, RAF.  
8 Grabados BN. (3), RN-RV-EM-AB-HE. 5.º
- Int.º \* B. Gómez Medeviela (D. Pedro).  
J. S. 4.º, 407, G. D. Gómez Pallete (D. José).
- I. G. \* T. G. Heredia y Velarde (D. José).  
J. S. 4.º, 646, G. D. Latorre y Luxán (D. Francisco de).  
I. G. 2.º, 355, M. C. Lemaur (D. Carlos).  
I. G. 2.º, 637, M. C. Lope y Pérez (D. Ramón).  
Int.º \* B. López Pinto (D. José).  
Int.º 4.º, 142, G. D. López y de la Vega (D. Andrés).  
I. G. 2.º, 218, T. G. Lucuce y Ponce (D. Pedro Tomás).  
J. S. 4.º, 394, G. B. Luna y Orfila (D. José de).  
I. G. 2.º, 113, T. G. Martín Cermeño (D. Juan).  
Int.º 4.º, 14, M. C. Martín del Yerro y Gómez (D. Francisco).  
I. G. 2.º, 306, T. G. Martín de Paredes y Cermeño (D. Pedro).  
J. S. 4.º, 514, G. D. Marvá y Mayer (D. José).  
I. G. \* T. G. Masones de Lima y Sotomayor (D. Jaime).  
2 Grabados RV-L.
- J. S. 4.º, 312, G. D. Mendicuti y Surga (D. Federico).

- I. G. \* T. G. Moriones y Murillo (D. Domingo), Marqués de Oropieta.  
1 Biografía (C. 403).  
1 Retrato óleo, MP.  
4 Grabados M. 3.º, IE. 1873, IN. 1881-1882.
- I. G. \* T. G. Nava y Alvarez de las Asturias (D. Gaspar María de), Conde de Noroña.  
2 Biografías (E.) (C. 177).
- I. G. 4.º, 71, T. G. Orozco y Zúñiga (D. José Ignacio).
- I. G. \* T. G. Peralta y Pérez de Salcedo (D. Joaquín).  
3 Biografías (E.) (C. 204) (M. 1876, 33).
- I. G. \* C. G. Pezuela y Ceballos (D. Juan de la), Conde de Cheste, Marqués de la Pezuela.  
5 Retratos óleo, AC-CGC-CGP-Su familia (Segovia). General D. Enrique de Lara (Madrid).  
8 Grabados EM-D-MM. 3.º, IE. 1871-1892, IN. 1881-1882-1894.
- I. G. \* T. G. Pieltain y Jove-Huergo (D. Cándido).  
3 Retratos óleo, MG. 2, MG. 4 (R. Balaca), CGC.  
5 Grabados M. 3.º, LM-IN. 1881-1882-1888.
- I. G. \* T. G. Prim y Prats (D. Juan), Conde de Reus, Marqués de los Castillejos, Vizconde del Bruch.  
2 Biografías (E.) (C. 9).  
5 Retratos óleo, MG. 1 (Esteban), DP. (Blas G. G. V. Moral), ML. (Regnault C. G. H.), N. (Francisco Sanz) D. Luis Madrazo (Madrid), pintado por él mismo.  
13 Grabados BN-RN-EM-CL-B-D-C M. 3.º, MM. 3.º, MU. 1860-1868, IN. 1880-1883.
- Int.º 2.º, 570, M. C. Pueyo y Díez (D. Manuel del).
- I. G. 3.º, I-3, T. G. Remón Zarco del Valle y Huet (D. Antonio).
- I. G. \* T. G. Reyna y Frías (D. José de), Conde de Oricáin.  
6 Grabados BN-MM. 3.º, IE. 1884-1887, IN. 1884-1887.
- Int.º 2.º, 749, M. C. *Rodríguez de Cangas y Fito (D. Manuel).*
- I. G. 2.º, 421, T. G. Sebatini y Giulliano (D. Francisco).
- I. G. 2.º, 525, T. G. Samper y Sampere (D. Antonio).
- I. G. \* T. G. Sanz y Posse (D. José Laureano), Marqués de San Juan de Puerto Rico.  
4 Retratos óleo, MG. 3 (Salvador Escolá), MG. 3 (R. Pujol), MG. 5 (E. Balaca), CEP. (Elorriaga).  
2 Grabados IN. 1881-1882.

- I. G. \* T. G. Sanz y Soto (D. Laureano).  
3 Biografías (E.) (C. 55) (M. 1868 m.).  
1 Retrato óleo, Cl. (M. Bort de Virués).  
2 Grabados MM. 2.º, IE. 1871.
- Int.º 2.º, 756, M. C. *Serrallach y Rivas* (D. Francisco).
- Int.º 2.º, 589, M. C. Sierra y López (D. José de).
- I. G. \* T. G. Somodevilla (D. Zenón de), Marqués de la Ensenada.  
1 Biografía (C. 293).  
3 Retratos óleo, MN. 7 (Pelegri), MIN. D. Antonio Rodríguez Villa (Madrid).  
6 Grabados RN-M. 3.º, HE. 4.º, SP. 1844, IN. 1881-1882.
- J. S. 4.º, 775, G. B. Tejera y Magnín (D. Lorenzo de la).
- I. G. 3.º, II-49, M. C. Tena (D. Juan).
- I. G. \* T. G. Trillo de Figueroa y Fernández de Aramburo (don Miguel).  
2 Biografías (E.) (C. 199).  
2 Grabados IE. 1881, IN. 1881.
- I. G. \* T. G. Urbina y Daoiz (D. Cayetano).  
1 Grabado E. M.
- J. S. 4.º, 411, G. B. Urquiza y Urquijo (D. Benito de).
- I. G. \* C. G. Urrutia y Las Casas (D. José).  
2 Biografías (E.) (C. 179).  
1 Retrato óleo, O. (Francisco Goya).  
4 Grabados BN-RN-RV-HE. 5.º
- Int.º 4.º, 72, M. C. Valdés y Casasola (D. Manuel).
- I. G. \* T. G. Velasco y Estrada (D. Francisco Manuel de), Marqués de Pozo Blanco.
- I. G. 2.º, 1, T. G. Verboom . . . . . (D. Jorge Próspero), Marqués de Verboom.
- I. G. \* T. G. Wall y Devreux (D. Ricardo).  
1 Retrato óleo, MN. 2.



## Resumen numérico.

	C.	T. G.	G. D.	G. B.	M. C.	B.	TOTAL
Ingeniero, Director o Comandante							
General en propiedad .....	6	40	»	»	3	»	49
Ingeniero, Director o Comandante							
General interino.....	»	»	1	1	13	4	19
Jefes de Sección.....	»	»	6	6	»	»	12
TOTAL.....	6	40	7	7	16	4	80
Pertenecieron al Cuerpo.....	»	12	7	7	16	2	4
No pertenecieron al Cuerpo.....	6	28	»	»	»	2	36
TOTAL.....	6	40	7	7	16	4	80
Existen retratos de.....	»	»	»	»	4	»	4
Faltan retratos de.....	6	40	7	7	12	4	76
TOTAL.....	6	40	7	7	16	4	80

## Documento número 26.

*Relación nominal alfabética de 415 Generales, cuyos retratos pueden figurar en la 3.ª Sección de la Galería, por haber pertenecido al Cuerpo los retratados.*

(Véanse las observaciones del Documento número 24.)

- 2.º, 292 (2). Abarca y Aznar (D. Silvestre), T. G.  
2 Biografías (E.) (C. 159).
- 4.º, 29. Abello y González Dávila (D. Pedro), B.
- 4.º, 722. Acebal y del Cueto (D. Manuel), G. B.
- 4.º, 599. Aguilar y Castañeda (D. Rafael), Marqués de Villamaín,  
General de brigada.
- 2.º, 449. Aguirre (D. Domingo), M. C.
- 3.º, I-19. Aguirre y Castro (D. Tomás María), B.
- 3.º, II-35. Aizpúrua y Casamayor (D. José Ramón de), B.  
1 Biografía (E.)

- 4.º, 213. Alameda y Liancourt (D. Federico), T. G.  
1 Biografía (M. 1908, 449).
- 4.º, 307. Alameda y Liancourt (D. Fernando), G. D.  
1 Biografía (M. 1899, 387).
- 4.º, 755. Albarellos y Sáinz de Tejada (D. Braulio), G. B.
- 4.º, 750. Albarellos y Sáinz de Tejada (D. Rafael), G. B.
- 4.º, 140. Albear y Fernández de Lara (D. Francisco), B.  
3 Biografías (M. 1887, 264 y 283; 1888, 142.)
- 4.º, 346. Aldaz y Goñi (D. Paulino), G. B.  
1 Biografía (M. 1914, 102).
- 4.º, 117. Alemany y Gil de Bernabé (D. Francisco), Marqués de Senda Blanca; B.
- 2.º, 490. Alexandre y Guerrero (D. José), B.
- 4.º, 165 (2). Almirante y Torroella (D. José), M. C.  
5 Biografías (E.) (M. 1884, 282; 1911, 257; 1913, 259; 1914, 74).
- 4.º, 190. Alvarez de Arango y Cuéllar (D. Angel), G. B.
- 4.º, 175. Alvarez de las Asturias, Bohorques y Giráldez (D. Mauricio), Duque de Gor; M. C.  
1 Biografía (M. 1877, 176).
- 2.º, 348. Alvarez Barba (D. Antonio), M. C.
- 3.º, I-75. Amat y Bonifaz (D. Bartolomé de), B.  
3 Biografías (E.) (M. 1911, 241) (C. 94).  
1 Retrato óleo, A. I.
- 2.º, 503. Ampudia y Valdés (D. José de), M. C.  
1 Biografía (E.)
- 3.º, II-37. Andrés (D. José), B.
- 4.º, 91. Angulo y Velasco (D. Julián de), B.  
1 Grabado CL.
- 4.º, 166 (2). Aparici y Biedma (D. José María).  
1 Biografía (M. 1894, 284).
- 3.º, II-47. Aparici y García (D. José), B.  
1 Biografía (M. 1883, 137, 145, 153 y 161).
- 2.º, 643. Aragón y Vázquez (D. Ildefonso), M. C.
- 2.º, 721. Arango y Núñez del Castillo (D. Anastasio), M. C.  
3 Biografías (E.) (C. 172) (EM.)  
1 Grabado EM.
- 4.º, 752. Arbóx e Inés (D. Angel), G. B.
- 3.º, I-57. Arbizu y Alaba (D. Félix María), B.
- 3.º, I-21. Arco-Agüero y Yolí (D. Felipe del), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 206).  
1 Grabado BN.

- 4.º, 666 (2). Arcos y Miranda (D. Antonio Los), G. D.  
 2.º, 779. Arechavala y Villodas (D. Miguel de), M. C.  
 2 Biografías (E.) (C. 180).  
 2.º, 290. Arévalo y Porras (D. Antonio), T. G.  
 4.º, 128. Argamasilla y Miranda (D. Pedro), B.  
 1 Biografía (M. 1871 m.).  
 4.º, 617 (2). Arteta y Jáuregui (D. Félix), G. B.  
 2.º, 726. Atero y González (D. Miguel María de), M. C.  
 2 Biografías (E.) (C. 158).  
 4.º, 700. Aubarede y Kierulf (D. Guillermo de), G. B.  
 2.º, 736. Agustín (D. Basilio), B.  
 4.º, 753. Avilés Arnau (D. Juan), G. B.  
 2.º, 413. Aymerich (D. Esteban), B.  
 2.º, 523. Azara y Perera (D. Félix de), B.  
 2 Biografías (E.) (C. 173).  
 2 Grabados BN-MF. 1847.  
 2.º, 766 (2). Balanzat d'Orbray y Briones (D. Luis María), T. G.  
 3 Biografías (E.) (M. 1911, 185) (C. 162).  
 1 Grabado BN.  
 2.º, 43. Ballester y Zafra (D. Juan), M. C.  
 3 Retratos óleo, A.º P-IB. D. José Villalonga y Aguirre  
 (Mallorca).  
 4.º, 581 (2). Banús y Comas (D. Carlos), G. D.  
 4.º, 324 (2). Barranco y Vertiz (D. Juan), G. B.  
 1 Biografía (M. 1893, 391).  
 4.º, 32 (2). Barraquer y Llauder (D. Joaquín), M. C.  
 1 Biografía (M. 1878, 6).  
 4.º, 459. Barraquer y de Puig (D. Joaquín), G. B.  
 1 Biografía (M. 1909, 545).  
 4.º, 337. Barraquer y Rovira (D. Carlos), G. B.  
 2.º, 786. *Bayo y García de Prado* (D. Manuel), M. C.  
 2 Biografías (E.) (C. 188).  
 4.º, 252. Beleña Yanguas (D. Vicente), G. D.  
 1 Biografía (M. 1914, 466).  
 2.º, 283. Belestá y Paret (D. Juan), M. C.  
 2.º, 494. Belestá y Paret (D. Domingo), M. C.  
 2 Biografías (E.) (C. 164).  
 1 Retrato óleo: Su familia (Madrid).  
 2.º, 645. Benavides (D. Antonio), M. C.  
 2.º, 781. Berdejo (D. Nicolás), B.  
 4.º, 176. Berdugo y Tamayo (D. Carlos), G. B.

- 4.º, 217. Bernaldez y Fernández de Folguera (D. Emilio), B.  
1 Biografía (M. 1876, 125).
- 4.º, 535. Bethencourt y Clavijo (D. Salvador), G. B.  
1 Biografía (M. 1914, 349).
- 2.º, 582. Bocarro (D. Antonio), M. C.
- 4.º, 737. Boceta y Rodríguez (D. Antonio), G. B.
- 2.º, 44. Bordiek (D. Diego), M. C.
- 2.º, 3. Borrás (D. Pedro), M. C.
- 2.º, 616. Bouligni y Bortholon (D. Juan), B.
- 4.º, 17. Brochero y Bueno (D. Gregorio), M. C.
- 4.º, 135. Brull y Sinues (D. Andrés), M. C.  
2 Biografías (E.) (M. 1887, 84).
- 4.º, 492. Bruna y García Suelto (D. Ramiro de), G. B.  
1 Biografía (M. 1907, 339).
- 2.º, 561. Bueno y Gutiérrez (D. Agustín), M. C.
- 4.º, 112 (2). Burriel y Lynch (D. Pedro Andrés), M. C.  
3 Biografías (E.) (M. 1884, 275) (C. 200).  
1 Retrato óleo: Su familia (Coruña).
- 2.º, 745. Bustamante (D. Francisco de Paula), B.  
1 Biografía, E. M.  
1 Grabado, E. M.
- 2.º, 548. Buzunáriz y Lasterra (D. Tomás), M. C.
- 2.º, 301 (2). Caballero y Arigorri (D. Juan), T. G.  
2 Biografías (E.) (C. 153).
- 2.º, 353. Cabrer y Suñé (D. Carlos), M. C.
- 2.º, 607. Cabrer y Rodríguez (D. Carlos Francisco), T. G.  
3 Biografías (E.) (C. 165) (Est.º Hist.º 2.º, 624).
- 2.º, 696. Calbet y Morenes (D. Ramón), B.  
1 Biografía (C. 93).  
1 Retrato óleo: A. I.
- 2.º, 728. Caminero (D. Agustín), B.
- 4.º, 451. Campos Carreras (D. Ricardo), G. B.
- 4.º, 77 (2). Campuzano y Herrera (D. José Luciano), T. G.  
1 Biografía (M. 1885, 275).
- 4.º, 115. Campuzano y Warnes (D. Juan), M. C.  
1 Biografía (M. 1875, 194).
- 4.º, 657. Canals y de Castellarnau (D. Joaquín), G. B.
- 4.º, 301. Cano y Ugarte (D. Manuel), G. D.  
1 Biografía (M. 1915, 201).
- 4.º, 620. Cañizares y Moyano (D. Eduardo), G. B.
- 4.º, 5. Cardona y Enrich (D. Juan Carlos), B.

- 4.º, 650. Carpio y Vidaurre (D. Enrique), G. B.
- 4.º, 813. Carsi y Rivera (D. Sebastián), G. B.
- 4.º, 653. Carreras e Irigorri (D. Fernando), G. B.
- 3.º, I. 25. Carrillo de Albornoz y Archer (D. Mariano), M. C.  
2 Biografías (E) (C. 189).
- 2.º, 600. Casanova y de Gerona (D. Juan), B.
- 4.º, 105. Casanova y de Mir (D. Francisco de), B.  
1 Biografía (M. 1880, 16).
- 2.º, 388. Casaviella y Caballero (D. Joaquín), T. G.  
1 Biografía (M. 1911, 181).
- 2.º, 771. Castellar y Lladó (D. José Francisco), M. C.  
1 Grabado, BN.
- 4.º, 126. Castillo y Gil de la Torre (D. Ignacio María del), Conde de Bilbao, T. G.  
2 Biografías (E.) (C. 85).  
3 Retratos óleo: CH-CE (Oller) CGC.  
7 Grabados M. 3.º, IE. 1874-1886, IN. 1881-1882-1886-1893.
- 4.º, 358. Castro y Cavia (D. Lorenzo de), G. B.  
1 Biografía (M. 1897, 311).
- 4.º, 259. Castro y Díaz (D. Luis de), G. D.  
1 Biografía (M. 1911, 584).
- 4.º, 470. Caula y Villar (D. Florencio), G. B.
- 2.º, 506. Cavallero (D. Fausto), M. C.
- 4.º, 279 (2). Cayuela y Cánovas (D. Andrés), B.  
1 Biografía (M. 1889, 245).
- 4.º, 542. Cebollino y Revest (D. Vicente), G. B.
- 4.º, 321. Cerero y Sáenz (D. Rafael), T. G.  
2 Biografías (E.) (M. 1906, 115).
- 4.º, 708. Cernuda Bauza (D. Bernardo), G. B.
- 4.º, 569. Chacel y García (D. Julián), G. B.  
1 Biografía (M. 1908, 587).
- 4.º, 489. Clavijo y del Castillo (D. Salvador), G. B.
- 4.º, 448. Clavijo y del Castillo (D. Tomás), G. B.
- 4.º, 124. Clavijo y Pló (D. Nicolás), B.  
1 Biografía (C. 434).  
1 Retrato óleo: Su familia (Santa Cruz de Tenerife).
- 4.º, 108. Clavijo y Pló (D. Rafael), M. C.  
3 Biografías (E.) (M. 1885, 18) (C. 203).  
1 Retrato óleo: Su familia (Santa Cruz de Tenerife).
- 4.º, 106. Clavijo y Pló (D. Salvador), M. C.  
1 Biografía (C. 433).

- 4.º, 285. 1 Retrato óleo: Su familia (Santa Cruz de Tenerife).  
Climent y Martínez (D. Vicente), B.  
1 Biografía (M. 1888, 116).
- 2.º, 597. Codina y Alaval (D. Narciso), B.
- 2.º, 474. Constanzó (D. Miguel), M. C.
- 2.º, 380. Corral y Horobio (D. Miguel del), B.
- 2.º, 519. Cortés de Rivera (D. Pedro de), B.
- 4.º, 413. Cortés y Agulló (D. Manuel), G. B.  
1 Biografía (M. 1915, 487).
- 4.º, 139 (2). Cortés y Morgado (D. José), M. C.
- 3.º, I-5. Cortínez y Espinosa (D. José), T. G.  
4 Biografías (E.) (C. 87) (EM.) (Est.º Hist.º 2.º, 625).  
1 Retrato óleo: ES (A. Esquivel).  
1 Grabado EM.
- 4.º, 395. Danis y La Puente (D. Eduardo), G. B.
- 4.º, 332. Delgado y Fernández (D. Leandro), G. D.  
1 Biografía (M. 1901, 280).
- 4.º, 292. Díaz de Arcaya y de la Torre (D. José), G. B.  
1 Biografía (M. 1890, 267).
- 2.º, 411. Díaz Pedregal (D. José), M. C.
- 4.º, 144. Díez de Prado y Falcón (D. Camilo), B.
- 2.º, 755. Diruel y Ripando (D. Gaspar), T. G.  
2 Biografías (E.) (C. 183).
- 4.º, 673. Durango y Carreras (D. Luis), G. B.
- 4.º, 696. Echagüe Santoyo (D. Francisco), G. B.
- 4.º, 151. Eguía y Lemonauria (D. Pedro de), B.
- 2.º, 768. Eguía y Saenz de Buruaga (D. Nazario de), Conde de Casa-  
Eguía, T. G.  
1 Biografía EM.  
4 Grabados L-EM G-MM. 1.º
- 4.º, 630. Elío y Magallón (D. Luis), Vizconde de Val de Erro, G. B.
- 4.º, 264 (2). Escario y Molina (D. Arturo), B.  
1 Biografía (M. 1888, 262).
- 4.º, 528 (2). Eseriu y Folch (D. Enrique), G. B.  
1 Biografía (M. 1912, 61).
- 4.º, 365. Eugenio y Martínez (D. Eugenio de), G. B.  
1 Biografía (M. 1907, 89).
- 2.º, 608. Feliú (D. Manuel), M. C.
- 2.º, 134. Feringan y Cortés (D. Sebastián), B.  
1 Biografía (M. 1896, 201).
- 4.º, 330. Fernández Acellana y Aranguren (D. Saturnino), M. C.

- 4.º, 206. Fernández de Córdoba y Ferrer (D. Federico), B.  
 2.º, 660. Fernández de Folguera y Fernández Flores (D. Mariano),  
 Brigadier.  
 2 Biografías (E.) (C. 170).
- 2.º, 722 (2). *Fernández Salomón (D. Antonio)*, M. C.  
 2 Biografías (E.) (C. 194).
- 3.º, II-29. Fernández Veiguera (D. Antonio), B.  
 2.º, 644. Ferraz y Navarro (D. Vicente), B.  
 2.º, 49. Ferriere (D. Juan de la), B.  
 2.º, 458. Fersen (D. Francisco de), B.  
 3.º, I-40. Figueras y Caminals (D. Francisco de Paula), Marqués de  
 la Constancia, T. G.  
 2 Biografías (C. 6) (E. M.)  
 1 Retrato óleo, MG. 1 (M.º).  
 2 Grabados EM-MM. 3.º
- 4.º, 705. Fort Medina (D. Ramón), G. B.  
 4.º, 449. Fuente y Hernández (D. José de la), G. B.  
 1 Biografía (M. 1918, 452).
- 2.º, 744. Fuente y Pita (D. José de la), B.  
 2.º, 636. Gabriel y Estenez (D. Fernando), B.  
 1 Biografía (M. 1908, 328).
- 2.º, 676. Gabriel y Estenez (D. José de), B.  
 2.º, 540. García y Carrasco (D. Francisco), B.  
 3.º, II-57. García y Díaz (D. Luis Angel), B.  
 4.º, 272. García y García (D. Mariano), B.  
 1 Biografía (M. 1884, 226).
- 4.º, 640. García y Roure (D. Jacobo), G. B.  
 4.º, 2. García de San Pedro y García (D. Fernando), B.  
 4 Biografías (E.) (M. 1846 m., 1857 m.) (C. 198).  
 1 Grabado BN.
- 4.º, 87. Gautier y Castro (D. Luis), T. G.  
 2 Biografías (E.) (M. 1885, 141).
- 2.º, 468. Gayer (D. Fernando de), B.  
 4.º, 682. Gayoso O'Naghten (D. Juan), G. B.  
 2.º, 563. Gelabert y Albiñana (D. Francisco), B.  
 2.º, 619. Gerona y Rivas (D. Melchor), B.  
 2.º, 707 (2). Gimeno y Ballesteros (D. Francisco), G. B.  
 4.º, 697. Giráldez y Camps (D. Félix), G. B.  
 2.º, 572 (2). Giraldo de Chaves (D. Pedro), M. C.  
 2.º, 295. Giraldo de Chaves (D. Julián), B.  
 2.º, 783. Goicoechea (D. Gaspar de), B.

- 4.º, 385. Goicoechea y Jurado (D. Miguel de), G. D.  
1 Biografía (C. 440).  
2 Retratos óleo. Su familia (Coruña). Su viuda (Valladolid).
- 4.º, 78. Gómez Landero y Ramirez (D. Juan), B.  
1 Biografía (M. 1885, 118).
- 3.º, II-81. Gómez Lobo y Parrado (D. Gabriel), B.
- 4.º, 541. Gómez y Mañes (D. José), G. B.
- 4.º, 407 (2). Gómez Pallette (D. José), G. D.
- 3.º, II-58. Gómez Rueda (D. Pedro), B.
- 4.º, 756. Gómez de Tejada y Cruells (D. Antonio), G. B.
- 4.º, 171. González de la Corte y Ruano (D. Felipe), G. B.
- 4.º, 286. González Molada (D. José), G. B.
- 2.º, 760. Grandona (D. Joaquín), B.
- 2.º, 424. Grimarest (D. Valentín de), M. C.  
1 Biografía (C. 679).  
1 Retrato óleo, Sres. de Grimarest (Sevilla).
- 4.º, 649. Heras y Crespo (D. Carlos de las), G. B.
- 2.º, 311. Heredia (D. Vicente), B.
- 4.º, 133. Heredia e Ivonnet (D. Manuel), B.  
1 Biografía (M. 1876, 5).
- 2.º, 485. Hermosilla (D. Miguel), B.
- 4.º, 20. Herrera García y Griceliz (D. José), M. C.  
3 Biografías (E.) (C. 196) (E. M.)
- 3.º, II-56. Herrera y Vera (D. Vicente), B.
- 2.º, 752. Hita y Aguilar (D. Manuel de), B.
- 2.º, 308. Huet y Lambert (D. Luis), T. G.  
2 Biografías (E.) (C. 153).
- 2.º, 376. Hurtado (D. Antonio), T. G.
- 4.º, 189. Ibáñez e Ibáñez de Ibero (D. Carlos), Marqués de Mulhacen, G. D.  
3 Biografías (E.) (M. 1891, 75) (C. 212).  
1 Retrato óleo, C. E. (Wsell).  
3 Grabados IE. 1876-IN. 1881-1882.
- 4.º, 219. Ibarreta y Ferrer (D. Juan Manuel de), M. C.  
1 Biografía (M. 1886, 110).
- 3.º, II-33. Iglesia y Smith (D. Antonio de la), M. C.
- 2.º, 793. Iglesias Barrantes (D. José), B.
- 2.º, 497. Imperial Diguery y Trejo (D. Vicente), B.
- 4.º, 11. Irizar y Moya (D. José de), B.  
1 Biografía (M. 1884, 214).



- 4.º, 308. Izquierdo y Llufrú (D. Vicente), B.  
1 Biografía (M. 1889, 8).
- 2.º, 747. Jáuregui (D. Juan Bautista), B.
- 4.º, 751. Jiménez Cadenas (D. Salomón), G. B.
- 3.º, II-8. Jiménez Donoso (D. Juan), B.
- 3.º, I-26. Justis (D. Francisco José), B.
- 4.º, 464. Kindelán y Sánchez Griñán (D. Sebastián), G. B.  
1 Biografía (M. 1918, 541).
- 3.º II 90. Lara y Zapata (D. Rafael de), B.  
1 Biografía (E. M.)  
1 Grabado (E. M.)
- 2.º, 17. Larrando de Mauleón y Abarca (D. Francisco), B.
- 4.º, 386. Lasarte y Carreras (D. Alejo), G. B.
- 3.º, I-79. Lasauca y Sebastián (D. Antonio), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 195).
- 2.º, 465. Lecocq (D. Bernardo), B.
- 2.º 355 (2). Lemaun (D. Carlos), M. C.
- 2.º, 631. Lemaun de la Murere (D. Carlos), M. C.
- 2.º, 666. Lemaun de la Murere (D. Francisco), M. C.  
1 Biografía (C. 502).  
1 Retrato óleo, D.<sup>a</sup> Antonia de Santa Cruz, viuda de Lemaun (Madrid).
- 3.º, II-70. León y Canales de Vega (D. Benito), B.
- 4.º, 754. Lita y Aranda (D. Julio), G. B.
- 4.º, 474. Lizaso y Azcárate (D. Domingo), G. B.  
1 Biografía (M. 1914, 254).
- 4.º, 512. Lizaso y Azcárate (D. Eusebio), G. B.  
1 Biografía (M. 1915, 80).
- 4.º, 299. Lobarías y Lorenzo (D. Gabriel), G. B.  
1 Biografía (M. 1894, 148).
- 4.º, 145. Lombera y Rivero (D. Juan Manuel), G. B.
- 2.º, 637 (2). Lope y Pérez (D. Ramón), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 168).
- 3.º, II 62. López y Arroyo (D. Andrés), B.
- 4.º, 238. López y Donato (D. Indalecio), G. B.
- 4.º, 719. López Pelegrín y Bordonada (D. Santos), G. B.
- 4.º, 777. López Pozas (D. José), G. B.
- 2.º, 367. López Sopeña (D. Antonio), T. G.
- 4.º, 415. López de la Torre Ayllón y Villerías (D. Licer), G. B.  
1 Biografía (M. 1921).

- 4.º, 142 (2). López y de Vega (D. Andrés), G. D.  
1 Biografía (M. 1905, 381).
- 4.º, 34. Loresecha y de Hijosa (D. Joaquín de), Marqués de Hijosa de Alava, B.  
1 Biografía (E. M.).  
1 Grabado (E. M.).
- 4.º, 196. Lubelza y Martínez de San Martín (D. Pedro), B.  
1 Biografía (M. 1884, 23).
- 2.º, 218 (2). Lucuce y Ponce (D. Pedro Tomás de), T. G.  
3 biografías (E.) (M. 1911, 165) (C. 187).
- 4.º, 394 (2). Luna y Orfila (D. José), G. P.  
1 Biografía (M. 1907, 124).
- 4.º, 596. Llave y García (D. Joaquín de la), G. B.  
2 Biografías (E.) (M. 1915, 451).
- 2.º, 181. Llobet (D. Francisco), M. C.
- 4.º, 317. Llotge y Llotge (D. Antonio), B.  
1 Biografía (M. 1883, 167).
- 4.º, 627. Madrid y Ahumada (D. Ramiro de la), G. B.
- 4.º, 716. Madrid y Ruiz (D. José), G. B.
- 4.º, 347. Malagón y Julián de Nieto (D. Eduardo), G. B.
- 4.º, 740. Maldonado Carrión (D. Manuel), G. B.
- 4.º, 300. Manchón y Romero (D. Enrique), G. B.
- 2.º, 51. Marín (D. Miguel), B.
- 4.º, 305. Marín y León (D. Juan), B.  
1 Biografía (M. 1889, 263).
- 2.º, 152. Marqueli (D. Jerónimo), B.
- 2.º, 430. *Marqueli (D. Luis)*, M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 192).
- 2.º, 686. Martí Creus (D. Francisco), B.
- 2.º, 113 (2). Martín Cermeño (D. Juan), T. G.  
3 Biografías (E.) (M. 1911, 161) (C. 152).
- 2.º, 306 (2). Martín de Paredes y Cermeño (D. Pedro), T. G.  
2 Biografías (E.) (C. 164).
- 4.º, 14 (2). Martín del Yerro y Gómez (D. Francisco), M. C.
- 4.º, 402. Martín del Yerro y Villapececlín (D. Felipe), G. B.  
1 Biografía (M. 1908, 415).
- 4.º, 514 (2). Marvá y Mayer (D. José), G. D.
- 2.º, 535. Mascaró y Torres (D. Manuel Agustín), B.
- 3.º, II-83. Matamoros y Martín Cano (D. Antonio), B.
- 2.º, 791. Maupoey (D. Tomás Pascual), B.
- 4.º, 720. Mayandía y Gómez (D. Antonio), G. B.

- 4.º, 173. Medina y Hernández (D. Salvador de), B.  
1 Biografía (M. 1882, 55).
- 4.º, 268. Mena y Márquez (D. Juan Antonio), B.  
1 Biografía (M. 1884, 82).
- 4.º, 312 (2). Mendicuti y Surga (D. Federico), G. D.  
1 Biografía (M. 1904, 245).
- 2.º, 6-1. Mendizábal y Pérez de Isaba (D. Francisco Javier de), Ma-  
riscal de Campo.  
2 Biografías (E.) (C. 163).
- 2.º, 418. Mestre (D. Juan Francisco), B.
- 2.º, 683. Minali (D. Guillermo), B.  
1 Biografía (M. 1908, 321).
- 3.º, II 23. Miquel y Polo (D. Mariano), B.
- 2.º, 594. Molina y Martínez (D. Pedro Antonio), B.
- 4.º, 228. Molina y Ruiz del Portal (D. Jorge), B.  
1 Biografía (M. 1875, 47).
- 4.º, 770. Monravá y Cortadellas (D. Luis), G. B.
- 2.º, 19. Montaigne de la Perille (D. Francisco), B.
- 4.º, 797. Montaner y Bennazar (D. Baltasar), G. B.
- 2.º, 595. Montañó (D. Fermín), B.
- 4.º, 162. Montenegro y Guitart (D. Antonio), B.
- 2.º, 129. Montenegro y Guitart (D. Joaquín), T. G.  
2 Biografías (C. 508) (M. 1881, 62).  
1 Retrato óleo: General D. Luis de Ezpeleta (Madrid).  
2 Grabados IN. 1881-1882.
- 4.º, 745. Montero Esteban (D. Juan), G. B.
- 4.º, 667. Montero y Montero (D. Juan), G. B.
- 2.º, 761. Montes y Fiores (D. Felipe), T. G.  
2 Biografías (C. 89) (E. M.).  
1 Retrato óleo: E. S.  
1 Grabado E. M.
- 4.º, 66. Monteverde y Bethencourt (D. Manuel), M. C.  
2 Biografías (E.) (M. 1868, m.),
- 4.º, 660. Moreno y Gil de Borja (D. Rafael), G. D.
- 2.º, 738. Morete (D. José), B.
- 2.º, 672. Morón y San Martín (D. Gabriel), B.
- 3.º, II 52. Muñoz y Fernández de Vázquez (D. Luis), B.  
1 Biografía (E. M.).  
1 Grabado E. M.
- 4.º, 40. Muñoz y Pérez Granados (D. Juan María), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 197).

- 4.º, 233. Muñoz y Salazar (D. Antonio María), G. D.  
1 Biografía (M. 1917, 287).
- 2.º, 305. Navacerrada y Verges Ruiz Mercader (D. Manuel de), Te-  
niente general.  
2 Biografías (E.) (C. 154).
- 1.º, I. Navarro (D. Pedro), Conde de Venadito; M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 148).  
1 Retrato óleo, P.  
11 Grabados EI (4)-BN-R-E-H-M. 1.º-HE. 3.º-SP. 1847.
- 4.º, 254. Navarro y Azcarza (D. Miguel), G. D.  
1 Biografía (M. 1912, 34).
- 4.º, 253. Navarro y González (D. José), B.  
1 Biografía (M. 1888, 203).
- 3.º, I-43. *Navarro y Herrera (D. José)*, M. C.  
1 Biografía (E.)
- 4.º, 733. Navarro Múzquiz (D. Fernando), G. B.
- 4.º, 210. Obregón y Díez (D. Hipólito), G. D.
- 2.º, 655. Ordovás y Sastre (D. Juan), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 169).
- 2.º, 682. Ordovás y Sastre (D. Pablo), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 166).
- 4.º, 71 (2). Orozco y Zúñiga (D. José Ignacio), T. G.  
1 Biografía (E. M.)  
5 Grabados E. M.; C. L.-M. U. 1860-IN. 1881-1882.
- 2.º, 431. Orta y Arcos (D. Francisco), M. C.
- 4.º, 19. Ortíz de Pinedo y Villodas (D. Pedro), B.
- 4.º, 163. Ortíz y Uztáriz (D. Francisco Javier), G. B.
- 3.º, I-14. Ortíz de Zárate (D. Joaquín), B.
- 4.º, 168. O'Ryan y Vázquez (D. Tomás), T. G.  
2 Retratos óleo, MG. 1-MG. 4 (A. Rodríguez).  
4 Grabados M. 3.º-IE. 1888-IN. 1883-1888.
- 4.º, 313. Osorio y Castilla (D. Francisco), G. B.
- 2.º, 762. Ortermín (D. Manuel), B.
- 4.º, 158. Ozores y Valderrama (D. Joaquín), M. C.
- 4.º, 721. *Padrós y Cuscó (D. José)*, G. B.  
2 Biografías (E.) (M. 1917, 23).
- 4.º, 248. Palou de Comasema y Sánchez (D. Juan), G. B.
- 4.º, 530. Pando y Sánchez (D. Luis Manuel de), T. G.  
2 Retratos óleo, CE-A.º C. (Román Navarro.)  
5 Grabados IE. 1895.-IN. 1891-1895-1896-1897.
- 3.º, II-87. Pardo y Pimentel (D. Francisco Javier), B.

- 2.º, 713. Parreño y Pastor (D. José), M. C.
- 4.º, 119. Pasarón y Rodríguez (D. Antonio), M. C.  
1 Biografía (M. 1884, 105).
- 4.º, 829. Pascual y Vinent (D. Joaquín de), G. B.
- 2.º, 362. Paveto (D. Cayetano), B.
- 2.º, 552. Paz y Solá (D. Felipe de), T. G.
- 4.º, 281. Paz y Quevedo (D. Francisco de), G. B.
- 4.º, 610. Peralta y Maroto (D. Rafael), G. D.
- 4.º, 1. Piélago y Fernández de Castro (D. Celestino del), M. C.  
2 Biografías (E. M.) (M. 1880, 118).  
1 Grabado E. M.
- 2.º, 680. Pirez (D. Juan), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 167).
- 2.º, 734. Plana y Maurán (D. Ramón Ignacio), B.
- 3.º, I 20. Ponsich y de San Joan (D. Juan Bautista), B.
- 4.º, 79. Porcell y Farmania (D. Juan), B.
- 4.º, 160. Portillo y Portillo (D. Manuel), M. C.  
1 Biografía (M. 1874, m).
- 2.º, 566. Pozo y Marqui (D. José del), B.
- 2.º, 507. Pozo y Sucre (D. José Antonio del), T. G.
- 2.º, 737. Prieto de la Quintana (D. José), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 182).
- 2.º, 570 (2). Pueyo y Díez (D. Manuel del), M. C.
- 4.º, 267. Puigmoltó y Mayans (D. Enrique), Conde de Torreñel, General de División.
- 4.º, 344. Pujol y Olives (D. Manuel), G. B.  
1 Biografía (M. 1898, 321).
- 2.º, 385. Pusterlá (D. Mariano), B.
- 2.º, 790. Quiroga y Apeolaza (D. Juan Manuel de), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 193).
- 4.º, 242. Quiroga y Espinosa de los Monteros (D. Juan de) G. B.  
1 Biografía (M. 1900, 286).
- 4.º, 689. Ramírez Falero (D. José), G. B.
- 4.º, 377. Ramón Carbonell y Gómez (D. José de), G. B.
- 4.º, 43. Ramón Carbonell y Miró (D. Juan de), B.
- 4.º, 447. Ramos Bascañana (D. Francisco), G. B.  
1 Biografía (M. 1917, 404).
- 4.º, 703. Ramos y Díaz de Vila (D. Eduardo), G. B.
- 4.º, 616. Recacho y Argimbau (D. Fernando), G. B.  
1 Biografía (M. 1915, 78).
- 3.º, I-3 (2). Remón Zarco del Valle y Huet (D. Antonio), T. G.

- 6 Biografías (E.) (M. 1846, m; 1866 m; 1911, 199) (C. 170) (E. M.).
- 3 Retratos óleo RAC-A.-Sr. Marqués de Mendigorria (Madrid).
- 6 Grabados BN-EM-M. 3.º, LM-MM. 1.º, MU. 1866.
- 2.º, 623. Rengel y Paez (D. Miguel), M. C.
- 2.º, 450. Requena y Herrera (D. Francisco), T. G.
- 1 Biografía (E.).
- 2.º, 2. Retz (D. Alejandro de), B.
- 4.º, 486. Reyes y Rich (D. Carlos), G. B.
- 2.º, 167. Ricaud (D. Francisco), M. C.
- 4.º, 147. Río y Sánchez Anaya (D. Juan del), G. D.
- 2.º, 739. Rivacoba (D. Joaquín de), B.
- 4.º, 212. Rivadulla y Lara (D. José), B.
- 1 Biografía (M. 1889, 8).
- 4.º, 690. Rivas y López (D. Manuel de las), G. B.
- 4.º, 48. Rivero y Trevilla (D. Antonio Cirilo del), M. C.
- 4.º, 327. Rizzo y Ramírez (D. Francisco), G. D.
- 2.º, 118. Robelin (D. Carlos), T. G.
- 2.º, 679. Rocha y Dugi (D. Ramón de la), M. C.
- 1 Biografía (E. M.).
- 1 Grabado (E. M.).
- 4.º, 826. Rocha y Pereira (D. Antonio), G. B.
- 2.º, 708. *Rodríguez de Berlanga* (D. Mauricio), M. C.
- 2 Biografías (E.) (C. 181).
- 2.º, 749 (2). *Rodríguez de Cangas y Fito* (D. Manuel), M. C.
- 2 Biografías (E.) (C. 185).
- 4.º, 623. Rodríguez Mourelo (D. Julio), G. D.
- 4.º, 167. *Rodríguez de Quijano y Arroquia* (D. Angel), G. D.
- 2 Biografías (M. 1903, 215) (C. 210).
- 1 Retrato óleo CE (Cecilio Plá).
- 1 Grabado IN. 1884.
- 4.º, 335. Roji y Dinares (D. Antonio), G. B.
- 1 Biografía (M. 1908, 492).
- 4.º, 132. *Rojo y García* (D. Onofre), M. C.
- 3 Biografías (E.) (M. 1879, 167) (C. 182).
- 4.º, 419. Roldán y Vizcaíno (D. Francisco), G. B.
- 4.º, 4. Román y Ayllón (D. Vicente), B.
- 1 Biografía (E. M.).
- 1 Grabado (E. M.).
- 2.º, 384. Roncali y Destefanis (D. Miguel), Conde de Roncali, M. C.

- 4.º, 741. Rubió y Bellvé (D. Mariano), G. B.
- 3.º, II-20. Ruiz de la Bastida y Tenorio (D. Pablo), B.
- 2.º, 725. *Ruiz Mateos y de Lorenzo (D. Eusebio)*, M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 192).
- 4.º, 742. Ruiz Monlléo (D. Manuel), G. B.
- 4.º, 342. Ruiz y Moreno (D. Juan), G. B.
- 4.º, 188. Ruiz y Moreno (D. Manuel), G. B.
- 4.º, 153. Ruiz de Porras y de las Heras (D. Joaquín), G. B.
- 4.º, 243. Ruiz Zorrilla y Ruiz del Arbol (D. Francisco), M. C.  
3 Biografías (E.) (M. 1880, 127) (C. 201).
- 4.º, 390. Ruiz Zorrilla y Ruiz del Arbol (D. Federico), G. B.  
1 Biografía (M. 1914, 207).
- 4.º, 642. Saavedra Lugilde (D. José), G. B.
- 2.º, 421 (2). Sabatini y Giulliano (D. Francisco), T. G.
- 4.º, 89. Sáenz de Buruaga y Ormaechea (D. Gabriel), M. C.
- 2.º, 26. Sala (D. Ignacio), B.
- 2.º, 777. Salazar y Salazar (D. Pedro Antonio), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 194).
- 4.º, 432. Saleta y Cruxent (D. Honorato de la), G. B.  
2 Biografías (E.) (M. 1915, 335).
- 2.º, 525 (2). Samper y Samper (D. Antonio), T. G.  
2 Biografías (E.) (C. 155).
- 4.º, 434. Sánchez Mármol (D. Lino), G. B.
- 4.º, 90. Sánchez Osorio y Surroca (D. Antonio), M. C.  
1 Biografía (C. 481).  
1 Retrato óleo, Sr. Conde de Fontas (Madrid).
- 4.º, 156. Sánchez Sandino y Medina (D. Juan) B.  
1 Biografía (M. 1889, 49).
- 2.º, 110. Sánchez Taramas (D. Miguel), B.
- 4.º, 824. Sánchez Tirado y Rubio (D. Anselmo), G. B.
- 4.º, 726. Sánchez Tutor (D. Benito), G. B.
- 2.º, 20. Sansón des Allois (D. Pedro), B.
- 2.º, 689. Santa Cruz y Aguilar (D. José), M. C.
- 3.º, I-10. Santillana y Díez (D. Miguel de), M. C.
- 2.º, 170. Santisteban (D. Manuel), B.
- 4.º, 199. Schelly y Jiménez (D. Antonio), G. B.
- 4.º, 198. Schelly y Jiménez (D. Nicolás), G. B.
- 3.º, I-52. Sedano y Escorción (D. Nicolás), B.  
1 Biografía (E. M.)  
1 Grabado (E. M.)

- 2.º, 756 (2). *Serrallach y Rivas (D. Francisco)*, M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 198).
- 2.º 589 (2). *Sierra y López (D. José de)*, M. C.
- 3.º, II-65. *Sierra y Sánchez (D. Ildetonso)*, B.
- 2.º, 780. *Silvestre (D. Melchor)*, M. C.
- 2.º, 775. *Sociats y Grayó (D. Juan)*, M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 184).
- 2.º, 155. *Solis (D. Lorenzo)*.  
1 Biografía (C. 410).  
1 Retrato óleo IA.
- 4.º, 785. *Soriano y Escudero (D. Jorge)*, G. B.
- 4.º, 109. *Soriano y Pérez (D. Manuel)*, B.
- 4.º, 150. *Soriano y Pérez (D. Ramón)*, M. C.  
3 Biografías (E.) (M. 1882, 135) (C. 168).
- 4.º, 522. *Suárez de la Vega y Lamas (D. José)*, G. B.  
1 Biografía (M. 1903, 124).
- 4.º, 75. *Talledo y Díez (D. Vicente de)*, M. C.  
1 Biografía (E.) (M. 1880, 127) (C. 205) (E. M.)  
1 Grabado (E. M.)
- 4.º, 775 (2). *Tejera y Magnín (D. Lorenzo de la)*, G. B.
- 4.º, 201. *Tello y Miralles (D. Juan)*, M. C.  
1 Biografía (M. 1884, 107).
- 3.º, II-49 (2). *Tena (D. Juan)*, M. C.
- 3.º, I-76. *Tena (D. Manuel)*, B.
- 4.º, 361. *Terrer y Leones (D. Juan)*, G. B.  
1 Biografía (M. 1897, 114).
- 4.º, 107. *Terrer y Ruiz (D. Joaquín)*, M. C.  
1 Biografía (M. 1882, 86 y 95).
- 3.º, I-1. *Teruel de los Escuderos (D. Blas Manuel)*, M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 190).
- 3.º, I-60. *Tolosa y del Campo (D. Diego José de)*, M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 189).
- 4.º, 240. *Torner y Carbó (D. Antonio)*, B.  
3 Biografías (E.) (M. 1883, 30) (C. 202).
- 4.º, 646 (2). *Torre y de Luxán (D. Francisco de la)*, G. D.
- 4.º, 830. *Ubach y Elósegui (D. José)*, G. B.
- 4.º, 154. *Unzaga y Bordons (D. Eusebio de)*, B.
- 4.º, 411 (2). *Urquiza y Urquijo (D. Benito de)*, G. B.  
1 Biografía (M. 1914, 439).
- 4.º, 560. *Urzáiz y de la Cuesta (D. Luis de)*, G. D.



- 4.º, 207. Valcárcel y Mestre (D. Joaquín), Marqués de Pejas, G. D.  
1 Retrato óleo: el interesado (Madrid).  
1 Biografía (M. 1901, 345).
- 4.º, 7. Valdemoros y Recacho (D. José), B.
- 4.º, 72 (2). Valdés y Casasola (D. Manuel), M. C.  
1 Biografía (M. 1881, 45).
- 2.º, 473. Vanvitely (D. Francisco), M. C.
- 4.º, 174. Valle y Linacero (D. Francisco del), G. B.
- 3.º, II-89. Varela y Limia (D. Manuel), B.  
1 Biografía (M. 1911, 249).
- 2.º, 719. Veguer y Martiller (D. José), B.
- 3.º, I-56. Velasco y Ordóñez (D. Quintín de), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 191.)
- 3.º, I-83. Vera y Campos (D. Juan de la), B.
- 2.º, 1 (2). Verboom (D. Jorge Próspero de), Marqués de Verboom,  
Teniente General.  
2 Biografías (M 1894, 17, 39, 79 y 107; 1911, 109).
- 2.º, 30. Verboom y Vischer (D. Isidro Próspero de), B.
- 4.º, 143. Verdú y Verdú (D. Gregorio), B.  
3 Biografías (E.) (M. 1876, 29) (C. 81).  
1 Retrato óleo, MI.  
2 Grabados M. 3.º-MU. 1876.
- 4.º, 94. Vergara y Moñino (D. Severo), B.
- 4.º, 780. Viciano y García Roda (D. José), G. B.
- 4.º, 231. Vidal Abarca y Cayuela (D. Juan), G. D.
- 4.º, 340. Villalón y Echevarría (D. Andrés), B.
- 4.º, 130. Villar y Flores (D. Juan José del), M. C.  
2 Biografías (E.) (C. 205).
- 2.º, 534. Villarroel y Velázquez (D. Francisco), M. C.
- 4.º, 647. Vives y Vich (D. Pedro), G. D.
- 4.º, 110. Vizmanos y Quintela (D. José), B.
- 4.º, 103. Yabar y Chimeno (D. Fernando de), B.
- 2.º, 704. Zappino (D. Cayetano), B.
- 4.º, 263. Zaragoza y Amar (D. Francisco), B.  
1 Biografía (M. 1889, 97).
- 4.º, 234. Zenarruza Veitia y Benedetto (D. Federico de), M. C.  
1 Biografía (M. 1882, 79).
- 3.º, I-67. Zorraquín (D. Mariano), M. C.

## Resumen numérico.

Secciones.	Epocas.	T. G.	G. D.	G. B.	M. C.	B.	TOTAL	
Segunda sección de la Galería.....	1. <sup>a</sup> .....	»	»	»	»	»	»	
	2. <sup>a</sup> .....	9	»	»	8	»	17	
	3. <sup>a</sup> .....	I.....	1	»	»	»	»	1
		II.....	»	»	»	1	»	1
	4. <sup>a</sup> .....	2	7	7	7	2	25	
TOTAL.....	12	7	7	16	2	44		
Tercera sección de la Galería.....	1. <sup>a</sup> .....	»	»	»	1	»	1	
	2. <sup>a</sup> .....	14	»	»	47	64	125	
	3. <sup>a</sup> .....	I.....	2	»	»	9	9	20
		II.....	»	»	»	1	19	20
	4. <sup>a</sup> .....	7	22	107	25	44	205	
	TOTAL.....	23	22	107	83	136	371	
Existen retratos..	1	»	1	15	2	19		
Faltan retratos...	22	22	106	68	134	352		
TOTAL.....	23	22	107	83	136	371		

## Resumen total de oficiales generales del Cuerpo.

Epocas.	T. G.	G. D.	G. B.	M. C.	B.	TOTAL	
1. <sup>a</sup> .....	»	»	»	1	»	1	
2. <sup>a</sup> .....	23	»	»	55	64	142	
3. <sup>a</sup> .....	I.....	3	»	»	9	9	21
	II.....	»	»	»	2	19	21
4. <sup>a</sup> .....	9	29	114	32	46	230	
TOTAL.....	35	29	114	99	138	415	

**Documento número 27.**

Dirección General de Ingenieros del Ejército.—Los recientes progresos de la fotografía han hecho realizable un pensamiento, que concebí tiempo ha, y que me sugirió el aspecto y el espíritu de la colección o galería de retratos de Ingenieros célebres o que han llegado a la elevada clase de Generales en nuestro Cuerpo, existe en nuestra Academia.

Consiste dicho pensamiento, en reunir en un cuadro del tamaño conveniente los retratos fotográficos de los alumnos de dicha Academia, al obtener su ingreso en el Cuerpo. De esta suerte, la mayoría de los que, sin duda, merezcan después un lugar distinguido en sus anales, tendrá de antemano un término de comparación honroso y lisongero.

Para llevar a cabo esta idea, me propendré V. S. los medios que considere conducentes.—Dios guarde a V. S. muchos años.—Guadalajara 24 de abril de 1857.—Zarco.—Rubricado.—Sr. Gefe de Estudios.

**Documento número 28.**

Academia de Ingenieros, Excm. Señor.—Para realizar la idea de reunir en cuadros los retratos fotográficos de los Alumnos de esta Academia que sean ascendidos a Tenientes del Cuerpo, consignada por V. E. en su respetable comunicación de 24 del corriente, creo que los medios más convenientes son los siguientes:

1.º Tan luego como se firmen las censuras de los exámenes generales, se procederá a hacer en esta ciudad los retratos sobre papel, de los Alumnos aprobados, si hay proporción para ello, y si no, inmediatamente que lleguen a Madrid.

2.º Los retratos de los individuos de una misma promoción, se colocarán en un solo cuadro de izquierda a derecha en el mismo orden que hayan de ocupar en la Escala del Cuerpo; y debajo de cada retrato se pondrá la firma autógrafa del individuo que represente.

3.º Los cuadros serán todos iguales en altura, y ésta lo bastante para que quepan dos filas de retratos. La longitud podrá variar según el número de retratos que haya de contener cada cuadro.

4.º Los marcos de los cuadros serán dorados, aunque sencillos, y en la parte superior se pondrá en parage adecuado la inscripción siguiente:

Promoción núm. .... (día ....) de (mes ....) de (año ....) .....  
debiendo ser la fecha la de la Real resolución, por la cual sean ascendi-  
dos a Tenientes de Ingenieros, los Alumnos cuyos retratos haya de con-  
tener el cuadro.

5.º El parage donde se irán colocando los cuadros según el orden  
cronológico de las promociones, podrá ser la sala de juntas.

6.º El pequeño gasto de los retratos que no sean regalados al Esta-  
blecimiento, se costeará por los fondos de éste con cargo a la consigna-  
ción ordinaria.

Tales son, Excmo. Sr., las reglas que en mi concepto podrían seguirse  
para realizar el pensamiento de V. E., mas, con este motivo, me atreveré  
a indicar a V. E. una idea para que le dé el valor que estime oportuno,  
y es que podrían obtenerse los retratos fotográficos de todos o de la ma-  
yor parte de los Oficiales que hoy sirven en el Cuerpo, invitándolos a  
que los regalen a la Academia, por medio de una circular en que se les  
diera a conocer el objeto de la invitación y las dimensiones y demás cir-  
cunstancias que deberían tener los retratos, análogamente a lo que se  
practica con los que han llegado a la clase de Generales; con lo que se lo-  
graría reunir en la Sala de Juntas, no sólo los retratos de los individuos  
que ingresen en el Cuerpo en lo sucesivo, sino también de un gran nú-  
mero de los que actualmente sirven en él.—Dios guarde a V. E. muchos  
años.—Guadalajara 26 de abril de 1857.—El Coronel Gefe de Estudios,  
Luis Gautier.—Rubricado.—Excmo. Sr. Ingeniero General.

#### Documento número 29.

Dirección general de Ingenieros del Ejército.—Consiguiente a lo que  
dije a V. S. en mi oficio de 24 de Abril último, apruebo las bases pro-  
puestas por V. S. para llevar a efecto mi pensamiento de reunir en cua-  
dros los retratos fotográficos de los Alumnos de esa Academia a medida  
que sean ascendidos a Tenientes del Cuerpo, sin más diferencia que los  
marcos de los cuadros han de ser de madera, sencillos pero de buen gusto,  
y su colocación por ahora en la Sala de Juntas.

En cuanto a los retratos de los Oficiales que actualmente sirven, ten-  
dré presente las indicaciones de V. S. en tiempo oportuno.—Dios guarde  
a V. S. muchos años.—Madrid 19 de mayo de 1857.—Zarco.—Rubrica-  
do.—Sr. Coronel Gefe de Estudios de la Academia de Ingenieros.

**Documento número 30.**

*Relación nominal alfabética de 20 Generales que habían visitado la Academia y cuyos retratos litografiados se conservaban en la misma.*

Aristegui (D. Rafael), Conde de Mirasol.  
Azpiroz (D. Francisco Javier).  
Boiguez (D. Ramón).  
Concha (D. José de la).  
Concha (D. Manuel de la).  
Cortínez Espinosa (D. José).  
Espartero (D. Baldomero).  
Fernández de Córdoba (D. Fernando).  
Girón (D. Pedro Agustín), Duque de Ahumada.  
Infante (D. Facundo).  
Lara (D. Juan de).  
Lersundi (D. Francisco).  
Manso (D. José).  
Méndez Vigo (D. Santiago).  
Muñoz (D. Eugenio).  
Narváez (D. Ramón María).  
Odonell (D. Leopoldo).  
Pavía (D. Manuel).  
Sanz (D. Laureano).  
Shelly (D. Ricardo).

**Documento número 31.**

*Relación de varios retratos que existían en la Academia (1).*

**I. Planta principal:**

1.ª habitación. 5 retratos litografiados de:

D.ª Isabel Segunda (dos retratos de distintas épocas).  
Todleben.

(1) Los marcados con *cursiva* se salvaron del incendio.

Juan Claudio Michaud d'Arçon.  
Conde de Pagán.

2.<sup>a</sup> habitación. 2 retratos al óleo de:

D.<sup>a</sup> Isabel Segunda (1).  
*Archiduque Juan de Austria* (2).

10 retratos litografiados de:

Nicolás 1.<sup>o</sup>, Emperador de Rusia.  
Archiduque Johan Von Ostereich.  
Archiduque Leopoldo.  
Barón de Lasollaie.  
Mariscal Vaillaut.  
Mayor Pierson.  
Michel Brice Bizot.  
Dode de la Brunerie.  
V. Charón.  
Maurice Gaxó.

3.<sup>a</sup> habitación. 4 retratos litografiados de:

D. Pedro Caro y Sureda, Marqués de la Romana.  
Carnot.  
Vauban.  
Carmontaigne.

4.<sup>a</sup> habitación. Además de la colección de retratos litografiados de que ya hemos hablado (Documento núm. 30) y de los cuadros de promociones, existían en esta habitación:

2 retratos litografiados de las reinas:  
D.<sup>a</sup> Isabel Segunda y  
D.<sup>a</sup> María de las Mercedes, y  
1 retrato fotográfico del Capitán del Cuerpo D. Joaquín Hernández.

(1) Fué pintado por Ortega para la Sala de juntas. Se recibió el 25 de octubre de 1847.

(2) Fué colocado por el Subteniente-Alumno D. Antonio Llotge en el acto solemne que se celebró en Madrid el 16 de noviembre de 1850 y en el cual se colocaron también los retratos de Arechavala y Marqueli. El del Archiduque Juan se encuentra actualmente en la Clase de Dibujo.

5.<sup>a</sup> habitación:

- 1 retrato al óleo de Don Alfonso XII (siendo Príncipe de Asturias).
- 1 miniatura de D. Francisco Amorós (Coronel Director del Gimnasio Central de Francia).

II. *Planta baja:*

## Despacho del Sr. Coronel y Sala de Juntas:

- 1 Retrato al óleo de *Don Alfonso XII* (1).
- 2 Ampliaciones fotográficas de:
  - Don Alfonso XIII* (2).
  - Doña Victoria Eugenia* (2).
- 2 fotografías de:
  - D. Alfonso (Príncipe de Asturias).
  - Doña María Cristina (Reina madre).
- 1 *Copia litográfica del cuadro de las corbatas* (1) que había en la Galería.

## Despacho del Sr. Jefe de Estudios:

- 1 Ampliación fotográfica de *Don Alfonso XIII* (3) hecha por el Oficial del Cuerpo (D. José Ortíz Echagüe).

## Despacho del Sr. Jefe del Detall:

- 1 Retrato al cromo de *Don Alfonso XIII* (4).

## Sala de descanso:

- 1 Cuadro al óleo con la bandera española y la de la Academia (obra del Comandante D. Antonio Parellada).
- 1 Copia litografiada del «cuadro de las corbatas».
- 2 Ampliaciones fotográficas de:
  - Don Alfonso XIII* (5).

- (1) Colocado actualmente en la Clase de Dibujo.
- (2) Colocado actualmente en el despacho del Sr. Coronel.
- (3) Colocado actualmente en el despacho del Jefe de Estudios.
- (4) Colocado actualmente en la Clase de Dibujo.
- (5) Colocado actualmente en una de las clases de tercer año.

*Doña Victoria Eugenia* (1).

1 Retrato al óleo de *D. Jorge Porrua* (2).

**Documento número 32.**

*Relación de ocho retratos litografiados que existieron en la Academia en diversas épocas y que se extraviaron mucho antes del incendio de 1924.*

D. Miguel Alava (Existía en 1859).

D. Gaspar Díruel (Recibido en 1858).

D. Pedro Lucuce (Existía en 1859).

Pedro Navarro.

D. José Urrutia.

Humbolt (Recibido en 1852).

Sholtz (Recibido en 1857).

Rogniat (Existía el 10 de julio de 1844).

(1) Colocado actualmente en una de las clases del tercer año.

(2) Colocado actualmente en la Clase de Dibujo.

---



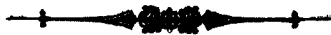
# ÍNDICE

	Págs.
I.—Creación de la Galería.....	7
II.—Secciones en que está dividida la Galería y condiciones para figurar en ella.....	7
III.—Dimensiones, clase y forma de los retratos.....	9
IV.—Donativo Sojo.....	11
V.—Tramitación del expediente.....	12
VI.—Biografías y expedientes.....	13
VII.—Preparación del acto.....	15
VIII.—Acto de descubrir el retrato.....	16
IX.—Estado de la Galería en febrero de 1924 antes de producirse el incendio de la Academia.....	18
X.—Otros cuadros que existían en el Salón.....	20
XI.—Estado actual de la Galería y datos para su progreso.....	22
XII.—Galería de promociones y orlas.....	24
XIII.—Galería de visitantes.....	25
XIV.—Retratos y cuadros varios.....	26

## Documentos anejos.

Núm. 1.—Comunicación del general Balanzat regalando su retrato.....	29
Núm. 2.—Orden de creación de la Galería.....	30
Núm. 3.—Comunicación del comandante Sojo haciendo un donativo.....	31
Núm. 4.—Cuenta del «Donativo Sojo».....	33
Núm. 5.—Comunicación pidiendo el retrato del brigadier García San Pedro.....	34
Núm. 6.—Comunicación solicitando autorización para pedir sus retratos a los Ingenieros Generales.....	34
Núm. 7.—Concesión de la anterior autorización.....	35
Núm. 8.—Relación alfabética de los 23 Ingenieros cuyas biografías antiguas se conservan con expresión de los autógrafos de los mismos que figuran unidos a dichas biografías.....	35
Núm. 9.—Comunicación del Ingeniero General ordenando los datos que habían de anotarse en las biografías.....	38
Núm. 10.—Comunicación sobre la conservación de las biografías.....	38
Núm. 11.—Cubierta de los actuales expedientes.....	39
Núm. 12.—Orden general para el día 2 de noviembre dada por el excelentísimo Señor Ingeniero General.....	40

Núm. 13.—Orden del día 10 de octubre de 1873.....	40
Núm. 14.—Orden de la Academia del día 15 de febrero de 1913.....	41
Núm. 15.—Discurso pronunciado el 14 de diciembre de 1844 por el excelentísimo Señor Ingeniero General D. Antonio Remón Zarco del Valle.....	41
Núm. 16.—Colocación del retrato del Excmo. Señor Teniente General Don Joaquín de Peralta y Pérez de Salcedo.....	42
Núm. 17.—Número de retratos de la Galería.....	43
Núm. 18.—Relación nominal alfabética de los 104 Señores cuyos retratos figuraban en la Galería antes del incendio.....	43
Núm. 19.—Familia de Don Antonio Remón Zarco del Valle.....	52
Núm. 20.—Relación por orden de antigüedad de los Señores cuyos retratos integraban cada una de las secciones de la Galería.....	53
Núm. 21.—Relación de los 104 retratos que componían la Galería antes del incendio de la Academia por orden cronológico de colocación...	55
Núm. 22.—Relación alfabética de 16 Señores cuyos retratos se han tratado de adquirir en diversas épocas sin haberlo conseguido.....	56
Núm. 23.—Relación nominal alfabética de los 31 Señores cuyos retratos se salvaron del incendio.....	57
Núm. 24.—Relación nominal alfabética de los 87 Jefes y Oficiales que han pertenecido al Cuerpo, cuyos retratos pueden figurar en la 1. <sup>a</sup> Sección de la Galería por las circunstancias que se expresan.....	58
Núm. 25.—Relación nominal de los 80 Generales que han ejercido el mando supremo del Cuerpo y cuyos retratos pueden figurar, por consiguiente, en la 2. <sup>a</sup> Sección de la Galería.....	64
Núm. 26.—Relación nominal alfabética de 415 Generales cuyos retratos pueden figurar en la 3. <sup>a</sup> Sección de la Galería por haber pertenecido al Cuerpo los retratados.....	69
Núm. 27.—Orden de creación de la Galería de Promociones.....	87
Núm. 28.—Reglas para la organización de la misma.....	87
Núm. 29.—Aprobación de las anteriores reglas.....	88
Núm. 30.—Relación nominal alfabética de 20 Generales que habían visitado la Academia y cuyos retratos litografiados se conservaban en la misma.....	88
Núm. 31.—Relación de varios retratos que existían en la Academia.....	89
Núm. 32.—Relación de ocho retratos litografiados que existieron en la Academia en diversas épocas y que se extraviaron mucho antes del incendio de 1924.....	92







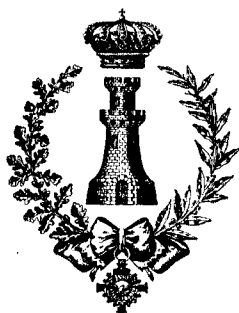
**EL NUEVO GLOBO CAUTIVO TIPO D**



JOSÉ CUBILLO FLUITERS  
COMANDANTE DE INGENIEROS

# EL NUEVO GLOBO CAUTIVO

== TIPO D ==



IMPRESA DEL «MEMORIAL DE  
INGENIEROS» . - MADRID, 1928.







## CONSIDERACIONES

---

Algo hemos de decir que justifique el *tono*, por decirlo así, del estudio que hemos hecho.

Tenidas las primeras informaciones del globo dilatante por las noticias adquiridas por el teniente coronel Pruneda, se dispuso que el comandante que suscribe aprovechase la visita al Salón de Aeronáutica de 1924 para adquirir datos precisos y, al efecto, se consiguió una descripción del globo, suministrada por la Casa «Zodiac» y dos dibujos, uno de un alzado del globo y otro con el detalle del huso extensible y las gomas, ambos copias en marión de los planos facilitados a la casa citada por el Servicio Técnico Francés de Aeronáutica.

Con estos únicos antecedentes, el jefe que suscribe redactó una Memoria en la que se examinaban las dos ventajas más salientes del nuevo globo: 1.<sup>a</sup> Fuerza ascensional constante y economía de gas; y 2.<sup>a</sup> Sistema de suspensión por relinga de puentes.

Se encargó la construcción de un globo de este tipo a la Casa «Astra», que traspasó el encargo a la «Zodiac», y llegado el globo a este Regimiento se le dió gas en el mes de agosto último, ocurriendo que por defecto, sin duda, de la válvula, el globo perdía mucho gas y no se podían apreciar sus condiciones.

Se transvasó el gas a un libre y después se sometió a pruebas con aire, ensayando una goma de la sección máxima que fué quitada; se puso un tubo para manómetro de agua y se midieron presiones para diferentes grados de dilatación, como asimismo se hicieron medidas que confrontaron con las acotaciones de los dibujos.

Creemos interesante incluir algo de historia sobre la discusión sostenida entre el Regimiento y la casa constructora, acerca del volumen del globo.

La Casa «Astra» indicaba que el volumen era de 1.000 metros cúbicos.

cos, mientras que la reseña facilitada por «Zodiac» decía que llegaba a 1.200 metros cúbicos.

Nuestros cálculos nos llevaron, como se verá, a 1.008 metros cúbicos, es decir, de acuerdo con «Astra», pero en vista de lo indicado por «Zodiac» y creyendo pudiera haber un error en los dibujos, insistimos cerca de esta última sobre el volumen, como así mismo preguntamos al teniente Baradez, con quien sostenemos frecuente correspondencia sobre asuntos aerosteros; tanto la casa como el citado oficial francés nos insistieron en la cifra de 1.200; en un viaje que el teniente coronel Pruneda hizo particularmente a París, fué a la Casa «Zodiac» y allí volvieron a decirle que el volumen era el que ya habían dicho; en vista de todo eso, el jefe que suscribe dirigió una carta a «Zodiac», en la que no sólo se manifestaba que el volumen era de 1.008 metros cúbicos si el globo se ajustaba a los planos, sino que se decían las razones técnicas que para ello se tenían, copiándose a continuación el párrafo de nuestra carta que contenía dichas razones:

«J'ai fait l'étude de la carène et j'ai trouvé que la pointe avant elle est une ellipse du troisième degré représentée par l'équation  $y = 4,27 \sqrt{1 - \frac{X^2}{7,53}}$  et l'arrière est de la forme parabolique  $y = 4,27 \left(1 - \frac{x^2}{22,5^2}\right)$ . Et ce c'est un résultat absolument exact en rapport avec le bleu que nous avons reçu, parce que j'ai construit par points les courbes ci-dessus et elles coïncident avec la carène du ballon.

»Dans ces conditions le volume dilaté est de 1.000 m.<sup>3</sup> et ne pas de 1.200 m.<sup>3</sup>: la proue,  $\frac{n}{n+1} \pi a^2 b$  avec  $n = 3$ ,  $a = 4,27$  >  $b = 7,5$ .

$V_{av} = 321,9$  m.<sup>3</sup>: la poupe  $\frac{2n^2}{(2n+1)(n+1)} \pi a^2 b$ , avec  $n = 2$   $a = 4,27$ ,  $b = 22,5$  >  $V_{ar} = 686,4$  m.<sup>3</sup>: en somme,  $V = 321,9 + 686,4 = 1008$  m.<sup>3</sup>»

En contestación a esta carta, recibimos de la Casa «Zodiac» otra, de la que entresacamos el siguiente párrafo:

«C'est en effet une erreur de notre part d'avoir indiqué un volume de 1.200 m.<sup>3</sup> pour le type de ballon captif B. D. que nous construisons actuellement: ce chiffre nous avait été donné et nous n'avons pas vérifié son exactitude.... Vous voyez d'ailleurs que M. le lieutenant Baradez commettait la même erreur.»

.....

«Voici: les renseignements complémentaires que nous pouvons vous fournir après vérification:

»Les équations de la courbe méridienne sont effectivement une ellipse du degré 3 à l'avant et une parabole du degré 2 à l'arrière.»

Así, pues, estando ahora completamente seguros de que nuestras investigaciones nos llevaron a resultados exactos, formamos la presente Memoria, que, como se verá, toda ella tiene carácter de investigación, pues no pudieron obtenerse datos técnicos del Servicio francés.

Este estudio, además, ha de ser un índice de pruebas a que debe someterse el globo y puntos que han de ser objeto de comprobación, advirtiéndose desde luego, que como los cálculos de aerostática, para ser precisos, necesitan el conocimiento de datos, tales como las temperaturas del gas y del aire en cada momento y en las diversas capas atmosféricas en las que va estando situado el globo, datos que no pueden conocerse con exactitud, y, por otra parte, las fórmulas que tienen en cuenta esos datos son muy complicadas y dan lugar a cálculos muy laboriosos, se prescinde de todo ello o se emplean fórmulas aproximadas que pueden dar lugar a errores de alguna monta en los resultados de la teoría, pero que prácticamente no afectan de modo sensible a las condiciones de empleo del globo.

Por último, antes de entrar de lleno en el asunto y para terminar de indicar lo que pudiéramos llamar su historia, también creemos interesante consignar que, a consecuencia de nuestras indicaciones, la Casa «Zodiac» procede en la actualidad a la construcción de otra válvula más apropiada para el globo extensible; pues en efecto, estudiando el asunto, se ve en seguida que una válvula como las del tipo Cacquot y anteriores, colocada al revés (resortes dentro), en cuanto el gas actúe sobre ella, aunque poco, los resortes se alargan y un ligero defecto de alabeo en el asiento determina fugas que hacen perder todas las ventajas al globo.

Habiéndose insistido varias veces en este sentido a la Casa «Zodiac», se ha llegado a que construirán una nueva válvula, y por otro lado, el capitán Martínez Sanz, de este Regimiento, ha proyectado una que se describe en su lugar correspondiente.

Dividimos el estudio en dos partes:

- 1.<sup>a</sup> Descripción; y
  - 2.<sup>a</sup> Análisis del globo.
-





## PRIMERA PARTE

---

### Descripción del globo cautivo tipo D.

#### Globo dilatable B. D.—Envolvente.

La idea que preside la constitución de este globo, es la de proporcionar al gas una envolvente cuyo volumen sea siempre el que corresponde a la presión; de acuerdo con esta idea sólo existe cámara de gas.

La forma de la envolvente de esta cámara es la de una carena alargada (fig. 1), como corresponde al mínimo de resistencia a la penetración en el aire, que tiene la sección máxima al cuarto de la longitud a partir de proa, siendo curioso que estas proporciones son las mismas que dedujo ya Renard al construir su dirigible *La France*, para lo cual experimentaba sobre cuerpos fusiformes variados que dejaba caer en el agua y veía cuál era el que descendía con menos oscilaciones.

En el tipo actual se aprecia también un apuntamiento más pronunciado que en los tipos anteriores en la parte de popa.

La longitud es de 30 metros y el diámetro máximo 8,54 metros; el volumen del globo completamente dilatado es de 1.000 metros cúbicos.

En la popa lleva el empenaje neumático ordinario de los Cacquot, trilobular, el cual está algo adelantado, dejando la punta de popa libre, en lo que se diferencia de los anteriores modelos.

La envolvente está construída por husos en número de 6, de los cuales *dos* son dilatables y todos ellos son de tela cauchotada, doble, mientras que los lóbulos son de tela simple.

Hay que considerar en el globo las partes siguientes, que examinaremos sucesivamente:

Husos dilatables. Empenaje. Puentes de suspensión. Bucles. Red de

campamento. Válvula. Banda de desgarrre. Piezas de paso. Mirilla. Manga de inflación. Suspensión de tracción. Suspensión de la barquilla. Paracaídas de barquilla.

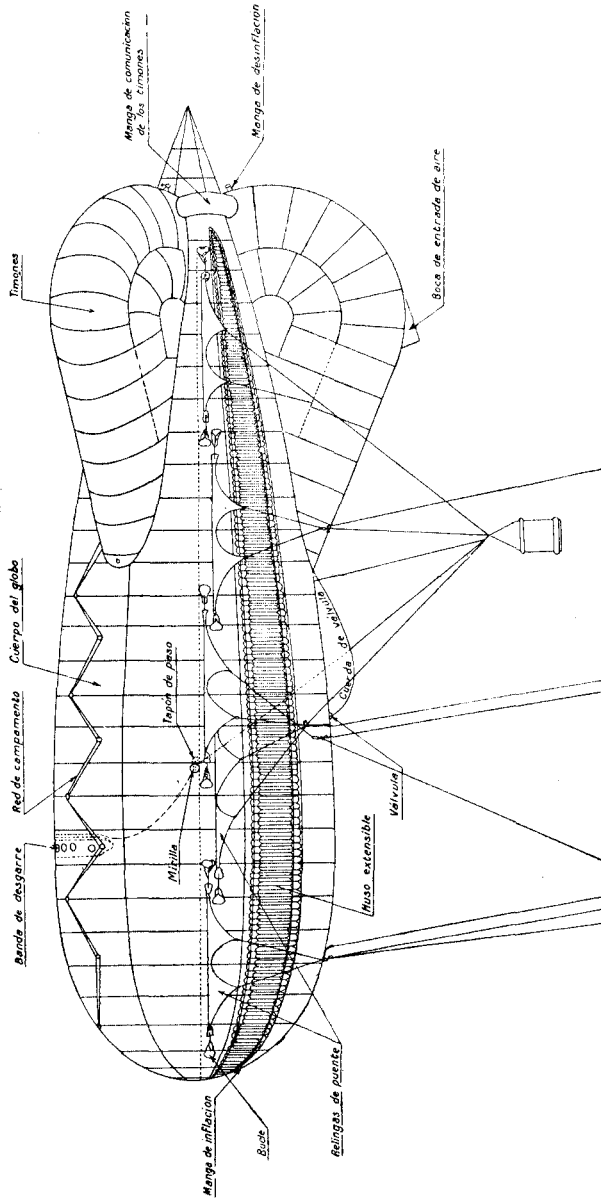


Fig. 1.—Globo extensible tipo B D.

Husos dilatables.

Según hemos indicado, dos husos son dilatables y se extienden a todo lo largo del globo, estando situados, según indica la figura, en la parte inferior y simétricamente a derecha e izquierda del plano vertical del eje del globo.

Este sistema extensible, representado más en detalle en las figuras 2,

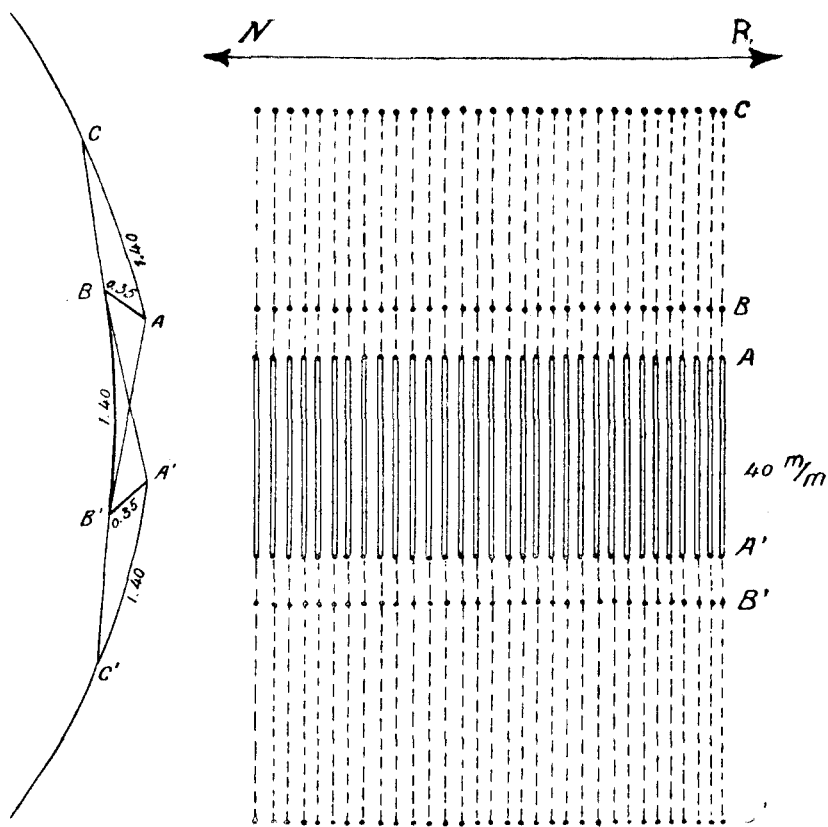


Fig. 2. (Corte.)

Fig. 3.—Huso plegado. (Alzado.)

3, 4 y 5, está constituido por ocho relingas: cuatro exteriores  $A B A' B'$  y cuatro interiores  $B C B' C'$ , formadas estas relingas por una serie de patas de tela cosidas al globo y sobre las cuales está insertado un ojete. Las patas están colocadas a distancias variables: más próximas en el centro y más diseminadas en los extremos, y los ojetes están reunidos ex-

terior e interiormente dos a dos, por una goma o *sandow*, en el orden  $A B'$ ,  $A' B$ ,  $B C$  y  $B' C'$ , como indica el corte; con el fin de que no rocen unas gomas con otras en los sistemas exteriores  $A B'$ ,  $A' B'$ , se montan

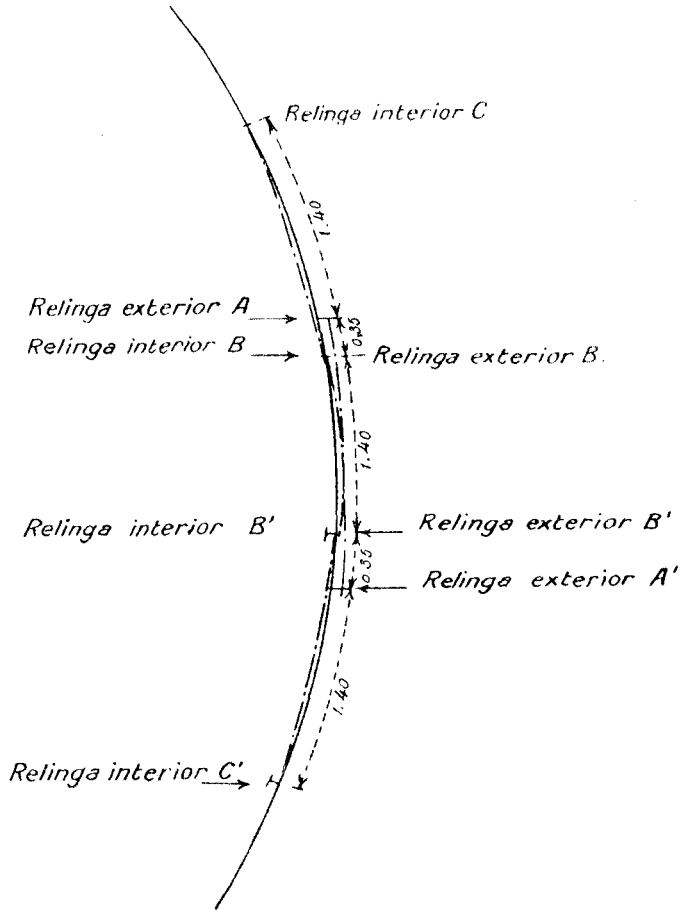


Fig. 4.—Huso desplegado. (Corte.)

la serie de ojete de la serie  $A B' C'$  separados 40 milímetros hacia adelante de los ojete de la serie  $A' B C$ .

La figura 6 muestra cómo se hace el empalme de las gomas.

#### Empenaje.

El empenaje está constituido, según indicamos, por el sistema trilobular neumático Cacquot, dispuestos los lóbulos a  $120^\circ$ , siendo vertical



el inferior: éste es el que recibe el aire por una boca, que presenta la particularidad de tener un *neumático de goma* en todo su contorno, lo que

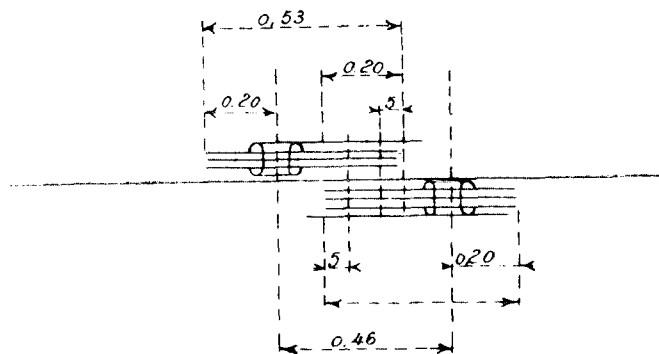


Fig. 5.—Costuras de las dobles relingas.

asegura su abertura y la entrada del aire, y éste pasa después a los lóbulos superiores por mangas aplicadas contra la popa, según se ve en la

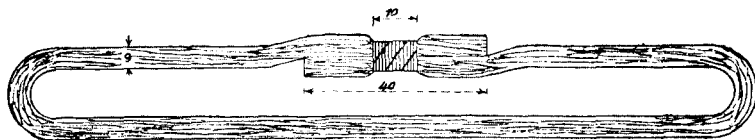


Fig. 6.—Empalme de gomas.

figura, la cual muestra también las mangas de desinflación de los lóbulos para cuando se va a anclar o guardar el globo al terminar el trabajo.

**Puentes de suspensión.**

La suspensión por relinga continua y patas de ganso tiene el incon-

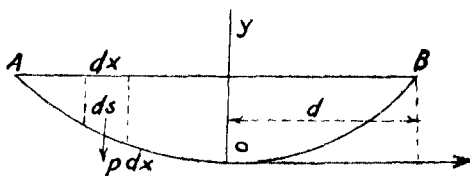


Fig. 7.

veniente, además de su difícil ajuste, de presentar a la corriente de aire un número considerable de elementos de cordaje que ofrecen gran resis-

tencia; para remediar estos inconvenientes, el comandante Lenoir ha estudiado y puesto en práctica una disposición llamada *relinga de puentes*, que los italianos designan con el nombre de catenarias.

La teoría de esta suspensión es la misma que la de los puentes suspendidos, pues en estos puentes como en el globo, se desea que el es-

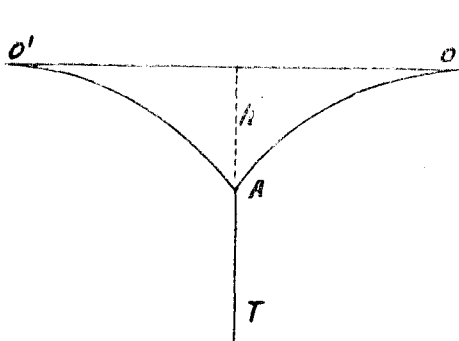


Fig. 8.

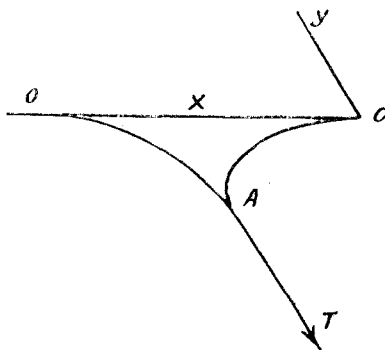


Fig 9.

fuerzo sea proporcional, no a la longitud del cable que realiza la tracción, sino a la longitud del tablero o de relinga en este caso, por lo tanto, que la forma que debe tener el cable, según se demuestra en Mecánica, debe ser la de una parábola, cuya ecuación referida a ejes  $X$  e  $Y$  (fig. 7).

$$y = \frac{p}{2Q} x^2$$

siendo  $p$  la fuerza por unidad de longitud de relinga y  $Q$  la tensión del cable en el punto  $O$ .

Se demuestra también, que la tensión en un punto cualquiera del cable parabólico vale,

$$T = \sqrt{Q^2 + p^2 x^2}$$

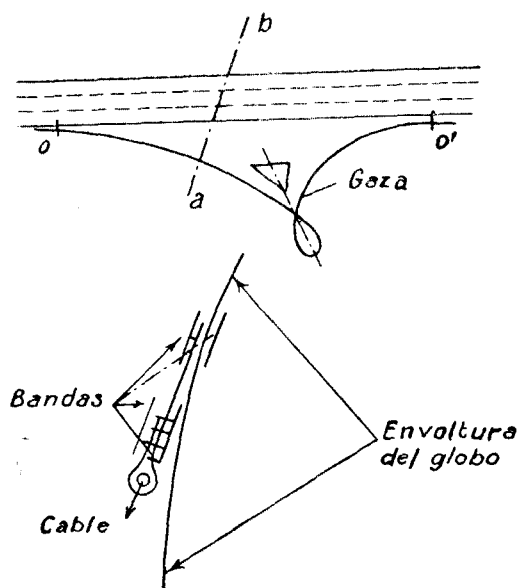
lo cual da para tensión máxima en los puntos de amarre  $A B$  el valor

$$T = \sqrt{Q^2 + p^2 d^2}.$$

Por lo tanto, en el globo, fijada la flecha o altura de la parábola  $h$  (figura 8), el problema es determinado y se puede transmitir una tensión  $T_0$  aplicada en  $A$  a lo largo de la relinga  $o o'$ , uniformemente, de manera que la tensión irá disminuyendo desde  $A$  hasta los puntos  $O$  y  $O'$  en donde será mínima, como corresponde a los vértices de las dos semiparábolas  $A O$  y  $A O'$ .

Si la suspensión es inclinada (fig. 9), el problema se resuelve lo mismo, solamente que la ecuación de la parábola ha de entenderse referida a los ejes oblicuos  $ox$  y  $oy$ , este último paralelo a la tracción.

La organización del puente que responde a esta teoría, es la siguiente: se corta una tela de la forma necesaria deducida por una monea, teniendo en cuenta al calcularla que la altura del puente esté en relación con las dimensiones de la tela para que pueda salir todo el puente de



Sección por  $a b$ .

Fig. 10.

una pieza sin costuras transversales al esfuerzo, y luego se dispone un cable que tenga la forma conveniente y se adapte al contorno de la tela, haciendo en este cable una gaza en el sitio correspondiente al vértice del puente; se envuelve el cable por una tela y sobre esta vaina así formada, se fijan dos sectores que refuerzan el vértice para evitar el desgarramiento en este sitio donde la tracción es mayor, todo lo cual está representado en la figura 10 en vista y corte.

Al principio se ponía cordaje en el borde del puente en lugar de cable como se ha dicho, pero ese cordaje no ventilado y de difícil visita estaba expuesto a pudrirse sin ser visto, por lo que actualmente se pone cable de acero y éste se envuelve en cáñamo para evitar el resbalamiento

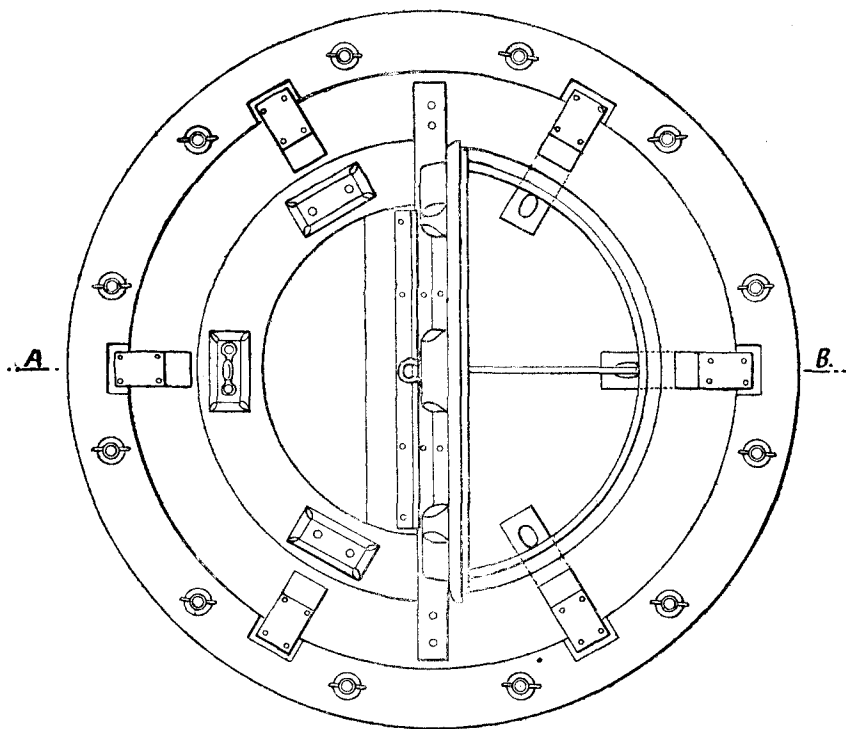
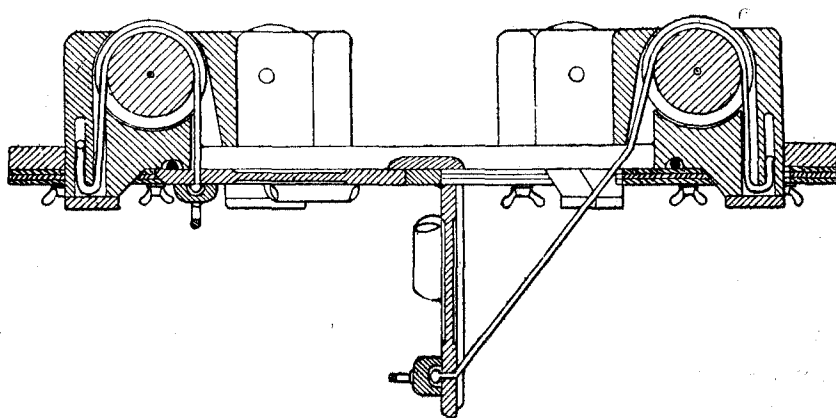


Fig. 10 bis.—Vista inferior.

Fig. 10 bis.—Corte por *A B*

dentro de su vaina y así mismo para aumentar el rozamiento, esa envoltura de cáñamo lleva de trecho en trecho unos abultamientos.

Este sistema de suspensión, como se indicó antes, ofrece la ventaja de disminuir la resistencia al avance, cuya ventaja se puede acentuar, haciendo de modo que la línea de inserción de la relinga del puente (fig. 11) esté sobre el globo un poco más elevada de lo que corresponde al cono circunscrito, que es la línea teórica de situación de la relinga: de este modo, el puente se aplica contra la carena y no ofrece resistencia al aire más que exclusivamente la suspensión.

Con este procedimiento de suspensión, que es también empleado en el globo cautivo italiano *Avorio Prassone*, se han obtenido excelentes resultados y se ha llegado a hacer puentes de 5 metros de longitud que soportaban media tonelada, lo que corresponde a la carga que de ordinario se hace soportar a la tela, que es de 90 a 100 kilogramos por metro lineal; el límite de carga está dado por la anchura de la tela, como antes se indicó, pues esta anchura determina la altura y por consiguiente la longitud máxima del puente.

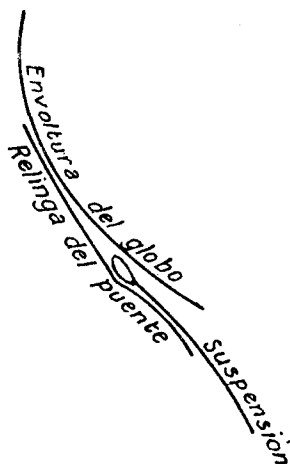


Fig. 11.

#### Bucles.

Según se ha explicado en la teoría del puente de suspensión, la tensión del cable, máxima en el vértice del puente, es mínima en sus extremos (que son los vértices de las parábolas contorno), y para equilibrar esa tensión extrema remanente, se disponen los *bucles* un poco por delante y detrás de cada puente, que son piezas de tela de suficientes dimensiones para repartir la tracción y terminadas por una gaza en la que se engancha el cazonete terminal del cable.

#### Red de campamento.

Una red de bandas de amplias mallas está pegada a la parte superior del globo para facilitar el anclaje, a cuyo efecto lleva 16 anillas metálicas repartidas, siete a cada lado y dos en proa y popa.

### Válvula.

La válvula se monta sobre la envolvente en la forma ordinaria mediante un refuerzo en la tela, pero hay modificaciones esenciales que son en primer lugar, la situación en el meridiano inferior y un poco por detrás de la sección máxima en lugar de estar en la punta de proa y en segundo lugar con los resortes interiormente, puesto que su abertura es hacia fuera cuando la presión interior pasa de un límite determinado dependiente de la tensión de los resortes.

Lleva cuerda de maniobra voluntaria para caso de que fallara la maniobra automática y se ha colocado en la región dicha para conseguir la ventaja de que al perder hidrógeno sea el de peor calidad.

Claro es que si la ascensión se mantiene dentro de los límites de la extensibilidad la válvula no funcionará, y sí, si la ascensión se declara libre.

Es curioso observar que, según se detallará más adelante, aunque la válvula está colocada en la parte inferior, o sea que por su situación es como una válvula de apéndice, gracias a la contractibilidad del globo funciona como válvula de cabeza, o sea perdiendo gas al maniobrarla.

Se describe aquí también la válvula proyectada por el capitán Martínez siguiendo las normas que después de amplia discusión sobre el asunto se determinaron, con el fin de conseguir una carrera *muerta* que pudiéramos decir, o sea que aunque cedan los resortes o gomas por efecto de la presión interior, no se abra la válvula hasta que esta presión alcance el límite fijado.

Esto se consigue aumentando la superficie de contacto entre la válvula y su asiento, y haciendo en éste una caja en forma de media caña en donde entra un saliente de igual forma que lleva la válvula.

Además es de charnela, que da más fácilmente salida al gas, y toda de madera, con gomas en vez de resortes, con lo que se evitan cuerpos metálicos electrizables y, sobre todo, está dispuesta de modo que se pueda ajustar por el exterior, con lo que se evita el grave inconveniente que traía el globo con la disposición francesa, de una vez lleno el globo no poder tocar los resortes si se descorregían, y además tener que entrar dentro del globo para colocar la válvula antes de inflar y dejar ésta puesta ya al plegar el globo, exponiéndose a posibles roturas de la tela.

La figura 10 bis representa la válvula dicha que, después de lo expuesto, no requiere otras explicaciones.

### **Banda de desgarre.**

En la parte superior del globo, y en la sección máxima, hay ocho aberturas elípticas, con bordes reforzados, contra las cuales se viene a aplicar la banda de desgarre y por las que se da paso al gas al maniobrar esta última.

### **Pieza de paso.**

Hay una pieza de paso para la cuerda de maniobra de la banda de desgarre, cuya pieza está situada a la derecha del globo y un poco detrás de la sección máxima, estando constituida dicha pieza por un tubo de aluminio acanalado, terminado por un reborde, cuyo tubo está dentro de una pequeña chimenea de tela cuya base sirve de asiento al mencionado reborde. La cuerda de maniobra está insertada en el sitio del paso en un corcho hendido, que asegura la hermeticidad.

### **Mirilla.**

Una mirilla constituida por un disco de materia transparente, cogida entre dos rodajas de aluminio, ensambladas por pernos, está situada hacia la sección máxima y en la izquierda del globo. La hermeticidad está asegurada por rodajas de caucho insertadas entre la tela y la montura interior de aluminio y otra rodaja de tela pegada sobre las dos caras.

### **Manga de inflación.**

La manga de inflación está situada en la proa y costura inferior del globo: una vez terminada la inflación es entrada en el orificio y mantenida en su posición por un disco de tela cauchotada con ojetes en su contorno.

Se ha cambiado la situación de la manga, llevándola a la popa, porque en proa, donde la traía el globo tipo francés, se vió que tenía el inconveniente de que en la inflación, como el gas se va en seguida allí donde puede tener más altura, que es en la proa, cuando ya iba la inflación algo adelantada, la boca de la manga estaba muy alta y el soldado que ha de sujetar el manguito de empalme no podía acompañarla fácilmente, mientras que con la situación que se la ha dado desaparece ese inconveniente.

### **Suspensión de tracción.**

Los puentes de suspensión suprimen los órdenes de pequeñas patas de ganso; así, que la suspensión de tracción se compone de dos puentes de a dos vértices cada uno en cada lado del globo, de los que arrancan las grandes patas de ganso, de las cuales parten las dos suspensiones metálicas anteriores y las dos posteriores que en su conjunto forman, al reunirse en la pieza de unión, la V de tracción: estas suspensiones metálicas son de cable de acero de 6 milímetros y terminados en anillos que reúne la mencionada pieza, de la que parte el cable de tracción.

### **Suspensión de la barquilla.**

Se compone de cada lado del globo, de tres puentes de suspensión de a dos vértices cada uno: los anteriores, medios y posteriores, fijados los primeros entre los dos puentes de tracción, y todos ellos en línea inferior a la de éstos.

De los mencionados puentes parten las grandes patas de ganso de las que salen las suspensiones anterior, media y posterior de la barquilla ligadas a esta última por intermedio del trapecio como en los globos anteriores.

Las cuerdas de maniobra se fijan a las gazas de las dos suspensiones de tracción y de las media y posterior de la barquilla.

### **Paracaídas de barquilla.**

La barquilla puede desprenderse del globo mediante una disposición automática que lleva la barra del trapecio, en cuyo caso toda la barquilla insiste sobre la suspensión de un paracaídas alojado en un saco sujeto a las suspensiones de la barquilla, la cual, para evitar el choque contra el suelo, lleva un amortiguador de mimbre.

### **Relinga y faldilla de protección de los husos.**

Describimos aquí también estas disposiciones, de las que hemos tenido noticia por nuestra comunicación con el aerostero francés teniente Baradez.

Esta disposición tiene por objeto proteger de la lluvia el huso y sus gomas, por consiguiente, cuando el globo está acampado.

Consiste en una relinga cosida a la altura de la más alta interior del



huso, de cuya relinga pende una tira de tela o fleco que ha de resultar solapando la faldilla de protección.

Esa relinga lleva una cuerda con gazas debajo del fleco.

La faldilla tiene por su parte superior una serie de cazonetes que entran en las gazas anteriores cuando, una vez acampado el globo, se desea proteger los husos.

Las figuras 12 a 15 representan la relinga y faldilla y nos dispensan de otras explicaciones.

**Red de transvase.**

Por el mismo conducto anterior hemos tenido noticia de la citada red, que consiste en una serie de mallas cuadradas de 20 centímetros de lado, formando un rectángulo de dimensiones apropiadas para cubrir el globo (fig. 16) y que termina en sus lados mayores en 6 cuerdas que sirven para lanzarlas por encima del globo y pasando al otro lado de él, ccbrando de ellas desde éste, llevar la red sobre el globo.

Una vez hecho esto, por medio de sacos de lastre (125 por cada lado) que se van maniobrando de modo inverso al que se emplea en la inflación, se consigue la presión necesaria sobre el globo para obligar al gas a salir de éste y pasar a otro globo.

Según nos dice el teniente Baradez, se hace el transvase en cuarenta minutos, y de este modo se evita a la tela el enorme desgaste del manejo por hombres para hacer el transvase.

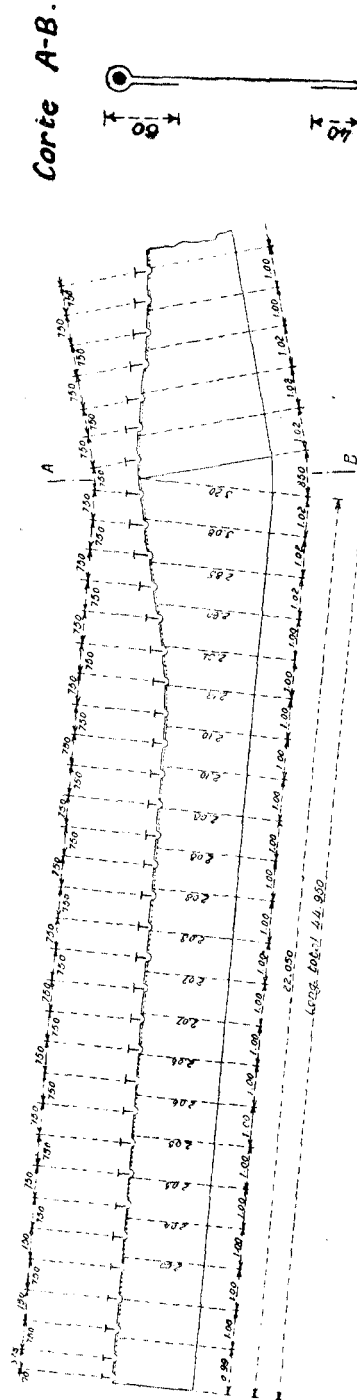


Fig. 12.—Alzado de la faldilla.

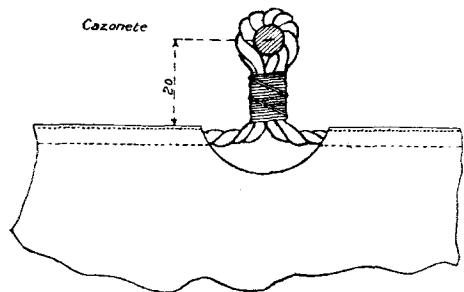


Fig. 13.—Detalle de una suspensión de la faldilla.

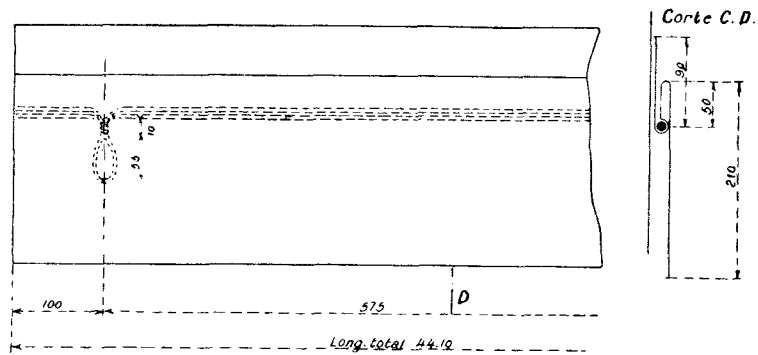


Fig. 15.—Detalle de la relinga de suspensión de la faldilla.

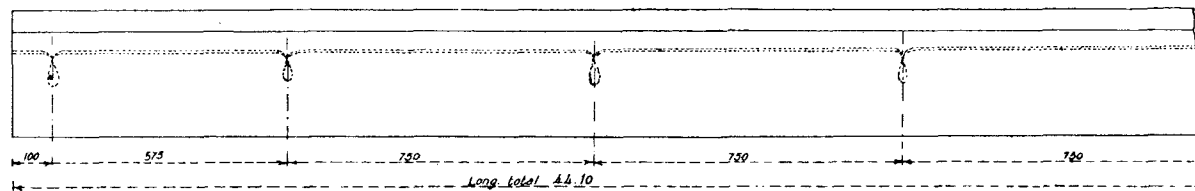


Fig. 14.—Alzado de la relinga.

**Cuidados especiales que requiere el globo.**

En general, requiere los mismos cuidados que todos los cautivos, pero hay algunas particularidades que conviene llamar la atención sobre ellas.

a) El reconocimiento de la tela debe hacerse con suma minuciosidad, porque así como el cautivo «Cacquot» trabajaba a 12 ó 15 milímetros de agua, este globo trabaja a una presión triple, por lo tanto, es sumamente importante que no haya la más pequeña picadura.

A este efecto, después de reconocido con mucho cuidado por el pro-

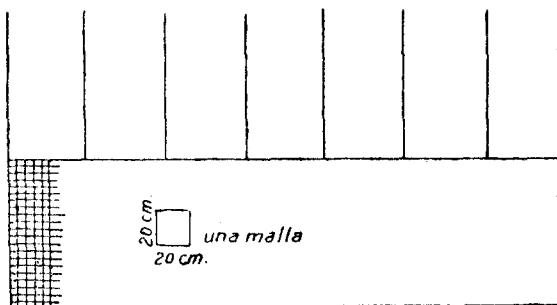


Fig. 16.—Red de transvase.

cedimiento ordinario, se llena de aire hasta que la abertura de huso sea de 70 ó 75 centímetros.

Se mide entonces el volumen del globo: para ello, según se verá más adelante, la fórmula que le da, es

$$V = 54,85 R^2$$

siendo  $R$  el radio de la sección máxima.

Este radio se puede hallar en seguida sin más que tomar una medida en el huso: su abertura o distancia entre relingas en la sección máxima que la hemos marcado en el globo con una flecha roja; sea  $f$  esta medida.

La circunferencia de esa sección vale entonces

$$C = 22,62^m + 2 f$$

luego el radio,

$$R = \frac{C}{2 \pi} = \frac{22,62 + 2 f}{2 \pi} = 3,60 + 0,318 f$$

bastará, pues, sustituir  $f$  en esta fórmula para conocer  $R$  y de aquí en la de  $V$ , para hallar el volumen.

Se anotan también la temperatura del momento y la presión en milímetros.

Se deja después el globo veinticuatro horas y al cabo de ellas se vuelven a tomar los mismos datos.

Sean  $V_0, p_0, t_0$  los valores iniciales;  $p_1, t_1$ , la presión y temperatura al cabo de veinticuatro horas. Si no hubiese habido pérdida en ese tiempo, el nuevo volumen debería ser, según se sabe por la física de los gases,

$$\frac{p_0 V_0}{1 + 0,004 t_0} = \frac{p_1 V_1}{1 + 0,004 t_1} \quad \text{o bien} \quad V_1 = V_0 \frac{p_0}{p_1} \times \frac{1 + 0,004 t_1}{1 + 0,004 t_0},$$

como se ha medido el volumen también, se conocerá su valor  $V'_1$ ; si la diferencia

$$V_1 - V'_1$$

es superior al límite tolerable, unos 12 ó 13 metros cúbicos, es señal de que la tela no está bien parcheada. Se procede entonces a un nuevo reconocimiento, hasta que repetida esta prueba se obtenga resultado satisfactorio.

Con el fin de que no sea necesario pensar, en maniobras o campaña, en los cuadros que al final ponemos para el empleo del globo incluimos estas fórmulas, pues aunque claro es que esta prueba se hará principalmente por el Parque, puede ocurrir que tenga que hacerse por una unidad suelta.

Esta prueba además evitará emplear un globo cuya tela esté en malas condiciones de resistencia, pues mucho antes de que esta disminuya hasta ser peligrosa, disminuye la impermeabilidad.

Advertimos también que la fórmula que damos para el cálculo del radio supone que los abultamientos del huso no son pronunciados, pues si se formaran, hay que hacer la corrección de sección que más adelante se verá; por eso debe empezarse la prueba con un grado de llenado tal como el indicado, que después de las veinticuatro horas, aunque haya habido contracción, no sea la abertura de huso inferior a 66 centímetros que es la mínima para la que son despreciables los abultamientos.

b) En campamento, y en general cuando se aparque el globo, conviene que la válvula no roce con el suelo y, a este efecto, además de barrer cuidadosamente la lona, deberá disponerse de un cojín o colchoneta que se colocará debajo de la válvula.



## SEGUNDA PARTE

---

### Análisis del globo cautivo tipo D.

#### Forma geométrica.

La primera investigación, base de todas las demás, es la de la forma del globo.

Por su aspecto se ve en seguida que es aún más parecido a un dirigible que lo eran los tipos Cacquot.

Entonces pensamos que el trazado de la meridiana debía ser del género parabólico o elíptico de las curvas expresadas por las ecuaciones

$$y = a \left( 1 - \frac{x^n}{b^n} \right) \quad [1]$$

las primeras, e

$$y = a \sqrt{1 - \frac{x^n}{b^n}} \quad [2]$$

las segundas, tanto más cuanto que el dirigible *Fleurus*, salido de las mismas manos, tenía este trazado.

Como es sabido, las curvas del género elíptico tienen la tangente en la punta vertical; las del género parabólico tienen la tangente en el mismo punto inclinada, y tanto más próxima a la vertical cuanto más elevado es el grado, lo cual se comprende fácilmente, teniendo en cuenta que (fig. 17) las dimensiones  $a$  y  $b$  son las acotadas ahí y el coeficiente angular de la tangente es el coeficiente diferencial del  $y$  de la curva, o sea:

$$y' = \frac{d y}{d x} = - n a \frac{x^{n-1}}{b^n} \quad [3]$$

que para  $x = b$  (tangente en la punta) vale

$$y' = -n \frac{a}{b} \quad [4]$$

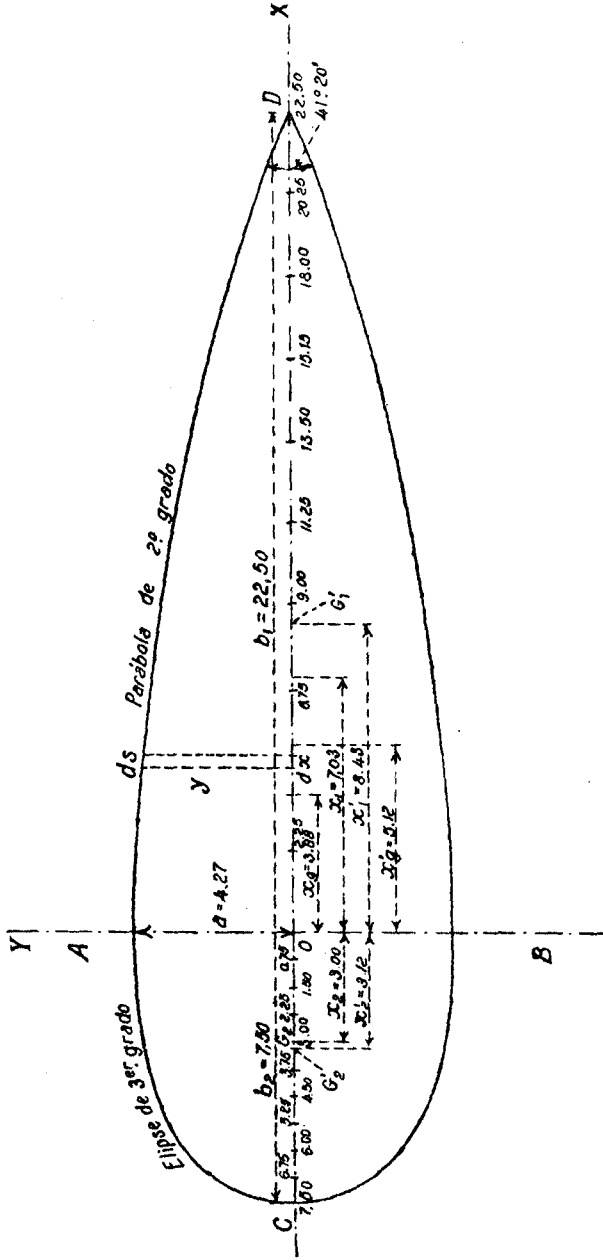


Fig. 17.

Saltaba a la vista que la popa era de mínimo grado.

Para dilucidar el asunto, medimos, estando el globo inflado, el ángulo del cono posterior (fig. 17), medida que podía hacerse con bastante precisión y nos dió un ángulo de

$$\alpha = 41^{\circ} 20';$$

la tangente de su mitad debía ser igual al coeficiente citado.

Faltaba saber quiénes eran  $a$  y  $b$ : al efecto, según se dijo en la descripción, la sección máxima estaba a la cuarta parte de la longitud total; luego el  $b$ , eran  $\frac{3}{4}$  de 30 metros, o sea:  $b = 22,5$  metros, cosa comprobada en el dibujo, y el radio  $a$ , de 4,27 metros, medida comprobada también con una cinta dilatando el globo por completo y midiendo su circunferencia máxima: con esto ya es inmediato deducir de la ecuación [4],

$$\text{tang. } \frac{1}{2} \alpha = \text{tang. } 20^{\circ}, 40' = 0,377 = n \frac{4,27}{22,5},$$

de donde

$$n = 1,99, \text{ o sea } 2;$$

la popa era, pues, una parábola de 2.º grado de eje  $AB$  (fig. 17).

Se comprobó este resultado construyendo la curva de ecuación

$$y = 4,27 \left( 1 - \frac{x^2}{22,5^2} \right)$$

y viendo que coincidía con el dibujo.

Para deducir la forma de la proa no podíamos acudir al mismo procedimiento porque la punta de proa era redondeada, lo que nos hizo pensar en el género elíptico.

A simple vista además en el dibujo, la proa tenía tangente vertical, lo que afirmaba esas probabilidades.

En vista de ello, decidimos hacer el ensayo midiendo una ordenada y una abscisa en el dibujo, hacia la mitad de la proa y sustituyendo en la ecuación,

$$y = 4,27 \sqrt{1 - \frac{x^n}{7,5^n}},$$

y despejando  $n$ :

$$n = \frac{\log. \left( 1 - \frac{y^2}{4,27^2} \right)}{\log. \frac{x}{7,5}},$$

con lo que dedujimos  $n = 3$  aproximadamente.

Entonces, suponiendo  $\beta$  el grado, calculamos el siguiente cuadro de abscisas y ordenadas, dando a  $x$  los valores,

$$x = 0,1 b, \quad 0,2 b, \quad 0,3 b \dots, \quad 0,9 b$$

(hicimos uso de una tabla de cubos)

$$\left. \begin{array}{l} 1 - 0,001 = 0,999 \\ 1 - 0,008 = 0,992 \\ 1 - 0,027 = 0,973 \\ 1 - 0,064 = 0,936 \\ 1 - 0,125 = 0,875 \\ 1 - 0,216 = 0,784 \\ 1 - 0,343 = 0,657 \\ 1 - 0,512 = 0,488 \\ 1 - 0,729 = 0,271 \end{array} \right\} a \sqrt{1 - \frac{x^3}{b^3}} = \left\{ \begin{array}{l} 4,27 \times \sqrt{0,999} = 4,27 \times 0,99 = 4,23 \\ \text{ " } \times \sqrt{0,992} = \text{ " } \times 0,99 = 4,23 \\ \text{ " } \times \sqrt{0,973} = \text{ " } \times 0,98 = 4,18 \\ \text{ " } \times \sqrt{0,936} = \text{ " } \times 0,97 = 4,14 \\ \text{ " } \times \sqrt{0,875} = \text{ " } \times 0,94 = 4,01 \\ \text{ " } \times \sqrt{0,784} = \text{ " } \times 0,88 = 3,76 \\ \text{ " } \times \sqrt{0,657} = \text{ " } \times 0,81 = 3,46 \\ \text{ " } \times \sqrt{0,488} = \text{ " } \times 0,70 = 2,99 \\ \text{ " } \times \sqrt{0,271} = \text{ " } \times 0,52 = 2,22 \end{array} \right.$$

Formamos luego el mismo cuadro para la ecuación

$$y = 4,27 \left( 1 - \frac{x^2}{7,5^2} \right),$$

dando a  $x$  iguales valores y por igual proceso con una tabla de cuadrados y obtuvimos igualmente las ordenadas de la popa.

Después, en papel cuadrículado, dibujamos la carena por puntos, y sacando de este dibujo un calco le superpusimos sobre el marión que teníamos, tanto de la Casa «Astra» como el de «Zodiac», viendo que coincidía exactamente con esos dibujos, con lo que teníamos un resultado completamente seguro respecto a la forma del globo: así, pues, adoptamos para los cálculos

$$\text{Meridiana de proa} \dots \quad y = 4,27 \sqrt{1 - \frac{x^3}{7,5^3}} \quad [5]$$

$$\text{Meridiana de popa} \dots \quad y = 4,27 \left( 1 - \frac{x^2}{22,5^2} \right) \quad [6]$$

Todo suponiendo el globo dilatado.

#### Cálculo de la superficie.

Tratándose de una figura de revolución, basta aplicar el cálculo integral, puesto que se conoce la ecuación de la meridiana.



El elemento de área vale (fig. 17),

$$2 \pi y \, ds \text{ (asimilado a un tronco de cono)}$$

la superficie será:

$$\int_0^b 2 \pi y \, ds$$

pero  $ds$  es el elemento lineal de la curva, que es

$$ds = \sqrt{dy^2 + dx^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

había de obtenerse, pues, una integral muy complicada, irracional de segundo grado para la popa y una binomia para la proa, que exigen leyes de recurrencia y cálculos muy laboriosos.

Se evita la dificultad observando que

$$\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = \frac{1}{\cos. \alpha}$$

siendo  $\alpha$  el ángulo de inclinación de la curva, puesto que

$$\frac{dy}{dx} = \text{tang. } \alpha$$

y como ese ángulo en casi toda la curva es muy pequeño, puede suponerse  $\cos. \alpha = 1$ ; sólo en la punta es esta hipótesis menos cierta; pero en cambio, ahí vale  $y$  menos y el error es de menos importancia. Supondremos, pues,

$$\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = 1,$$

con lo que  $ds = dx$ , y entonces la superficie vale:

$$S = \int_0^b 2 \pi y \, dx \tag{7}$$

sustituyendo  $y$  por su valor general [1], resulta

$$\begin{aligned} S &= 2 \pi a \int_0^b \left(1 - \frac{x^n}{b^n}\right) dx = 2 \pi a \left[ \int_0^b dx - \int_0^b \frac{x^n}{b^n} dx \right] = \\ &= 2 \pi a \left[ x - \frac{x^{n+1}}{(n+1)b^n} \right]_0^b = 2 \pi a b \frac{n}{n+1} \end{aligned} \tag{8}$$

fórmula bien sencilla, y que es una de las razones por las que se adoptan estas curvas, que dan buenos perfiles aerodinámicos, por otra parte.

Pero esta fórmula es para las meridianas parabólicas; para las elípticas el asunto es más complejo, pues la fórmula [7] da, poniendo  $y$  por el valor general,

$$y = a \sqrt{1 - \frac{x^n}{b^n}} \quad [8']$$

$$S = \int_0^b 2 \sqrt{1 - \frac{x^n}{b^n}} dx,$$

que exige para su resolución las integrales elípticas; por lo que, en atención a lo que se dijo al principio acerca del grado de exactitud de los cálculos aerostáticos, podemos aplicar la fórmula [8] para la proa, suponiendo  $n = 4$ , pues prescindiendo de la forma de la punta la parábola de cuarto grado es casi coincidente con la elipse de tercer grado; entonces resulta la superficie del globo la siguiente:

Superficie de popa,

$$n = 2, a = 4,27, b = 22,5, S_1 = 603,22 \times \frac{2}{3} = 402,1 \text{ m.}^2$$

Superficie de proa,

$$n = 4, a = 4,27, b = 7,5, S_2 = 201,07 \times \frac{4}{5} = 161,0 \text{ m.}^2$$

Superficie total,

$$S = 563 \text{ m.}^2$$

Este dato tiene una inmediata consecuencia práctica, y es el cálculo de la pérdida de gas a través de la tela.

En el globo en cuestión, si se trabaja dentro de la zona de dilatación, no pierde otro gas que el citado; ahora se exige en las pruebas de las telas una permeabilidad al hidrógeno bajo la presión de 30 milímetros de agua, de 10 litros por metro cuadrado para todo el globo, excepto la banda de la sección máxima, en donde se pide más resistencia y se tolera hasta 20 litros de pérdida de gas por metro cuadrado y veinticuatro horas; así, pues, podemos tomar una pérdida media de 12 litros, y entonces, la pérdida diaria será de

$$12 \times 563 = 6,75 \text{ m.}^3;$$

duplicando el resultado para la pérdida por costuras, se obtiene:

$$\text{Pérdida diaria} = 13,5 \text{ m.}^3 = 2 \text{ tubos.}$$

Con el «Cacquot», el gasto diario era de 8 a 10 tubos, y esto no llenándolo del todo, con lo que si el día era de fuerte viento, pasaba el globo por mala situación hasta llenarse de aire el baloné, cosa que en el Regimiento se evitaba el peligro al personal haciendo, antes de subir montado, la ascensión de prueba.

**Cálculo del volumen.**

Aplicando también el caso de superficies de revolución, el volumen elemental es

$$\pi y^2 dx \text{ (cilindro de base } \pi y^2 \text{ y altura } dx)$$

el volumen valdrá

$$V = \int_0^b \pi y^2 dx$$

sustituyendo  $y$  por su valor [1], resulta:

$$\begin{aligned} V &= \pi a^2 \int_0^b \left(1 + \frac{x^{2n}}{b^{2n}} - \frac{2x^n}{b^n}\right) dx = \pi a^2 \left[ \int_0^b dx + \right. \\ &+ \int_0^b \frac{x^{2n}}{b^{2n}} dx - \int_0^b \frac{2x^n}{b^n} dx \left. \right] = \pi a^2 \left[ (x)_0^b + \left( \frac{x^{2n+1}}{b^{2n+1}(2n+1)} \right)_0^b - \right. \\ &\left. - \left( \frac{2x^{n+1}}{b^n(n+1)} \right)_0^b \right] = \pi a^2 b \frac{2n^2}{(2n+1)(n+1)} \quad [9] \end{aligned}$$

como volumen con meridiana parabólica.

Para la proa que la tiene meridiana elíptica, será:

$$V = \int_0^b \pi a^2 \left(1 - \frac{x^n}{b^n}\right) dx,$$

o sea

$$\pi a^2 \left( x - \frac{x^{n+1}}{(n+1)b^n} \right)_0^b$$

o, por fin

$$V = \frac{n}{n+1} \pi a^2 b \quad [9']$$

Resultará, pues,

$$\left. \begin{array}{l} \text{Volumen de la popa [9]. } n = 2, V_1 = \pi b_1 a^2 \frac{8}{15} = 686,4 \\ \text{Idem de la proa [9']..... } n = 3, V_2 = \pi b_2 a^2 \frac{3}{4} = 321,9 \end{array} \right\} 1.008,3 \text{ m.}^3$$

adoptamos para redondear 1.000 metros cúbicos y poniéndolo en función del radio,

$$V = 54,85 a^2 \quad [10]$$

fórmula que vamos a ver sirve para todos los valores de  $a$ , o sea del radio.

Efectivamente; según las ecuaciones [1] y [8'], se tiene,

$$\frac{y}{a} = 1 - \frac{x^n}{b^n} \quad \rightarrow \quad \frac{y}{a} = \sqrt[1]{1 - \frac{x^n}{b^n}}$$

por lo tanto, si  $b$  no varía (longitud del globo), el grado  $n$  quedará constante, mientras  $y$  sea proporcional a  $a$ ; bastará que para el mismo valor

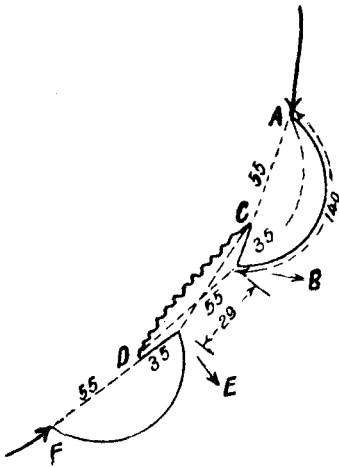


Fig. 18.—Huso contraído.

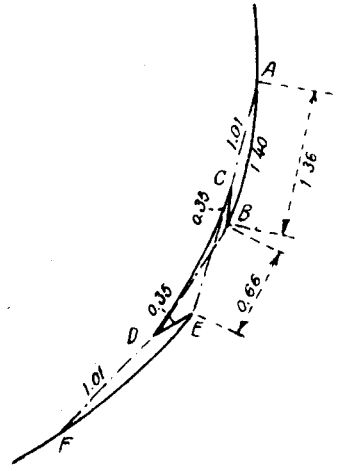


Fig. 19.

de  $x$ , las ordenadas, o sean los radios de cada paralelo, varíen proporcionalmente, lo que se consigue haciendo que las longitudes de las gomas en todo el huso varíen proporcionalmente también.

En estas condiciones, la fórmula [10] da los volúmenes para cada valor del radio máximo, el cual puede deducirse de la distancia entre las relingas en la misma sección, la cual hemos marcado en el globo con una

flecha roja en cada banda, con objeto de que allí pueda el capitán de unidad saber en cada momento el volumen del globo.

Antes de formar el cuadro de radios y volúmenes y con el fin de hacer el cálculo más preciso, observemos un poco en detalle la constitución del huso.

Cuando está completamente contraído y las gomas flojas, éstas tienen una longitud de 55 centímetros.

Ahora, observemos que tiene las relingas *A B C D E F* que distan las longitudes acotadas en la figura 4 (todo en la sección máxima), o sea que cuando el huso está del todo dilatado *todas* las gomas tienen la lon-

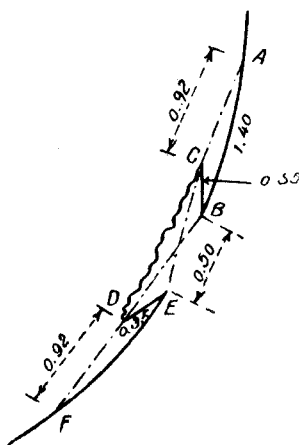


Fig. 20.

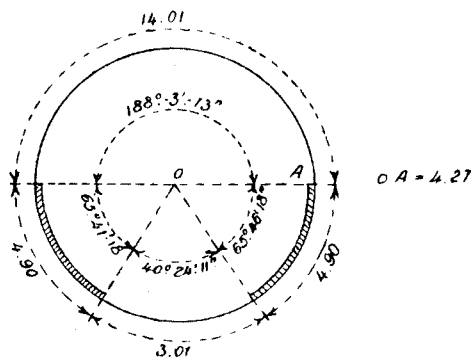


Fig. 21.

gitud total de 1,75 metros; cuando está contraído se forma la figura 18, o sea: una circunferencia general *A C D F* y los dos abultamientos *A B* y *E F* que el hecho de ser constante la tensión, o casi, nos permite suponer circulares.

Como la cuerda de estos arcos es de 90 centímetros y su desarrollo de 140, corresponden a sectores de 171° de amplitud y radio de 45,6, es decir, sensiblemente semicírculos.

Pues bien: la circunferencia de la sección máxima dilatada, o sea la tela, es de 26,82; la parte que abarca un huso, 4,90; los dos 9,8 o sea que quedan 17,02 metros (fig. 21); a esto hay que añadir en cada caso lo que se extienden los husos realmente: en el caso de contracción o sea cuando las relingas distan 29 centímetros, la extensión de un huso es de 55 + 35 + 29 + 35 + 55 = 2,09; de los dos: 4,18, la circunferencia será 17,02 + 4,18 = 21,20 o sea el radio 3,37 metros.

Pero hay que añadir el área dada por los abultamientos que suponiéndolos semicírculos es para un huso, 0,63, luego para los dos 1,26 metros cuadrados; pero el área del círculo de 3,37 metros de radio es de 35,67 metros cuadrados; equivale todo, pues, sensiblemente a un círculo de área,  $35,67 + 1,26 = 36,93$  cuyo radio es 3,43 metros.

En resumen, cuando las relingas distan 0,29, el radio es de 3,43 metros.

Si se hubiese descontado sólo el pliegue,  $B C D E$ , se hubiese dado por circunferencia,  $17,02 + 2 \times (1,40 + 1,40 + 0,29) = 23,18$  metros, o sea el radio 3,69 metros. El error en el volumen hubiese sido de 100,8 metros.

Cuando el huso empieza a extenderse y desaparecen casi los abultamientos, entonces puede decirse que la circunferencia es la que resulta de sumar a 17 metros  $+ 2 \times 2,8 = 22,60$  metros el doble de la distancia entre relingas.

Tal ocurre cuando esta distancia es de 66 centímetros: entonces el huso tiene el estado representado por la figura 19, y la longitud de la cuerda de un abultamiento es de 1,36 metros y como el arco es de 1,40 metros puede decirse ya que están confundidos y la circunferencia vale  $22,60 + 2 \times 0,66 = 23,92$  metros, o sea el radio 3,81 metros.

Cuando la distancia entre relingas es de 50 centímetros, entonces es el estado de la figura 20, y la circunferencia vale  $17,02 + 2 (1,27 + 0,50 + 1,27) = 23,10$  metros a la que corresponde un radio de 3,68 metros.

Podemos, pues, formar el siguiente cuadro:

Grado de inflación	Aberturas de huso.	Radlos.	Volúmenes.	Diferencias.
Número.	Centímetros.	Metros.	Metros cúbicos.	Metros cúbicos.
1	29	3,43	645	97,6
2	50	3,68	742,6	53,8
3	66	3,81	796,4	50,5
4	104	3,93	846,9	48,1
5	138	4,04	895	49,5
6	173	4,15	944,5	55,5
7	210	4,27	1.000	

Este cuadro nos servirá de base para desarrollos posteriores.

Observemos, por último, que las relingas cuya distancia llamamos *abertura de huso* son las que, al estar completamente dilatado el globo

resultan ser las extremas y que todas estas medidas se han deducido del dibujo y comprobado directamente en el globo.

**Posición del centro de empuje.**

El centro de empuje o punto de aplicación de la fuerza ascensional, es el centro de gravedad del volumen de gas; por lo tanto, siendo éste uno de revolución, el centro de gravedad estará en el eje. y para hallar su posición en él bastará aplicar las propiedades de los momentos estáticos, con relación a los ejes coordenados, en este caso, el de las  $y$  (fig. 17), para hallar el centro de gravedad parcial de popa y proa.

El momento estático da,

$$x_1 \int dv = \int x dv,$$

o sea sustituyendo  $dv$  por su valor antes visto:

$$x_1 = \frac{f \times dv}{f dv} = \frac{f \pi y^2 \times dx}{f \pi y^2 dx} = \frac{\pi f y^2 \times dx}{V},$$

y poniendo  $y$  por su valor [1], sucesivamente, el numerador será:

$$\begin{aligned} \pi a^2 \int_0^b \left( 1 + \frac{x^{2n}}{b^{2n}} - \frac{2x^n}{b^n} \right) \times dx &= \pi a^2 \left[ \int_0^b \times dx + \int_0^b \frac{x^{2n+1}}{b^{2n}} dx - \right. \\ &\left. - \int_0^b \frac{2x^{n+1}}{b^n} dx \right] = \pi a^2 \left[ \frac{b^2}{2} + \frac{b^{2n+2}}{b^{2n}(2n+2)} - \frac{2b^{n+2}}{b^n(n+2)} \right] = \\ &= \pi a^2 b^2 \frac{2n^2}{4(n+1)(n+2)}, \end{aligned}$$

y por lo tanto:

$$x_1 = b \frac{2n+1}{4(n+2)} \tag{11}$$

Esto para la popa, que es parabólica.

Para la proa elíptica de ecuación [8] se tendría análogamente

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{\pi f y^2 \times dx}{V} = \frac{\pi a^2 \int_0^b \left( 1 - \frac{x^n}{b^n} \right) dx}{V} = \\ &= \frac{\pi a^2 \int_0^b \left( x - \frac{x^{n+1}}{b^n} \right) dx}{V}, \end{aligned}$$

o sea

$$x_2 = \frac{\pi a^3 \left( \frac{b^3}{2} - \frac{b^{n+2}}{b^n(n+2)} \right)}{\frac{n}{n+1} \pi a^2 b} = \frac{n+1}{2(n+2)} b \quad [11']$$

En estas fórmulas generales se sustituyen los valores siguientes:

$$\begin{aligned} [11] \quad n = 2, \quad x_1 = b_1 \frac{5}{16} & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} b_1 = 22,5, \quad x_1 = 7,03 \text{ para la popa.} \\ [11'] \quad n = 3, \quad x_2 = b_2 \frac{4}{10} & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} b_2 = 7,5, \quad x_2 = 3,00 \text{ para la proa.} \end{aligned}$$

Se ve que la posición de los centros parciales de gravedad es independiente de  $a$ , o sea del radio; por lo tanto, *cualquiera que sea el grado de dilatación*, la posición del centro de empuje *no cambia*.

Se tiene, pues, una enorme ventaja sobre el globo «Cacquot», en el que con las variaciones de altura, variando las capacidades de las cámaras de gas y de aire, variaba la posición de ese punto y, por lo tanto, el equilibrio del globo y aún peor; si al iniciarse la ascensión no estaba el globo lleno, podía el gas tener movimientos por la acción del viento y determinar una inversión del globo, dando una vuelta de campana la barquilla, como alguna vez ha sucedido, estando en lastre afortunadamente, accidente que queda así absolutamente evitado.

La posición del centro de gravedad total, se obtiene tomando los momentos estáticos con relación al eje de la sección máxima (fig. 17) y estableciendo

$$V x_g = V_1 x_1 - V_2 x_2$$

o sea sustituyendo

$$1008,3 \times x_g = 686,9 \times 7,03 - 306,6 \times 3 = 3909,10 \quad (*)$$

de donde,

$$x_g = 3,88$$

luego la distancia a la proa, ser: :

$$d_g = 3,88 + 7,5 = 11,38 \text{ metros.}$$

(\*) Para estos cálculos hacemos uso de la fórmula del volumen acomodado a las curvas meridianas supuestas,  $V = 1008,3$  metros cúbicos.



**Centro de gravedad de la superficie.**

Bastará seguir igual procedimiento para hallar su distancia al eje de la sección máxima.

$$x_1 = \frac{\int x \times ds}{\int ds} = \frac{2 \pi \int y \times dx}{\int 2 \pi y dx}$$

y el numerador vale:

$$\begin{aligned} \int_0^b 2 \pi a \left( x - \frac{x^{n+1}}{b^n} \right) dx &= 2 \pi a \left[ \int_0^b x dx - \int_0^b \frac{x^{n+1}}{b^n} dx \right] = \\ &= 2 \pi a b^2 \frac{n}{2(n+2)} \end{aligned}$$

con lo que

$$x_1 = \frac{2 \pi a b^2 \frac{n}{2(n+2)}}{2 \pi a b \frac{n}{n+1}} = b \frac{n+1}{2(n+2)} \quad [12]$$

fórmula para las meridianas parabólicas, y, por lo tanto, aplicable a la popa. En la proa la meridiana es elíptica y la integración a que conduce es del mismo género, por lo que por las mismas razones que antes se indicaron sustituiremos, para este efecto, la elipse de tercer grado por una parábola de cuarto, con lo que los centros de gravedad parciales de popa y proa estarán:

$$\begin{aligned} n &= 2, b_1 = 22,5, x'_1 = 8,43 \\ n &= 4, b_2 = 7,5, x'_2 = 3,12 \text{ (fig. 17)} \end{aligned}$$

y la ecuación de momentos para hallar el total, será:

$$x_g \times 563 = 402,1 \times 8,43 - 161 \times 3,12$$

de donde,

$$x_g = 5,12$$

y distará de la punta de proa,

$$x_g = 5,12 + 7,50 = 12,62 \text{ m.}$$

Este valor nos servirá para determinar después la fuerza ascensional

mínima necesaria para que el ángulo de inclinación del globo sea el conveniente.

**Régimen de presiones aparentes durante el periodo extensible.**

Mientras pueda aún dilatarse el globo o no se haya pasado la elasticidad de los husos, la tensión de la tela está regida por la fuerza necesaria para extender las gomas: esta tensión, pues, exige una presión interior tal, que la aparente que resulte, determine en la tela una extensión que equilibre a la de las gomas.

La base, pues, de esta determinación está en conocer el período elástico de las gomas.

Para ello se quitó una goma de la sección máxima y se sometió a cargas crecientes de 5 en 5 kilogramos, con lo que se obtuvo el siguiente cuadro:

Cargas.	Longitudes.	Alargamientos.	Alargamientos por unidad.	Alargamientos por 100.
0 kgs.	0,55 m.			
5	0,65	0,10	0,18	18
10	1,10	0,55	1,00	100
15	1,57	1,02	1,85	185
20	1,95	1,40	2,55	255
25	2,22	1,67	3,04	304
30	2,38	1,83	3,33	333

Este cuadro está traducido en el gráfico de la figura 22, hecho de acuerdo con la teoría de elasticidad, tomando por abscisas los alargamientos unitarios y por ordenadas las fuerzas: así se observa que desde los 5 a los 30 kilogramos puede sin error sensible admitirse las fuerzas proporcionales a los alargamientos unitarios ya que la curva no se separa mucho de una recta entre los límites citados.

Posteriormente a haberse hecho este trabajo, hemos podido conseguir las características que el servicio francés de aeronáutica exige a las gomas para extensibles, y al final incluimos una traducción de las mismas en la que podrá verse que coinciden con ellas los resultados de nuestros ensayos, teniendo en cuenta que éstos se hicieron con una goma ya empalmada, tal como está en el huso, o sea doble de la goma sencilla a que se refieren las características francesas.

Cuando el huso está completamente dilatado, la longitud de cada

goma es de 1,75 metros (fig. 4), y la fuerza que mandan las dos gomas *A C* y *C E* es de 17 kilogramos, y las otras dos, *B D*, *D F*, de otros 17; o sea cada grupo de dos, 34 kilogramos, y como hay seis grupos por metro en la sección máxima, la tensión es de 204 kilogramos.

Cuando la abertura de relinga es de 50 centímetros, cada goma tiene

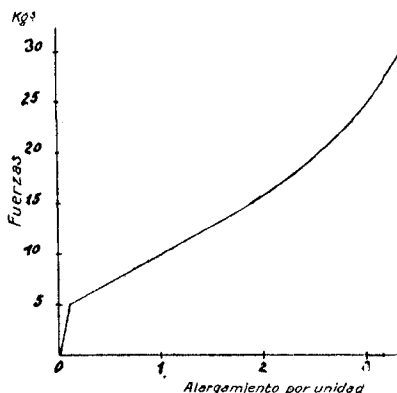


Fig. 22.

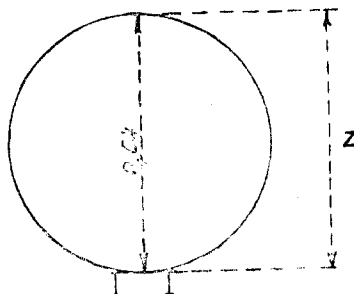


Fig. 23.

una longitud de 92; cada goma manda, pues, una fuerza de 8 kilogramos; el grupo de 16, luego los 6, o sea la tensión, de 96 kilogramos.

Podemos ahora suponer que la elasticidad de los husos se reparte en toda la circunferencia y el efecto será el mismo.

La tensión *t* estará, pues, representada por la fórmula de elasticidad,

$$t = \frac{R - R_0}{R_0} E + K \tag{13}$$

siendo *K* la tensión para  $R = R_0$ .

Tomamos como radio inicial el que corresponde a 50 centímetros de relinga o sean 3,68 metros, y como radio máximo  $R_1 = 4,27$ , globo dilatado,

$$\begin{aligned} \text{para } R = R_0, \quad t &= K = 96 \\ \text{para } R = R_1, \quad t &= 204, \end{aligned}$$

o sea,

$$204 = \frac{4,27 - 3,68}{3,68} E + 96$$

de donde,

$$E = \frac{204 - 96}{\frac{4,27 - 3,68}{3,68}} = \frac{108}{0,16} = 675.$$

Con estos valores la tensión será

$$t = \frac{R - 3,68}{3,68} \times 675 + 96. \quad [14]$$

Ahora, una presión interior  $p$  uniforme, como supondremos prescindiendo del efecto pneumostático, origina tensiones que vamos a indicar:

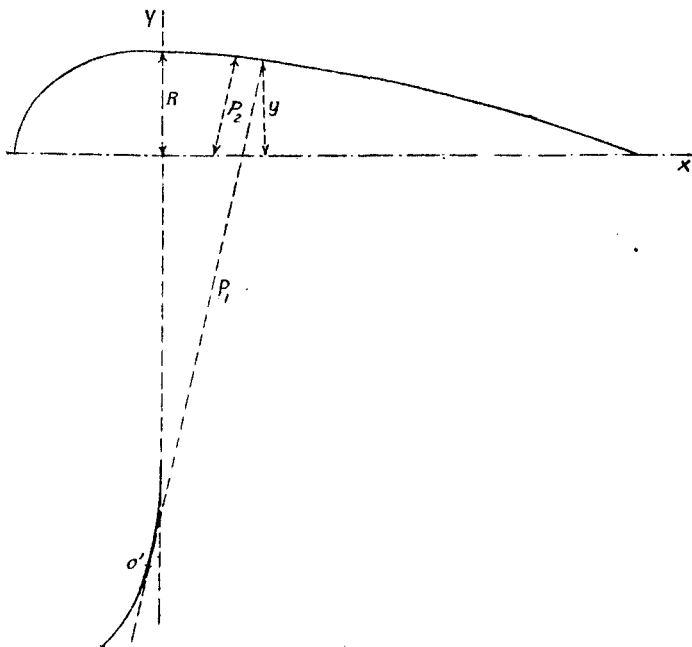


Fig. 24.

el efecto pneumostático da una presión en la parte superior de  $p = z(a - g)$  (fig. 23), siendo  $a$  el peso del metro cúbico de aire y  $g$  el del gas-luego como  $a - g$  es la fuerza ascensional que prácticamente es de 1 kilogramo, resultará que el efecto pneumostático produce tantos kilogramos por metro cuadrado, o sea tantos milímetros de agua como sea la distancia *metros* entre ambos puntos; como el diámetro del globo es de

8,54 metros cuando está dilatado, la diferencia de presiones entre la parte inferior y la superior, será de 8,5 milímetros de agua.

Tomamos como presión general la del eje del globo.

Según se demuestra en una superficie de revolución, la tensión a lo largo del paralelo, en sentido del meridiano, por consiguiente, vale,

$$T_2 = \frac{p \rho_2}{2},$$

siendo  $\rho_2$  el elemento indicado en la figura 24, o sea la parte de normal a la curva comprendida entre ésta y el eje; considerando la sección máxima  $\rho_2 = R$ ,

$$T_2 = \frac{1}{2} p R;$$

$R =$  radio del globo.

La tensión en el meridiano (en el sentido de los paralelos), es

$$T_1 = \frac{P \rho_2}{2} \left( 2 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

siendo  $\rho_1$  el radio de curvatura de la meridiana.

La fórmula del radio de curvatura es:

$$R = \frac{(1 + y'^2)^{3/2}}{y''}$$

si la parábola es de segundo grado  $y'' \neq 0$  y el radio es finito; si la parábola es de grado mayor  $y'' = 0$  para  $x = 0$

$$\left( \text{basta ver que } y' = -n a \frac{x^{n-1}}{b^n} \text{ e } y'' = -n(n-1) a \frac{x^{n-2}}{b^n} \right)$$

y como aquí en la proa puede suponerse de cuarto grado, tomaremos  $\rho_1 = \infty$ , (\*) y entonces,

$$T_1 = p R \tag{15}$$

es decir, doble que en el paralelo.

Esta fórmula la usaremos como relación entre la tensión máxima, el

(\*) Lo mismo sería si se tomase la elipse de tercer grado.

radio y la presión, luego, de la fórmula [13] deducimos que la presión será:

$$p = \frac{t}{R} = \left( \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R} \right) E + \frac{K}{R} \quad [16]$$

o sea,

$$p = \left( 0,271 - \frac{1}{R} \right) 675 + \frac{96}{R} \quad [17]$$

con lo que podemos formar el siguiente cuadro de presiones:

Grado de dilatación.	Aberturas de huso.	Radios.	Presiones.	Diferencias con la máxima.
	centímetros.	metros.	mm. de agua.	
2	50	3,68	26	22
3	66	3,81	31	17
4	1,04	3,93	36	12
5	1,38	4,04	40	8
6	1,73	4,15	44	4
7	2,10	4,27	48	

Estas presiones se entienden en el eje del globo: si el manómetro se coloca  $n$  metros por debajo, la presión marcada será de  $n$  milímetros menos: así, si el manómetro está en la barquilla, que en ascensión está a 10 metros por debajo del eje, las presiones marcadas serán 10 milímetros inferiores a las del cuadro.

Una consecuencia importante que se deduce de este cuadro de presiones, es que en el globo que estudiamos no pasará nunca el que a consecuencia de falta de presión interior, como ocurría en el «Cacquot» en la bajada, que al no entrar aire en el balóné, disminuía la presión, la proa se hundía, y al recuperar, la válvula dé estrabonazos.

Efectivamente, la presión que produce el choque del viento en la punta del globo, es de

$$\frac{W^2}{2g} a, \quad \text{siendo} \quad \left\{ \begin{array}{l} W \text{ velocidad,} \\ g \text{ aceleración de la gravedad,} \\ a \text{ peso del metro cúbico de aire,} \end{array} \right.$$

lo que da para la velocidad de 20 metros, o 72 kilómetros por hora:

$$\frac{400}{20} 1293 = 25,8 \text{ milímetros,}$$

y siempre desde que se infle hasta 50 centímetros de relinga, la presión interior excede a ese valor máximo.

### Régimen de presiones después de la dilatación. Válvula.

Una vez terminado el período extensible, la presión está regulada por la válvula, y es claro que en tierra la presión aparente no aumentará sino inyectando gas o aire; el asunto, pues, que hemos de examinar, es el que realmente se producirá cuando estando el globo ya a una altura en la que se ha rebasado la extensibilidad, por tener el globo aún fuerza ascensional, sigue subiendo.

No importa, por ahora, saber cuál es esta altura, sino simplemente suponer que está rebasada.

Es claro que los principios de regulación de la válvula han de ser dos, evidentes:

1.º No abrirse para presiones inferiores a las alcanzadas en el período extensible.

2.º Abrirse para una presión superior al límite anterior, pero inferior a la que comprometa la seguridad de la tela.

Visto que la presión máxima alcanzada en el período extensible es de 48 milímetros de agua, tomaremos como presión que deba abrir la válvula la de 50 milímetros, con lo que siendo ésta la presión de abertura, la que reinará en el eje que está 4 metros por encima próximamente, será de 54 milímetros, que, como después veremos, da aún un coeficiente de seguridad aceptable.

Entonces, como la superficie de la válvula es de 1.134 centímetros cuadrados, suponiéndola de 38 centímetros de diámetro y además 50 milímetros de agua, son 50 kilogramos por metro cuadrado, o sean 5 gramos por centímetro cuadrado, la fuerza de los resortes de la válvula será:

$$5 \times 1134 = 5670 \text{ gramos} = 5,7 \text{ kilogramos,}$$

o sean 6 kilogramos en números redondos.

La válvula que el globo traía de fábrica se abría a presiones muy bajas aunque la abertura verdad sólo era con 18 kilogramos de fuerza, lo que indica que la válvula ha de estudiarse de modo que, a pesar de la elasticidad de los resortes, no se abra *absolutamente nada antes de los 6 kilogramos* y en gran cantidad para esta fuerza.

Con el globo «Cacquot» se realizaba automáticamente esta circunstancia, ya que la presión del gas era contraria a la tracción de la cuerda, y mientras ésta no era superior a aquélla no se despegaba la válvula.

El capitán Martínez, como se indicó antes, ha proyectado una válvula que satisface estas condiciones; válvula que se ha descrito oportunamente.

Conviene examinar ahora, para mejor juzgar sobre la rapidez de la maniobra voluntaria de la válvula, cuál será el aumento de presión que sufra el globo si sube sin funcionar la válvula.

Cada metro de altura aumenta la presión aparente en  $\frac{1}{8000} p$ , siendo  $p$  la presión exterior, puesto que no variando la presión interior por ser invariable el volumen, todo lo que disminuye la presión exterior, aumenta la aparente.

Como la circunstancia que examinamos se producirá en alturas del orden de los 2.000 metros, supondremos que  $p = 8000$  kilogramos por metro cuadrado, y entonces  $\frac{1}{8000} p = 1$  kilogramo por metro cuadrado, luego cada 10 metros de altura más son 10 kilogramos por metro cuadrado de aumento de presión, o sean  $10 \times 4,27 = 42,7$  kilogramos de aumento de tensión por *metro* lineal en la tela.

Como al terminar el período extensible la tensión es de 204 kilogramos, si suponemos que la ruptura es a 1.300 kilogramos, las decenas de metros que subirá el globo hasta el estallido, serían

$$\frac{1300 - 204}{42,7} = 25,6 = 256 \text{ metros.}$$

Sin embargo, hay una circunstancia favorable que haría que la altura recorrida fuese mayor, y es la dilatación elástica de la tela.

Efectivamente, la tela tiene un alargamiento pequeño, pero sensible a los efectos que indicamos.

Sean:

$\delta$ , dilatación en sentido del paralelo.

$\delta'$ , ídem en íd. del meridiano.

Como el volumen es de la forma

$$V = K l R^2 \left\{ \begin{array}{l} K, \text{ coeficiente.} \\ l, \text{ longitud.} \\ R, \text{ radio.} \end{array} \right.$$

al dilatarse, será:

$$V' = K R^2 l (1 + \delta)^2 (1 + \delta') = V (1 + \delta)^2 (1 + \delta') = V (1 + 2\delta + \delta')$$

despreciando  $\delta^2 \delta'$  y  $\delta^2 \delta'$  por su pequeñez.



Suponiendo que la presión aparente inicial fuese de 50 milímetros y la final de 60, y  $p$  y  $p'$  las presiones exteriores correspondientes, aplicando la ley de Mariotte, será:

$$V(p + 50) = V'(p' + 60) = V(1 + 2\delta + \delta')(p' + 60) \quad [18];$$

o sea,

$$p + 50 = p' + 60 + (p' + 60)(2\delta + \delta')$$

es decir,

$$p - p' = \Delta p = 10 + (p' + 60)(2\delta + \delta');$$

pero según la experiencia se puede tomar,

$$\delta = \frac{4}{1000} \quad \text{y} \quad \delta' = \frac{2}{1000}$$

dándose a  $\delta$  valor doble que a  $\delta'$  por ser, como se ha dicho, la tensión meridiana doble que la del paralelo.

Como además la presión final  $p + 60$  es del orden de 8.000 kilogramos por metro cuadrado, según se indicó, tendremos

$$\Delta p = 90$$

y por la fórmula conocida de la altura homogénea:

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{h}{8000} \quad \text{o sea} \quad h = 8.000 \frac{\Delta p}{p}$$

luego, si  $p = 9000$ ,  $h = 80$  metros, es decir, que en lugar de ser sólo 10 metros la variación de altura que provoca una depresión de 10 kilogramos por metro cuadrado, será de 80 metros esta altura.

La variación del aumento de tensión es insignificante, de  $4.27 \times \frac{4}{1.000} \times 10 = 0,17$  kilogramos por metro lineal. (Recordamos que la tensión está dada por  $t = pR$  y que aumenta, por tanto, con  $p$  y con  $R$ ).

Se ve, pues, que daría tiempo sobrado para que el observador de la barquilla, advertido de la dilatación total del huso maniofre voluntariamente la válvula.

### Fatiga de la tela. Coeficiente de seguridad.

Para determinar la fatiga de la tela, basta usar la fórmula citada [15] que da la tensión en el punto más fatigado,

$$t = p R.$$

Multiplicando, pues, los valores del cuadro hallado en el punto 6.º, se hallará la fatiga de la tela, y tomando 1.300 kilogramos como valor de la tensión de ruptura, que es la exigida por el Servicio francés de Aero-náutica, y que se comprobó aquí, pues una muestra se rompió a 1.500 kilogramos, resulta el siguiente cuadro:

Grado de inflación.	Abertura de huso.	Fatiga.	Coeficiente de seguridad.
	<i>Centímetros.</i>	<i>Kilogrametros</i>	
2	50	95,7	13,5
3	66	118,1	11
4	104	141,5	9
5	138	161,6	8
6	173	182,6	7
7	210	204,9	6,3
Abertura de válvula.		230,5	5,6

Claro es que a esta fatiga hay que añadir la que resulta de los pesos que insisten sobre el globo y la tracción del cable.

Sin embargo, por la figura 1 de la descripción del globo se ve la conveniente repartición de relingas que se ha hecho, pues las dos de tracción se separan de la sección máxima en la que la fatiga es mayor y las de suspensión es pequenísimos el esfuerzo que soportan,

$$\frac{170}{6} = 28 \text{ kilogramos}$$

y aunque la inclinación produzca 36 kilogramos en la más avanzada, como tiene una longitud de 4 metros cada puente, el aumento de tensión es de 9 kilogramos por metro.

La tracción puede dar un aumento de  $\frac{3.000}{4} = 750$  kilogramos, que la inclinación puede hacer de 800 kilogramos, o sean 200 kilogramos por

metro lineal; pero ya la tensión meridiana es mucho menor. Calculemos, por ejemplo, la del puente anterior.

La tensión del paralelo, vale,  $T_2 = \frac{p \rho_2}{2}$  y como  $\rho_2$  es sensiblemente igual al radio máximo, supondremos  $\rho_2 = 4,27$ , o sea igual tensión que en el paralelo máximo: mitad de la tensión meridiana.

El radio de curvatura para  $x = 0,5 b_2$  (abscisa de la inserción del puente anterior) vale,

$$\left. \begin{aligned} \rho_1 &= \frac{(1 + y')^{3/2}}{y''} \\ y' &= -4 a \frac{x^3}{b_2^4} \\ y'' &= -4 \times 3 \times a \frac{x^2}{b_2^4} \end{aligned} \right\} \rho_1 = \frac{1,28}{0,23} = 6$$

luego la tensión será,  $T_1 = T_2 \left(2 - \frac{4,27}{6}\right) = T_2 \times 1,29$ .

Tomando el caso de coeficiente de seguridad 6,3 (pues con el globo totalmente dilatado no es probable que se esté a altura normal de observación), resulta,

$$T_2 = \frac{204,9}{2} = 102,4$$

luego

$$T_1 = 102,4 \times 1,29 = 132 \text{ kilogramos;}$$

sumando, pues, los 200, se tendrá:

$$132 + 200 = 332 \text{ kilogramos}$$

es decir, que cuando se está rompiendo el cable, la tela tiene un coeficiente de seguridad de 3,9.

Ordinariamente el cable tira a lo más 800 kilogramos, o sean 200 por puente, que con la inclinación serán 215, es decir, 54 por metro lineal, luego la fatiga de la tela será

$$132 + 54 = 186 \text{ kilogramos}$$

ligeramente inferior a la de la sección máxima.

Basta este cálculo para ver qué armónicamente está dispuesto el globo.

**Fuerza ascensional.**

Se sabe que un globo en ascensión pasa por dos períodos: de volumen constante y de peso constante; en el primero, que tiene lugar siempre que un globo lleno inicia una subida perdiendo gas, que es el caso de los actuales tipos de cautivo, la fuerza ascensional disminuye con la altitud, puesto que la fórmula que da esa fuerza es:

$$F = V a (1 - \delta)$$

en donde  $V$  es el volumen, constante ahora;  $\delta$  la densidad del gas, constante también y  $a$  el peso de metros cúbicos de aire que disminuye con la altitud, en la proporción de  $\frac{h}{8.000}$  si es  $h$  la altura alcanzada; así, el globo Cacquot de 1.000 metros cúbicos tiene una disminución de fuerza ascensional en la altura ordinaria de observación de 135 kilogramos próximamente que representa una fracción considerable de los 500 kilogramos que tiene en el suelo.

En el caso de peso constante, que es cuando el globo está flácido y tiene volumen disponible para contener gas, que es lo que ocurre con el globo dilatado, la fuerza ascensional es constante, puesto que esa fuerza ascensional vale:

$$F = V f$$

siendo  $f = a (1 - \delta) =$  fuerza ascensional por metro cúbico, pero se sabe que si  $f_0$  es la fuerza ascensional a la presión  $p_0$  y  $f$  a la presión  $p$ , se verifica que

$$\frac{f}{f_0} = \frac{p}{p_0} \quad \text{en donde} \quad f = f_0 \frac{p}{p_0}$$

mientras que por la ley de Mariotte,

$$\frac{V}{V_0} = \frac{p}{p_0} \quad \text{lo que da:} \quad V = V_0 \frac{p_0}{p}$$

luego, la fuerza ascensional, a la altura  $h$  de presión  $p$  será:

$$F = V f = V_0 f_0$$

es decir, la misma que a la partida.

En el caso de globo libre, esta extensibilidad no es reversible, es de-

cir, que al perder altitud el globo queda flácido, lo que si ocurre en un cautivo, varía por completo el valor de la resistencia del aire y su punto de aplicación, comprometiendo la estabilidad, pero en el globo descrito la extensibilidad es reversible, puesto que la tensión de las gomas hace que el volumen sea siempre el que exige el gas, y esto permite suprimir el baloné y la válvula, que sólo se conserva como seguridad.

Claro es que como la tela de un extensible sufre más que la de un Caquot, este suplemento de fuerza ascensional se emplea, desde luego, en usar una tela de más peso y resistencia.

**Altura límite del período extensible (\*).**

Para obtener esta altura bastará hacer uso de la fórmula que antes indicamos aplicando la ley de Mariotte a la dilatación, solamente que substituyendo en lugar de los valores de  $\delta$  y  $\delta'$ , que allí se pusieron, los que resultan ahora, teniendo en cuenta la dilatación de los husos y el régimen de presiones.

Tomemos el estado determinado por el grado de inflación número 2 de los señalados en el cuadro del punto 3.º, que aquí reproducimos

Grado.....	2
Abertura de huso.....	50
Radio.....	3,68 metros.
Volumen.....	742,6

Será:

$$\begin{aligned} \text{Radio inicial } R_0 &= 3,68 \\ \text{Radio final } R_1 &= 4,27 \end{aligned} \left\{ R_1 = R_0 \left( 1 + \frac{R_1 - R_0}{R_0} \right) = R_0 (1 + 0,16), \right.$$

luego  $\delta$  será ahora:

$$\delta = \frac{160}{1.000}$$

con lo que

$$2 \delta + \delta' = \frac{322}{1.000}$$

la ecuación de presiones será:  $\begin{cases} p & \text{presión inicial} \\ p' & \text{presión final a la altura } h. \end{cases}$

(\*) Podría llamarse también *techo de dilatabilidad*.

$$p + 26 = p' + 48 + (2\delta + \delta')(p' + 48),$$

suponiendo  $p' + 48 = 7.200$  (alturas del orden de 2.000 metros a partir de la presión inicial de 9.500).

$$\Delta p = p - p' = 22 + 7.200 \times \frac{322}{1.000} = 22 + 2318 = 2340 \quad [19]$$

la ecuación de la altura homogénea da:

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{4}{8.000}$$

Suponemos la presión  $p$  igual a la medida en Guadalajara, o sean 9.500 kilogramos por metro cuadrado, y entonces,

$$h = \frac{2340}{9.500} \times 8.000 = 1970 \text{ metros}$$

que será la altura que alcanzará el globo cuando esté completamente dilatado.

#### Alturas límite para cada grado de inflación.

Será suficiente repetir el cálculo anterior, para calcular en cada caso el valor de  $\Delta p$  [19] que le ponemos en general,

$$\Delta p = d_p + 7.200 \times \frac{2\delta + 2}{1.000} \quad [20]$$

y luego,

$$h = \frac{\Delta p}{9.500} \times 8.000 \quad [21]$$

siendo  $\left\{ \begin{array}{l} d_p \text{ diferencia entre presiones aparentes inicial y final} \\ \delta \text{ dilatación radial para cada grado de inflación} \end{array} \right.$

y así haremos el siguiente cuadro:

Grado de inflación.	Diferencia de presiones.	Dilatación radial.	$\Delta p$	$h$
2	22	0,160	2.340	1.970
3	17	0,120	1.959	1.649
4	12	0,086	1.265	1.065
5	8	0,057	843	710
6	4	0,028	421	354

**Fuerza ascensional mínima para el buen equilibrio del globo.**

Advertimos especialmente al tratar de este punto que todo el trabajo que estamos haciendo no es sino *para interpretar* este tipo de globo, no para *proyectar* un globo; así, pues, el cálculo que ahora vamos a hacer es una base, una guía para el capitán de unidad que experimente el globo, con el fin de que sepa de antemano el grado de inflación que debe darle y que los resultados de este cálculo, como todos los que vamos obteniendo, son bien fácilmente corregibles por la práctica.

Los pesos que insisten sobre el globo son los siguientes, consignándose también en cada uno las distancias de sus puntos de aplicación a la punta de proa.

Advertimos que los pesos de los elementos han sido comprobados en conjunto; por ejemplo: el de todo el globo, pues no disponíamos de tela para hallar el peso del metro cuadrado, guiándonos por pesos semejantes.

Pesos aplicados en el centro de gravedad de la superficie:

Tela, 300 gramos  $\times$  563 = 168,9 kilogramos.

Relingas, gomas, costuras, etc., 240,1.

Cuerdas de maniobra, 24.

Cuerdas de anclaje, 14.

Válvula, 10.

Total 457 kilogramos.

Distancia del punto de aplicación, 12,62 metros.

Peso de los timones, 120 gramos  $\times$  210 = 25 kilogramos.

Distancia del punto de aplicación, 24 metros.

Pesos aplicados a la barquilla:

Barquilla, 47.

Paracaidas, 25.

Balancín, 8

Suspensión, 3.

Sostenes de caña, 1.

Cuerdas de suspensión, 6.

Total, 90 kilogramos.

PESO TOTAL DEL GLOBO EQUIPADO

Pesos aplicados en el centro de gravedad de la superficie.....	457 kilogramos.
Idem de los timones.....	25    »
Idem de la barquilla.....	90    »
<i>Total</i> .....	<u>572</u> »

Distancia punto de aplicación, 16,80 metros de la punta y 10,40 por debajo del eje.

Si sube un observador, el peso será de 160 kilogramos.

Estas son las fuerzas que dan momento *dextrorsum*.

La que da momento *sinistrorsum* es la fuerza ascensional, la cual actúa, según calculamos antes, a 11,38 metros de la punta, constantemente cualquiera que sea el grado de inflación, y como cualquiera que sea la altura su valor es constante, también su momento será constante, igualmente, en cada caso de llenado.

Ahora, el punto fijo del globo es el de la inserción del ramal anterior del enlace, o sea el puente anterior de tracción, suponiendo que no hay viento, que es el caso que hemos de considerar.

El globo Caquot estaba dispuesto de modo que sin viento el ángulo de ataque fuera de  $15^\circ$ ; con viento de 12 metros por segundo,  $12^\circ$ ; con viento de 18 metros por segundo,  $18^\circ$ , y con viento  $\infty$ ,  $20^\circ$ , o sea el siguiente cuadro:

Viento $v = 0$	Angulo de ataque $15^\circ$
Idem $v = 12$	Idem id. $12^\circ$
Idem $v = 18$	Idem id. $18^\circ$
Idem $v = \infty$	Idem id. $20^\circ$

Supondremos que este globo está dispuesto igual, lo cual parece ve-

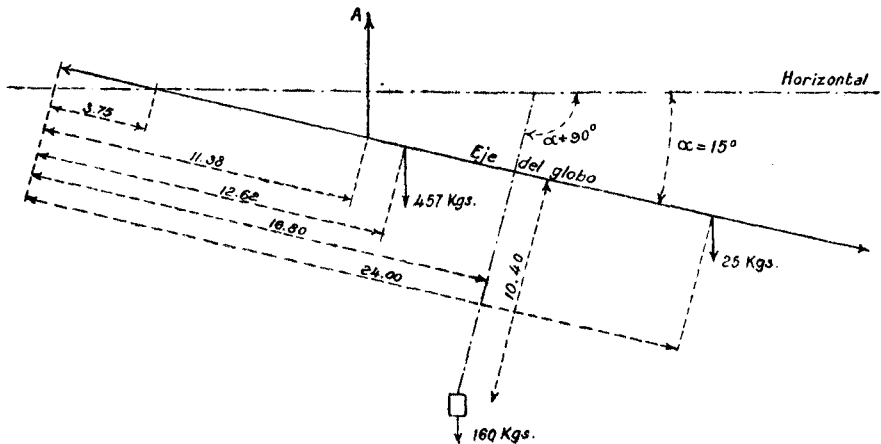


Fig. 25.

rosímil, pues la superficie de empenage es casi la misma; 31 metros cuadrado para el timón vertical y en análoga proporción los laterales.



Entonces, la figura 25 representa los pesos, puntos de aplicación y fuerza ascensional.

Como hemos dicho, el punto fijo es próximamente el centro del primer puente de tracción y la reacción en este punto será la diferencia  $A - P$  entre la fuerza ascensional total y el peso total de todos los elementos; reacción que se manifestará o en tracción en el torno si el globo está sin altura, o en tracción y peso de cable si está elevado a una cierta altura sobre el torno; en todo caso la inclinación será la misma, o sea que no pasa aquí como en el Cacquot que la inclinación o ángulo de ataque variaba, aunque poco, con la altura.

La ecuación de momentos da,

$$A \times 7,74 \cos. \alpha - (457 \times 8,87 \cos. \alpha + 25 \times 20,25 \cos. \alpha + 13,05 \times 160 \cos. \alpha - 10,40 \times \text{sen. } \alpha) = 0 \quad [22]$$

habiendo obtenido las distancias restando de las a la punta, 3,75 metros que dista el centro del primer puente.

De ahí se deduce:

$$(A \times 7,74 - 457 \times 8,87 - 25 \times 20,25 - 13,05 \times 160) \cos. \alpha + 10,4 \times 160 \text{ sen. } \alpha = 0$$

o bien, dividiendo por  $\cos. \alpha$  y despejando  $\text{tang. } \alpha$ :

$$\text{tang. } \alpha = \frac{457 \times 8,87 + 25 \times 20,25 + 13,05 \times 160 - A \times 7,74}{10,4 \times 160} \quad [23]$$

y haciendo operaciones y poniendo  $\alpha$  por  $15^\circ$

$$0,26 = \frac{6,647 - A \times 7,74}{1664}$$

de donde,

$$A = \frac{6,647 - 1664 \times 0,26}{7,74} = 803 \text{ kilogramos.}$$

Se debe, pues, inflar el globo hasta conseguir esta fuerza ascensional total.

Si hubiese dos observadores en la barquilla, la fuerza ascensional ne-

cesaria para mantener igual inclinación sería de 896 kilogramos, es decir, diferenciándose algo más del peso añadido, como es lógico, dada la situación de los puntos de aplicación respectivos.

Repetimos que estos resultados son sólo aproximados y seguramente con error por exceso, por estar más concentrado el peso de relingas y gomas de lo que hemos supuesto.

El cálculo exacto se ha de hacer por trozos dividiendo el globo en segmentos transversales y hallando la fuerza ascensional y peso de cada segmento, y claro es que en el proyecto de globo se procede al contrario; la incógnita es la situación de la barquilla.

#### Grado de inflación óptimo. Examen de la ascensión.

Las consecuencias de lo que llevamos expuesto permiten deducir que hay un grado de inflación óptimo, para el cual existe armonía perfecta entre la altura del período extensible, altura que puede alcanzarse por fuerza ascensional y valor de ésta que da al globo el ángulo de ataque más favorable.

Para llegar a deducir este grado vamos a formar un cuadro en el que figuren: las alturas-límite de cada uno, las fuerzas ascensionales y alturas que estas fuerzas permiten.

Empezaremos por indicar que suponemos hidrógeno con 1,05 kilogramos de fuerza ascensional; la teórica, al nivel de Guadalajara, es de 1,11 pero disminuimos prudentemente para tener en cuenta impurezas de fabricación.

Para conocer la altura de ascensión máxima bastará poner

$$F - P - hc = 0 \quad [24]$$

siendo  $F$  la fuerza ascensional constante del globo,  $P$  el peso que soporta el globo,  $c$  el peso unitario del cable y  $h$  la altura alcanzada, o sea,

$$h = \frac{F - P}{c} \quad [25]$$

siendo

$$F = 1,05 V.$$

Con esto resulta el siguiente cuadro:

Grado de inflación. Número.	Abertura de huro en tierra. Centímetros.	Volumen. Metros cúbicos.	Fuerza ascensional. Kilogramos.	Altura límite del período extensible. Metros.	ALTURA LÍMITE CON CARGA EN LA BARQUILLA	
					80 kg.	160 Kgs.
					Metros.	Metros.
2	50	742,6	779,7	1.970	735	231
3	66	796,4	836,2	1.649	1.087	587
4	104	846,9	889,2	1.065	1.418	918
5	138	895	939,7	710	1.735	1.231
6	173	944,5	991,7	354	2.060	1.556
7	210	1.000	1.050	0		

Para calcular las dos últimas columnas hemos puesto  $P = 582$  kilogramos, que son 572 que pesa el globo equipado, a falta de enlace y 10 kilogramos que pesa éste.

Resulta de aquí que el grado de inflación óptimo para dos observadores es el número 4, puesto que teniendo una fuerza ascensional de 889,2 kilogramos, es casi la de 896 para conseguir el ángulo de ataque de  $15^\circ$  (ya dijimos que este valor de 896 era por exceso) y la altura límite por extensibilidad es ligeramente superior a la altura límite por fuerza ascensional.

El grado 3 es más a propósito para un observador, pero aún ha de haber otro en el que la diferencia entre la altura límite del período extensible y la por fuerza ascensional sea más pequeña que ésta de  $1649 - 1087 = 562$  metros.

Para ello, hagamos el cálculo al revés: determinemos la fuerza ascensional necesaria para llegar a los 1.200 metros; de aquí deduciremos el volumen, del volumen el radio y de éste la altura límite de extensibilidad y abertura de relinga. Los 1.200 metros de cable pesan:

$$16 \times 12 = 192 \text{ kilogramos}$$

sumando a esto el peso del globo y 80 kilogramos en barquilla, que son 662 kilogramos, resultan 854 kilogramos.

Luego el volumen será

$$V = \frac{854}{1,05} = 813,3 \text{ metros cúbicos}$$

y el radio,

$$R = \sqrt{\frac{813,3}{54,85}} = 3,85 \text{ m etros};$$

por la fórmula [17] deducimos la presión, que será:

$$p = 33 \text{ milímetros}$$

por las fórmulas [20, y [21]

$$h = 1341 \text{ metros.}$$

La abertura del huso la deducimos viendo que a 3,85 metros de radio corresponde una circunferencia de 24,19 metros, y quitando de aquí los 22,60 metros de tela que hay entre relingas, quedan 1,59 metros, cuya mitad es la abertura de huso que vale así, 0,78.

Podemos, pues, poner:

#### GRADO DE INFLACIÓN ÓPTIMO PARA UN OBSERVADOR

Número del grado de inflación.....	0 <sub>1</sub>
Abertura de huso en centímetros.....	78
Volumen en metros cúbicos.....	813,3
Fuerza ascensional en kilogramos.....	854
Altura del período extensible en metros.....	1.341
Altura límite por fuerza ascensional en metros.....	1.200

Si subieran dos observadores en estas condiciones, la altura sería de 700 metros.

En resumen, los grados óptimos de inflación para uno y dos observadores son los que se expresan a continuación:

#### GRADOS ÓPTIMOS PARA UNO Y DOS OBSERVADORES

Grados .....	0 <sub>1</sub>	0 <sub>2</sub> = (4)
Abertura de huso.....	78	104
Volumen .....	813,3	846,9
Fuerza ascensional.....	854	889,2
Altura límite extensible.....	1.341	1.035
Idem con un observador.....	1.200	1.418
Idem con dos observadores.....	700	918

Se observa que en este último caso si sube uno solo, desde los 1.065 metros debe abrirse la válvula, pues el período extensible se termina a esta altura, y a partir de ahí la fuerza ascensional ya no es constante y funciona como globo lleno, alcanzando una altura menor de los 1.418, pues ésta es suponiendo que no pierde gas, o sea una altura potencial que pudiéramos decir.

Hemos de observar, finalmente, que las alturas-limite de período extensible reales, serán superiores a las calculadas, pues la fórmula de la altura homogénea da presiones inferiores a la disminución real de presión en la atmósfera.

También hemos de observar que el ángulo de ataque para el grado  $O_1$  de inflación está dado por

$$\text{tang. } \alpha = \frac{6.647 - 854 \times 7,74}{1664} = \frac{37}{1664} = 0,022$$

lo cual da para  $\alpha$  el valor,

$$\alpha = 1^{\circ} 20.$$

Es de presumir que el globo esté preparado para un ángulo de ataque menor, pero no podemos averiguar esta circunstancia por desconocer

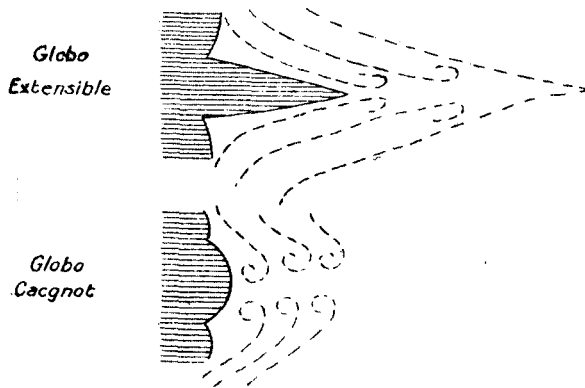


Fig. 26.

como decimos, el proyecto del servicio técnico francés y no haber hecho experiencias en laboratorio de aerodinámica.

Y ya que de este punto hablamos, notaremos la circunstancia de que

la carena de este globo tiene desde luego una mejor forma fuselada que la de los tipos Cacquot, sobre todo en popa, pues la punta posterior y los empenages ligeramente adelantados harán que no se forme remolino posterior, sino que los filetes de aire despeguen tangentemente (fig. 26).

Analicemos ahora la ascensión con el grado de inflación  $O_1$  para un observador que es, sin duda, para el que especialmente está preparado el globo.

Indicaremos lo que puede comprobarse desde la barquilla, o sea la presión y abertura del huso, porque aunque esto último es claro que no puede medirse, sí se puede observar si la dilatación sigue la marcha indicada y, sobre todo, si no llega al límite, sino a la altura marcada.

Para formar este cuadro hemos supuesto la ley de proporcionalidad que dará resultados que discreparán muy poco de la realidad.

Así, resultan los siguientes estados correspondientes a los grados de inflación  $O_1$  y  $O_2$ :

ASCENSIÓN CON EL GRADO  $O_1$

Altura. — Metros.	Pre-ión en el globo. — Milímetros.	Pre-ión en la barquilla. — Milímetros.	Abertura de huso. — Centímetros.	Volumen. — Metros cúbicos.	Coficiente de seguridad en la tela.
0	32	22	78	813,3	10
100	33,1	23,1	88	827,2	
200	34,3	24,3	98	841,1	
300	35,4	25,4	108	855,0	
400	36,6	26,6	118	868,9	
500	37,7	27,7	128	882,8	
600	38,9	28,9	138	896,7	
700	40	30	148	910,6	
800	41,2	31,2	158	924,5	
900	42,3	32,3	168	938,4	
1.000	43,5	33,5	178	952,3	
1.100	44,6	34,6	188	966,2	
1.200	45,8	35,8	198	980,1	6,7
1.300	46,9	36,9	208	994,0	
1.341	48	38	210	1.000,0	6,3

ASCENSIÓN CON EL GRADO  $O_2$

0	36	26	101	846,9	9
100	37,1	27,1	114	861,2	
200	38,2	28,2	124	875,5	
300	39,3	29,3	134	889,8	
400	40,4	30,4	144	904,1	
500	41,5	31,5	154	918,4	
600	42,6	32,6	164	922,7	
700	43,7	33,7	174	937,0	
800	44,8	34,8	184	951,3	
900	45,9	35,9	194	965,6	6,8
1.000	47		204	979,9	
1.065	48		210	1.000	6,3

Un resultado chocante es el que parece que existe una dilatabilidad inútil, puesto que debiendo inflarse el globo con 813 metros cúbicos para el grado de inflación  $O_1$  conveniente para un observador, y siendo, en cambio, el volumen mínimo de 645 metros cúbicos, no haría falta esta contracción y, por tanto, que podría haberse dispuesto el globo, en lugar de para una dilatación de 355 metros cúbicos, sólo para una de 187 metros cúbicos; esto creemos que tiene una explicación.

En primer lugar, hay que observar que la disposición del pliegue no puede ser más ingeniosa: la distancia de relinga interior y exterior extrema igual a la de las relingas internas del exterior ( $AB = CD = EF$ ) (figura 19), y de aquí resultar que todas las gomas tienen *exactamente* igual longitud siempre, o sea, tienen todas igual fatiga.

Además, sólo las gomas exteriores no hubieran bastado, pues el pliegue no hubiera ido *guiado* como lo va así en todo momento.

En estas condiciones, y vista la necesidad de las relingas inferiores, resulta que *la carena no es perfecta*, hasta que no han desaparecido los abultamientos, o sea hasta que la longitud de las gomas aumentada en  $BC$  no es igual a la longitud de tela entre relingas extremas ( $AB'$ ), o sea de 1,40, lo que corresponde a una abertura de huso de 68 centímetros; por lo tanto, el sobrante que pudiéramos decir, de contractibilidad es sólo de  $78 - 68 = 10$  centímetros.

Pero hay además otra circunstancia favorable: pudiendo el volumen del globo disminuir hasta 645 metros cúbicos, resulta que lleno con 813,3 metros cúbicos hay una contracción posible de 168,3 metros cúbicos, y como la pérdida diaria es de unos 12 metros cúbicos, se deduce que se puede estar  $\frac{168}{12} = 14$  días sin preocuparse del globo; es decir, que aunque catorce días no se trabaje con él no hay necesidad de recargarle para que esté siempre en presión y no entre aire impurificando el gas.

Además, se ve que la presión de trabajo ordinaria es entre 33 y 46 milímetros de agua, presión bien en armonía con las ordinarias en dirigibles, y que aquí se pueden conseguir sin tela triple porque como el volumen es pequeño, el radio es mucho menor que el de un dirigible y hay que tener presente que la tensión es de la forma  $t = pR$ ; así resultan coeficientes de seguridad de 10 a 6,7 en el caso del grado  $O_1$  y de 9 a 6,8 en el  $O_2$ , dentro de los límites del trabajo.

#### Influencia de la temperatura sobre la altura límite.

Vamos a ocuparnos de un asunto también interesante, que es el caso de que la temperatura del gas contenido en el globo sea superior a la del



ambiente, cosa que ocurrirá en tiempo de verano con días despejados, pues aunque en invierno, en días de sol, también habrá esta diferencia, no será tan acusada.

Si el gas y el aire tienen igual temperatura, el volumen que ocupa el primero es el *natural* que pudiéramos decir (aunque es claro que todo en el mundo es natural); pero si aumenta la temperatura del gas en  $t$  grados, por ejemplo, el volumen del gas aumenta y se convierte en  $V(1 + 0,004 t)$ ; por lo tanto, a una altura dada, si se tenía un margen de dilatación de  $V_1 - V$ , siendo  $V_1$  el volumen máximo del globo, y con este margen podía llegar el globo en período extensible a  $h_0$  metros de altura, al tener el volumen ese aumento, el margen de dilatación será ahora  $V_1 - V(1 + 0,004 t)$ , es decir, menor que antes, luego la altura  $h_t$  a que podrá llegar ahora en período extensible será menor también.

Esto tendrá influencia, naturalmente, en la cantidad de gas con que pueda inflarse el globo si se quiere seguir teniendo la misma altura límite de período extensible.

Pero si para esto habrá que disminuir la cantidad de gas con que se llene el globo, variará su fuerza ascensional, y habrá que examinar también la variación de altura límite consiguiente.

Así, pues, hemos de examinar: *a*) nueva altura límite de período extensible para  $t$  grados de diferencia de temperatura; *b*) grado de inflación conveniente para que la altura límite  $h_t$  sea igual a  $h_0$ ; y *c*) modificación de la fuerza ascensional.

*a*) Sea  $V_d$  el volumen de dilatación que permite alcanzar la altura  $h$ : admitamos proporcionalidad, pues los resultados obtenidos que, como siempre, son sólo una guía, más bien para saber el cómo que el cuánto, serán suficientemente aproximados.

En esta hipótesis, el volumen de dilatación para 1 metro de altura

será  $\frac{V_d}{h}$ .

Admitiendo que este volumen es constante, cosa que es claro no es exacta, para otro volumen de dilatación disponible  $V'_d$  a la altura  $h_t$  correspondiente, el volumen de dilatación por metro de altura será igual-

mente  $\frac{V'_d}{h_t}$ ; y, por tanto, en la hipótesis dicha,

$$\frac{V_d}{h} = \frac{V'_d}{h_t},$$

de donde

$$h_t = h \frac{V'_d}{V_d}$$

y como  $V'_d$  es,

$$V'_d = V_d - 0,004 V t$$

será:

$$h_t = h \frac{V_d - 0,004 V t}{V_d} = h \left( 1 - \frac{0,004 V t}{V_d} \right) \quad [26]$$

con esta fórmula aproximada podemos ver la influencia de un aumento de  $t = 10^\circ$  y  $t = 20^\circ$  sobre las alturas-límite en los grados de inflación  $O_1$  y  $O_2$ .

Para  $O_1$ :  $V = 813,3$ ;  $V_d = 186,7$  con lo que, si  $t = 10^\circ$

$$h_t = h (1 - 0,17) = 0,83 h = 1113$$

con una disminución de 228 metros.

Si  $t = 20^\circ$ :

$$h_t = h (1 - 0,34) = 0,66 h = 885$$

con 456 metros de diferencia.

Para  $O_2$ :  $V = 846,9$ ;  $V_d = 153,1$  y si  $t = 10^\circ$ ,

$$h_t = h (1 - 0,22) = 0,78 h = 830 \text{ metros}$$

con una disminución de 235 metros.

Si  $t = 20^\circ$ :

$$h_t = h (1 - 0,44) = 0,56 h = 596 \text{ metros}$$

con una diferencia de 469 metros.

Se ve de aquí la necesidad de hacer experiencias para determinar cuál es el aumento máximo de temperatura del gas encerrado en el globo y sometido a la radiación solar, con el fin de saber en qué caso de los dos examinados hay que ponerse en la práctica.

Acerca de este particular, los datos que poseemos son los que las capas inferiores atmosféricas, por debajo de 1.000 metros se han encontra-

do  $30^\circ$  de diferencia de temperatura entre el gas de un globo y el aire; bien entendido de un globo esférico libre, o sea sin movimiento relativo al aire: Wegener afirma que a 4.000 metros esta diferencia muy frecuentemente puede llegar a  $60^\circ$  en días de fuerte insolación.

En un globo cautivo, si hay viento, o en un dirigible en movimiento, la ventilación debida al movimiento relativo del aire disminuye de modo considerable esas diferencias, así que los dos valores de  $10^\circ$  y  $20^\circ$  que hemos tomado responderán seguramente a casos reales en la práctica.

b) Para ver ahora cuál es el grado de inflación conveniente a fin de que la altura límite con  $t$  grados de diferencia sea la misma que con diferencia nula, bastará observar que como el volumen inicial debe ser ahora, después del calentamiento, igual al del caso de equilibrio térmico, el llenado del globo deberá hacerse hasta un volumen de

$$V_t = \frac{813,3}{1 + 0,004 t}$$

para el grado  $0_1$ ; o sea, si  $t = 10^\circ$

$$V_t = 782,$$

y si  $t = 20^\circ$ ,

$$V_t = 753.$$

Para  $0_2$ , igualmente,

$$V_t = \frac{846,9}{1 + 0,004 t}$$

que con  $t = 10^\circ$  y  $t = 20^\circ$ , da:

$$V_t = 816,2 \text{ y } V_t = 784,1$$

De estos volúmenes, por la marcha conocida, se deducen las aberturas de huso correspondientes que consignaremos en el resumen.

c) Veamos ahora cual es la fuerza ascensional que resulta al globo después de haber sido llenado hasta los volúmenes modificados dichos.

En el caso  $0_1$  y  $t = 10^\circ$ , se llena con

$V_t = 782$  que da una fuerza ascensional de  $F_0 = 821,1$  kilogramos

pero según la teoría del globo libre, en el caso de flácido, como es el globo  $D$  dentro del período extensible, el aumento de fuerza ascensional por un golpe de sol, vale el aumento de volumen por el peso específico del aire ambiente: así, pues, como la dilatación es de

$$V - V_t = 813,3 - 782 = 31,3 \text{ metros cúbicos}$$

el aumento de fuerza ascensional es de

$$1.200 \times 31,3 = 37 \text{ kilogramos}$$

o sea que la fuerza ascensional resultante será:

$$F_t = 821,1 + 37,5 = 858,6 \text{ kilogramos}$$

es decir, aun ligeramente superior a la que tenía con el grado  $O_1$  y equilibrio térmico: el globo, pues, alcanzará la misma altura de observación. La única limitación es llenarle en verano, cuando se tema ese aumento de  $10^\circ$  hasta la abertura de huso que luego indicaremos.

Si  $t = 20^\circ$ , análogamente,

$$V_t = 753; \text{ fuerza ascensional } F_o = 790,6 \text{ kilogramos}$$

y

$$V - V_t = 813,3 - 753 = 60,3$$

que da un aumento

$$1,2 \times 60,3 = 72,3$$

y, por último,

$$F_t = 790,6 + 72,3 = 862,9 \text{ kilogramos}$$

también superior a la normal de este caso.

Igualmente se procede con el caso  $O_2$  y así podemos formar el siguiente cuadro:

GRADOS ÓPTIMOS DE INFLACIÓN PARA UN AUMENTO DE 10° DE LA TEMPERATURA DEL GAS SOBRE EL AMBIENTE (PRIMAVERA, PRINCIPIOS DE VERANO Y OTOÑO)

Grados ..	0 <sub>1</sub> <sup>10</sup>	0 <sub>2</sub> <sup>10</sup>
Abertura de huso en centímetros.....	64	80
Volumen de llenado en metros cúbicos.....	782	816,2
Idem final a 10° en metros cúbicos.....	813,3	846,9
Fuerza ascensional normal en kilogramos.....	854	889,2
Idem con 10° de diferencia en kilogramos.....	858,6	899,8
Altura límite extensible en metros.....	1.341	1.065
Idem por fuerza ascensional con un observador en metros....	1.229	1.484
Idem por id. con dos observadores en metros.....	729	984

GRADOS ÓPTIMOS DE INFLACIÓN PARA UN AUMENTO DE 20° DE LA TEMPERATURA DEL GAS SOBRE EL AMBIENTE (VERANO)

Grados.....	0 <sub>1</sub> <sup>20</sup>	0 <sub>2</sub> <sup>20</sup>
Abertura de huso en centímetros.....	57	65
Volumen de llenado en metros cúbicos.....	753	784,1
Idem final a 20° en metros cúbicos.....	813,3	846,9
Fuerza ascensional normal en kilogramos.....	854	889,2
Idem final a 20° de diferencia en kilogramos.....	862,9	898,6
Altura límite extensible en metros.....	1.341	1.065
Idem por fuerza ascensional con un observador en metros....	1.255	1.476
Idem por id. con dos observadores en metros.....	755	976

El estudio hecho nos indica que el llenado del globo ha de guardar relación con la temperatura que pueda esperarse alcance el gas en el interior; por lo tanto, pudiera ocurrir, sobre todo en épocas en que el trabajo de observación es largo, sea en campaña o en maniobras, cambien las condiciones de temperatura estando el globo en el aire y entonces llegue a dilatarse por completo, por haberse llenado sin esperar ese aumento.

Claro es que la válvula, si funciona bien, se abrirá oportunamente, pero es de aconsejar al observador que, en días calurosos, fije su atención alguna vez en el huso, y si llega a dilatarse por completo, dé algún golpe de válvula por precaución.

**Caso de declararse libre la ascensión.**

Por fin, nos resta examinar teóricamente este caso para deducir reglas de conducta del observador que ocupe la barquilla al quedarse libre el globo.

Desde luego, advertimos que para no hacer tan complejo el asunto, que ya lo es aunque no se examinen todos los casos posibles, únicamente vamos a considerar la ruptura en el enlace, que es la más desfavorable, pues es claro que quedando cable pendiente si la ruptura es por algún punto inferior, no sólo la altura alcanzada sería menor, sino que además se dispondría de cuerda-freno para tomar tierra, y aunque esto pudiera ser inconveniente en algún caso por poder enredarse el cable, sin embargo, mejor se encontraría el tripulante del globo con cable arrastrando que sin él.

Recordemos antes algunas fórmulas de globo libre.

La de deslastre en el caso de volumen constante (globo lleno) es,

$$l = V_1 a (1 - \delta) \frac{h}{8.000}, \quad [27]$$

de donde,

$$h = \frac{l}{V_1 a (1 - \delta)} \times 8.000 \quad [28]$$

siendo:

$l$	Deslastre efectuado.....	}	$V_1 a (1 - \delta) =$ fuerza ascensional.
$V_1$	Volumen del globo (lleno).		
$a$	Peso específico del aire...		
$\delta$	Densidad del gas.....		
$h$	Altura alcanzada.....		

pudiendo poner la fórmula [28],

$$h = \frac{l}{F} \times 8.000. \quad [29]$$

Si el globo está flácido (período de peso constante), a la altura dada por [29] hay que añadir la que recorrerá el globo hasta el llenado, o altura de plenitud, siendo, por fin,

$$h' = h + H. \quad [30]$$

Con estas fórmulas podemos averiguar las alturas a que llegará el Cacquot y el tipo extensible que estudiamos, con el fin de obtener resultados comparativos.

Aplicando la fórmula [29] al Cacquot, para una ruptura en el enlace, suponiéndole lleno en tierra de gas de 1 kilogramo de fuerza ascensional, pues estando en este globo el gas con menor presión se impurifica por entradas de aire, con lo que el deslastre es de 400 kilogramos resulta una altura de

$$h = \frac{400}{1.000} \times 8.000 = 3.200 \text{ metros}$$

con dos observadores,

$$h = 2.560 \text{ metros.}$$

El globo que estudiamos, está en el caso de hácido o peso constante mientras recorra el período extensible, y como éste hemos visto que será distinto según que se prepare el globo para uno o dos observadores, examinaremos ambos casos suponiendo el llenado de invierno, pues las consecuencias variarán muy poco para el llenado de verano.

En el caso de inflación  $O_1$ ,

$$H = 1.341$$

y la altura  $h$  vale, fórmula [29]

$$h = \frac{192}{854} \times 8.000 = 1.798 \text{ metros}$$

luego, [30]

$$h' = 3.139 \text{ metros.}$$

Si es la inflación  $O_2$ , será:

$$H = 1.065$$

y además  $h$  es,

$$h = \frac{146.9}{889,2} \times 8.000 = 1.321 \text{ metros}$$

por tanto,

$$h = 2.386 \text{ metros}$$

las alturas alcanzadas son, pues, ligeramente inferiores a las que llegaría el Cacquot.

Pero conviene examinar qué efecto tendrá la maniobra voluntaria de la válvula del globo.

Desde luego se ve que esta válvula es una válvula de apéndice, puesto que está colocada en la parte inferior; pero por virtud de la contractibilidad del globo puede funcionar como válvula de cabeza o superior, puesto que abierta se hará perder al globo no sólo el gas que habría de salir por el apéndice de un globo lleno subiendo, sino todo el que representa la diferencia entre el volumen del globo en el instante de maniobrar y el globo completamente contraído.

Consideremos el caso  $O_1$ : se llena en tierra 813 metros cúbicos de gas, que dan 854 kilogramos de fuerza ascensional, y estando a los 1.200 metros de altura se rompe el cable en el enlace.

La velocidad podemos calcularla por la fórmula aproximada que establecimos en nuestro estudio sobre el Cacquot que figura en el tomo II de *Observación Aerostera*,

$$W = \sqrt{\frac{l}{10}}$$

siendo  $l$  el deslastre, con lo que en este caso será:

$$W = \sqrt{\frac{192}{10}} = 4,36 \text{ metros por segundo}$$

por lo tanto, en recorrer los 141 metros que le faltan para estar completamente dilatado, empleará,

$$\frac{141}{4,36} = 32 \text{ segundos}$$

tiempo más que sobrado para que el tripulante pueda estar atento una vez apercibido de que está libre, a maniobrar la válvula al quedar el globo completamente dilatado.

Pero analicemos aún lo que ocurrirá si suponemos que no se maniobra la válvula y ésta está graduada para su apertura a 6 kilogramos.

Dijimos que entonces la tela tenía un coeficiente de seguridad de 5,6, pues la fatiga era de 230,5 kilogramos por metro.

Pero ahora que el movimiento es rápido la velocidad de dilatación es importante calcular y vale,



$$W_d = \frac{W \cdot V}{8.000} \text{ metros cúbicos por segundo} = \frac{4,36 \times 1.000}{8.000} = 0,545$$

metros cúbicos por segundo.

Como la presión media en el eje del globo es de 54 milímetros, esto dará una velocidad de salida al gas de

$$W_g = \sqrt{2 g h} = \sqrt{2 g \frac{p}{\pi}}$$

siendo  $\pi$  el peso específico del hidrógeno, o sea, a la altura en cuestión  $\pi = 0,12$ , y como  $p = 54$  kilogramos por metro cuadrado y  $2 g = 20$  aproximadamente, será,

$$W_g = 94 \text{ metros por segundo}$$

empleando como fórmula de gasto,

$$Q = m \omega W_g$$

y aceptando el valor corriente  $m = 0,6$ ; como el gasto que tiene que dar es de 0,545 metros cúbicos, resultará necesariamente una sección,

$$\omega = \frac{Q}{m W_g} = \frac{0,545}{0,6 \times 94} = 96 \text{ centímetros cuadrados;}$$

como la sección es la superficie lateral de un cilindro cuya base es la válvula que tiene 38 centímetros de diámetro y el área es de la forma

$$\pi d \lambda$$

siendo  $\lambda$  el descenso de la válvula respecto a su asiento, resulta que lo que debe abrirse la válvula es,

$$\lambda = \frac{96}{d} = \frac{96}{119} = 0,8 \text{ centímetros, o sea 8 milímetros;}$$

es claro que entonces la fuerza necesaria sobre el platillo será mayor puesto que la de 6 kilogramos es para empezar a abrirse, pero aunque para llegar a los 8 milímetros necesarios esa fuerza fuese de 8 kilogra-

mos que exigiría un aumento de presión, este aumento traería consigo mayor velocidad del gas y, por tanto, con menor abertura sería suficiente para darle salida: no es aventurado suponer, pues, que con 8 kilogramos se da salida a todo el gas y la fatiga de la tela sería un poco mayor y el coeficiente de seguridad de 4,2 aún suficiente, puesto que esta situación durará poco tiempo, ya que estando el globo lleno, y perdiendo gas, su fuerza ascensional y, por tanto, la velocidad, irán disminuyendo.

Veamos ahora lo que ocurriría si se maniobrara la válvula: en el momento de llegar a los 1.341 metros de altura está el globo lleno, con 1.000 metros cúbicos y 854 kilogramos de fuerza ascensional total; luego cada metro cúbico del gas en esas condiciones tiene una fuerza ascensional de 0,854 kilogramos; por lo tanto, cada metro cúbico que se haga salir se pierden esos 854 gramos: si se abre la válvula en grande abertura con la cuerda hasta hacer contraer el globo, como el volumen contraído es de 645 metros cúbicos, la pérdida de gas sería de 355 metros cúbicos, o sea de 303 kilogramos, y como el deslastre es sólo de 192 se provocaría un descenso peligrosísimo, producido por una fuerza de 111 kilogramos que no se podría contrarrestar con nada, ya que no es posible prescindir de los  $582 + 80 = 662$  kilogramos que pesan el globo equipado y el tripulante.

Es claro que caso de hacer tal maniobra, lo que pasaría es que, en cuanto el globo hubiese perdido  $\frac{192}{0,85} = 226$  metros cúbicos se iniciaría el descenso; pero se corre el riesgo de pasarse puesto que el globo no obedece instantáneamente a los efectos y más perdiendo gas al subir que, como se sabe, equivale a un deslastre como primer efecto; así, pues, conviene que gradúemos en tiempo, lo que puede abrirse sin peligro la válvula: advirtiéndolo, desde luego, que si se abre la válvula un cierto tiempo y con ello queda aún 1 kilogramo que sea de fuerza ascensional, dejándola cerrar seguirá entonces el régimen de globo flácido, puesto que volverá a poder dilatarse el globo hasta el máximo conservando esa fuerza ascensional y subiendo, por lo tanto, a mayor altura.

Si la válvula se abre desde la barquilla haciéndola descender, por ejemplo, 6 centímetros, entonces el área de salida es de 714 centímetros cuadrados = 0,0714 metros cuadrados, luego el gasto será de

$$Q = m \omega W_g = 0,6 \times 91 \times 0,0714 = 3,92 \text{ metros cúbicos,}$$

por lo tanto, como 0,545 metros cúbicos corresponden a la dilatación, el gasto para contraer el globo será de

$$3,92 - 0,545 = 3,375 \text{ metros cúbicos,}$$

y para no perder más que los 192 kilogramos o 226 metros cúbicos, será necesario un tiempo de

$$\frac{226}{3,37} = 67 \text{ segundos,}$$

que es el tiempo máximo que puede tenerse abierta la válvula.

Se deduce de aquí que lo más conveniente si se desea descender en seguida, de declararse libre, es abrir la válvula durante  $\frac{3}{4}$  de minuto y estar atento al movimiento del globo, y como aún queda margen de contracción, si el globo sigue subiendo, pequeños golpes de válvula como en un globo libre hasta provocar el descenso, pues no hay que *olvidar* que la válvula, *aunque colocada debajo*, gracias al margen de contracción que tiene el globo *surte el mismo efecto* que una válvula *superior*.

Se ve aquí otra causa que explica el por qué se ha dado al globo una posibilidad de contracción superior a la necesaria para la altura corriente de observación.

Claro es que no olvidando lo que antes dijimos, de que si después de haber perdido gas, sigue subiendo el globo, como puede de nuevo dilatarse, conserva la fuerza ascensional que le reste hasta la dilatación completa, y desde aquí la altura alcanzada sería la correspondiente al régimen de globo lleno.

Así, supongamos que se tiene abierta la válvula en las condiciones indicadas  $\frac{3}{4}$  de minuto, habrá perdido  $3,375 \times 45 = 152$  metros cúbicos de gas, que equivalen a 130 kilogramos de fuerza ascensional dadas las condiciones de volumen que tiene el gas; luego quedará un remanente de 62 kilogramos de fuerza ascensional que se conservarán constantes hasta la altura en que otra vez el globo esté lleno, o sea 1.300 metros próximamente, y luego  $\frac{62}{724} \cdot 8.000 = 680$ , o sean en total,  $1.200 + 198 + 1.300 + 680 = 3.378$  metros, que como se ve es mayor que sin haber maniobrado la válvula.

Así, pues, la mejor conducta si no se tiene necesidad de un rápido descenso, es estar atento a la abertura de la válvula para si no se abre automáticamente en cuanto llega a la dilatación; y, en el caso necesario, abrirla *muy poco*, nada más que para asegurar la pérdida de gas natural por la dilatación que, como hemos visto, se consigue con una abertura de 8 milímetros.

Al final consignamos un resumen de las ventajas que presenta este globo, y presentamos reunidos los cuadros o tablas con los datos que creemos deben llevar las unidades relativos a las condiciones de llenado

del globo, en los cuales añadiremos oportunamente las tensiones, sin viento, que debe marcar el tensímetro del torno; pues, como antes hemos dicho, la falta de antecedentes de procedencia francesa y el no haber hecho experiencias directas, que pensamos efectuar en el Laboratorio de nuestro Servicio de Aviación, nos impiden por ahora establecer ninguna consecuencia respecto a las tensiones en función del viento; bastando la indicación ordinaria de no tener el globo en el aire en cuanto la tensión en el torno pase de los 750 kilogramos.

Estos cuadros vienen a ser la parte útil del trabajo que hemos desarrollado y lo interesante para las aplicaciones y empleo del globo, bastando que, así como un capitán de batería lleva su tabla de tiro, el capitán de unidad aerostera lleve un cartón o cartulinas donde estén estos cuadros impresos, y su simple consulta, sin necesidad de mayor reflexión, le permitirá resolver las cuestiones técnicas que en el uso del globo puedan presentársele, pues la más esencial, que es el volumen del globo y *techo de dilatabilidad*, se deducen en esos cuadros de la simple medida de la abertura de huso en la sección máxima.

Cuanto hemos expuesto es lo que nos ha sugerido el estudio del globo extensible, lo cual sometemos al juicio de nuestros jefes y compañeros para que sea analizado y discutido por si hubiésemos padecido error o alguna consecuencia o circunstancia nos hubiera pasado inadvertida.



## APÉNDICE

### Resumen sobre ventajas, disposiciones notables e inconvenientes.

#### a) *Ventajas.*

- 1.<sup>a</sup> Relingas de puentes.
- 2.<sup>a</sup> Economía de gas:  
En la inflación.  
En la pérdida diaria.
- 3.<sup>a</sup> Invariabilidad del centro de empuje. Mejor estabilidad.
- 4.<sup>a</sup> Presión interior siempre superior a la del viento. No se forman bolsas. Mejor estabilidad.
- 5.<sup>a</sup> Fuerza ascensional constante. Constancia del ángulo de ataque. Mejor estabilidad.
- 6.<sup>a</sup> Mejor forma aerodinámica.
- 7.<sup>a</sup> Poder estar catorce días sin recarga cuando no se trabaje.

#### b) *Disposiciones notables.*

- 1.<sup>a</sup> Aunque la válvula es inferior, puede servir para provocar descensos.
- 2.<sup>a</sup> Forma del pliegue de los husos. Trabajo igual de todas las gomas.
- 3.<sup>a</sup> Grado de contractibilidad que permite tenga lugar la primera señalada.

#### c) *Inconvenientes.*

- 1.<sup>o</sup> Mayor vigilancia de la tela.
- 2.<sup>o</sup> Mayor desgaste de la tela por trabajar a mayor presión.

3.º Duración del material. Es una interrogante. Es preciso la experiencia.

**Características de las gomas para globos.—B D (francés), D (español).**

(Traducción de las exigidas por el Servicio Técnico de Aeronáutica.)

Las gomas serán fabricadas con hilos de goma (hilos de caucho vulcanizado de sección cuadrada de 1 milímetro de lado) de primera calidad, rodeadas de una cubierta trenzada de hilo de algodón.

Los hilos de goma estarán suficientemente talqueados para no aglomerarse con el uso.

La cubierta trenzada será regular y sin defectos, y de color verde oscuro.

El diámetro y peso del *sandow* en reposo serán inferiores a los números siguientes:

Diámetro máximo 9,5 milímetros.

Peso máximo 55 gramos.

El alargamiento de los *sandows* bajo una carga dada se medirá por la relación entre el incremento de longitud de una probeta después de aplicarla la carga y la longitud de la probeta en reposo.

Ejemplo: una probeta que mida un metro en reposo mide 3,50 metros después de alargarse; el alargamiento es de 250 por 100.

He aquí las características de alargamiento exigidas, con las tolerancias consentidas:

Cargas.....	4 kilogramos.	9,500 ídem.
Alargamiento mínimo.....	20 por 100.	220 por 100.
Ídem normal.....	50 por 100.	250 por 100.
Ídem máximo.....	80 por 100.	280 por 100.

Además, los *sandows*, deberán soportar sin romperse el alargamiento de 250 por 100 sin tolerancia en menos, y esto bajo una carga inferior a 12 kilogramos.

**CUADRO RESUMEN SOBRE DATOS DEL GLOBO TIPO D**

Grado de inflación. — Núm.	Aber- tura de huso. — Cms.	Radio en la sección máxima. — Metros.	Volumen. — Metros <sup>3</sup> .	Diferen- cias. — Metros <sup>3</sup> .	Tubos de metros <sup>3</sup> — Núm.	Presión en el eje del globo. — Mms.	Presión en la bar- quilla. — Mms.	Fatiga de la te la . — Kgs./m.	Coeficiente de seguridad. (Ruptura a 1,300 kgs./m.) — Núm.	Fuerza ascensional con gas de 1,05/m. <sup>3</sup> — Kgs.	Altura li- mite extensible (Techo de dilatabi- lidad. — Metros.	ALTURA LÍMITE POR FUERZA ASCENSIONAL		
												80 kgs en barquilla. — Metros.	160 kgs. en barquilla. — Metros.	
1	29	3,43	645		107									
2	50	3,86	742,6	97,6	124	26	16	95,7	13,5	779,7	1.970	735	231	
3	66	3,81	795,4	53,8	133	31	21	118,1	11	836,2	1.649	1.087	587	
0 <sub>1</sub>	78	3,55	813,3	16,9	136	32	22	123,2	10,5	854	1.341	1.200	700	
4 = 0 <sub>2</sub>	104	3,93	846,9	33,6	142	36	26	141,5	9	889,2	1.065	1.418	918	
5	138	4,04	895	48,1	149	40	30	161,6	8	939,7	710	1.735	1.231	
6	173	4,15	944,5	49,5	158	44	34	182,6	7	991,7	354	2.060	1.556	
7	210	4,27	1.000	55,5	160	48	38	204,9	6,3	1.050	0			
Abertura de la válvula....						54	44	230,5	5,6					

Fórmulas para la prueba con aire:

Volumen,  $V = 54,85 R^2$ .

Radio,  $R = 3,60 + 0,318 f$       •       $f =$  abertura de huso.

Volumen después de vein-  
ticuatro horas de lleno  
(debe ser).....

$$V_1 = V_0 \frac{p_0}{p_1} \times \frac{1 + 0,004 t_1}{1 + 0,004 t_0}$$

$\left. \begin{array}{l} V_0 = \text{volumen inicial.} \\ p_0 = \text{presión inicial en milímetros.} \\ t_0 = \text{temperatura en centígrados inicial.} \\ p_1 = \text{presión .....} \\ t_1 = \text{temperatura..} \end{array} \right\} \text{ finales.}$

Volúmenes después de  
veinticuatro horas de  
lleno (medido).....

$$V_1 - V'_1 = 12 \div 14 \text{ m.}^3$$

ASCENSION O <sub>1</sub>						ASCENSION O <sub>2</sub>					
Altura. — Metros.	Presión en el eje del globo. — Milímetros.	Presión en la barquilla. — Milímetros.	Abertura de huso. — Centímetros	Volumen. — Metros cúbicos.	Coefficiente de seguridad de la tela.	Altura. — Metros.	Presión en el eje del globo. — Milímetros.	Presión en la barquilla. — Milímetros.	Abertura de huso. — Centímetros.	Volumen. — Metros cúbicos.	Coefficiente de seguridad de la tela.
0	32	22	78	813,3	10	0	36	26	104	846,9	9
100	33,1	23,1	88	827,2		100	37,1	27,1	114	861,2	
200	34,3	24,3	98	841,1		200	38,2	28,2	124	875,5	
300	35,4	25,4	105	855		300	39,3	29,3	134	889,8	
400	36,6	26,6	118	868,9		400	40,4	30,4	144	904,1	
500	37,7	27,7	128	882,8		500	41,5	31,5	154	918,4	
600	38,9	28,9	138	896,7		600	42,6	32,6	164	922,7	
700	40	30	148	910,6		700	43,7	33,7	174	937	
800	41,2	31,2	158	924,5		800	44,8	34,8	184	951,3	
900	42,3	32,3	168	938,4		900	45,9	35,9	194	965,6	6,8
1.000	43,5	33,5	178	952,3		1.000	47	37	204	979,9	
1.100	44,6	34,6	188	966,2		1.065	48	38	210	1.000	6,3
1.200	45,8	35,8	198	980,1	6,7						
1.300	46,9	36,9	208	994							
1.341	48	38	210	1.000	6,3						

No se incluyen los datos de 918 metros, por su escasa diferencia con 900.



## INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA

Grado de inflación.	Abertura de huso.	Volumen de llenado.	Volumen final a 10° sobre el ambiente.	Volumen final a 20° sobre el ambiente.	Fuerza ascensional normal.	Fuerza con 10° sobre el ambiente.	Fuerza con 20° sobre el ambiente.	Altura límite extensible. (Techo de dilatabilidad.)	ALTURA POR FUERZA ASCENSIONAL A 10°		ALTURA POR FUERZA ASCENSIONAL A 20°		Tubos de 6 metros. Número.
									80 kilogramos en barquilla.	160 kilogramos en barquilla.	80 kilogramos en barquilla.	160 kilogramos en barquilla.	
									Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	
Número.	Cms.	Metros <sup>3</sup>	Metros <sup>3</sup>	Metros <sup>3</sup>	Kilogramos.	Kilogramos.	Kilogramos.	Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	Número.	
0 <sub>1</sub> <sup>10</sup>	64	782	813,3		854	858,6		1.341	1.229	729			131
0 <sub>2</sub> <sup>10</sup>	80	816,2	846,9		889,2	899,8		1.065	1.484	984			136
0 <sub>1</sub> <sup>20</sup>	57	753		813,3	854		862,9	1.341			1.255	755	125
0 <sub>2</sub> <sup>20</sup>	65	784,1		846,9	889,2		898,6	1.065			1.476	976	131

NUEVO GLOBO CAUTIVO TIPO D



# ÍNDICE

	Págs.
CONSIDERACIONES.....	5

## PRIMERA PARTE

DESCRIPCIÓN DEL GLOBO CAUTIVO TIPO D.....	9
Globo dilatable B. D.—Envolvente.—Husos dilatables.—Empenage.—Puentes de suspensión.—Bucles.—Red de campamento.—Válvula.—Banda de desgarré.—Pieza de paso.—Mirilla.—Manga de inflación.—Suspensión de tracción.—Suspensión de la barquilla.—Paracaídas de barquilla.—Relinga y faldilla de protección de los husos.—Red de <i>transvase</i> .—Cuidados especiales que requiere el globo.	

## SEGUNDA PARTE

ANÁLISIS DEL GLOBO CAUTIVO TIPO D. ....	25
Forma geométrica.—Cálculo de la superficie.—Cálculo del volumen.—Posición del centro de empuje.—Centro de gravedad de la superficie.—Régimen de presiones aparentes durante el período extensible.—Idem después de la dilatación.—Válvula.—Fatiga de la tela.—Coeficiente de seguridad.—Fuerza ascensional.—Altura límite del período extensible.—Alturas-límite para cada grado de inflación.—Fuerza ascensional mínima para el buen equilibrio del globo.—Grado de inflación óptimo.—Examen de la ascensión.—Influencia de la temperatura sobre la altura-límite.—Caso de declararse libre la ascensión.	

## APENDICE

Resumen de ventajas e inconvenientes.—Características exigidas por la Aeronáutica francesa a las gomas para los husos.—Cuadros resúmenes de los datos necesarios para el empleo del globo.....	73
--	----



**GAMBIO DE VELOCIDAD PROGRESIVO V. P.**



# CAMBIO DE VELOCIDAD

## PROGRESIVO V. P.

- APLICABLE A TODA CLASE DE VEHICULOS -

DE PROPULSION MECANICA Y MAQUINAS FIJAS

POR

**DON FRANCISCO DEL VALLE**

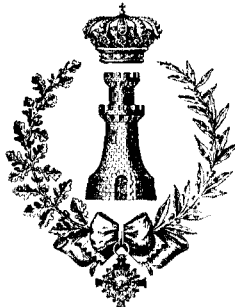
TENIENTE CORONEL DE INGENIEROS

Y

**DON PEDRO PILON TERUEL**

COMANDANTE DE INFANTERÍA DE MARINA

LICENCIADO EN CIENCIAS



MADRID

IMPRENTA DEL «MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJERCITO»

—  
1928







### Consideraciones preliminares.

Por considerar de interés su conocimiento para nuestros lectores, y de utilidad quizá para alguno de ellos, publicamos aquí la descripción de un cambio de velocidad progresivo, con patente de invención, original del Licenciado en Ciencias, comandante de Infantería de Marina, don Pedro Pílon Teruel, y el que estas líneas escribe, con cuya idea consideran resuelta los autores la progresividad en los cambios de la marcha con que ha de girar un motor para acomodar su producción de energía a las variaciones del esfuerzo resistente que, en cada momento, deba vencer aquél; acomodación encaminada a conseguir el máximo rendimiento.

\*  
\* \*

Sabido es que desde el comienzo de la locomoción automóvil se vino obligado a establecer el mecanismo llamado «Cambio de velocidad», a fin de satisfacer la conocida necesidad mecánica: proporcionar la potencia desarrollada a la cuantía exigida por el esfuerzo resistente que es preciso vencer, variable en cada momento por serlo así la naturaleza del camino que el vehículo ha de recorrer, a causa del perfil, clase y conservación, estado atmosférico, intensidad y dirección del viento, etc.

Otro tanto puede decirse cuando se trate de máquinas fijas, para las que sus diversas piezas en movimiento han de marchar a distintas velocidades exigidas por los diferentes trabajos que hayan de realizar.

Ahora bien, y concretándonos al presente a lo relativo al vehículo automóvil, diremos que el mecanismo empleado para adaptar la potencia desarrollada al esfuerzo resistente exigido en cada momento, es decir, el cambio de velocidad actual, no ha resuelto el problema con la amplitud debida, toda vez que, según es sabido, tal mecanismo carece de la propiedad de proporcionar *en cada momento* la potencia exigida, pues tan sólo permite suministrar la correspondiente a una cualquiera de las ve-

locidades que reciben su nombre de las que pueden formarse con los cuatro o cinco juegos de engranajes: primera, segunda, tercera, cuarta (en los coches que la tienen) y marcha atrás.

Dedúcese de tal disposición del cambio de velocidades que, debido a estos saltos con que ha de funcionar, se produce un aprovechamiento en extremo deficiente de la potencia suministrada por el motor, si bien el perfeccionamiento alcanzado en la actualidad por los motores permite aprovechar la potencia desarrollada por los mismos, entre límites algo alejados de su régimen normal de revoluciones, lo cual da lugar, mediante el uso adecuado del acelerador, a una cierta compensación de los saltos debidos al paso de una a otra, de las velocidades del cambio.

Pero siempre adolece éste de la falta de progresividad en la adaptación de la potencia al esfuerzo resistente, es decir, que no hay continuidad para suministrar a cada variación de la resistencia que ha de vencerse, la potencia adecuada en el motor, en una palabra, falta al mismo la elasticidad tan necesaria en toda máquina productora de energía, cuando ésta ha de utilizarse a medida que se va produciendo.

Es problema de gran importancia el de la progresividad del cambio, que tanto ha preocupado, por consiguiente, y sigue preocupando la atención de los constructores de diferentes países, de aquí que en todo tiempo se hayan estado o estén ideando artificios encaminados a conseguir tal finalidad, pero sin resultado práctico alguno hasta ahora; los autores de este trabajo creen se puede considerar resuelto dicho problema con el conjunto de mecanismos que constituyen el aparato presentado bajo el nombre de «Cambio de velocidad progresivo V. P.».

Además, bien sabido es que el cambio de velocidad usado actualmente resulta antimecánico en su esencia, defecto que se atenúa con su esmerada construcción, complementada por un exquisito cuidado en su manejo, hasta el extremo de poder juzgar de la pericia de un conductor, por el modo y la oportunidad de efectuar los cambios.

Y es curioso fijar la atención en que extremo tan importante para la conservación del motor, como su exacta velocidad de régimen, tiene que confiarse a la no siempre completa pericia del mecánico, que debe salvar, mediante el hábil empleo de la admisión de gases, los saltos bruscos que impone al motor la discontinuidad del actual mecanismo del cambio, de que ha queda lo hecha referencia, obligando a una presión demasiado variable al pie derecho que, por la doble función que desempeña, freno y acelerador, se fatiga bastante en las jornadas largas.

Es muy difícil que el conductor aprecie con exactitud la velocidad de marcha del motor, ya que los tableros de aparatos indicadores (salpicadero), pródigos para registrar ciertos datos, en su mayoría carecen del

no menos importante relativo al número de revoluciones que da el motor en cada momento, carencia que precisa confiarlo al oído, dando lugar a errores de consideración.

Es necesario que el conductor, además del conocimiento de dicho dato, merced a un velocímetro como los corrientemente usados para tal fin, pueda corregir de un modo progresivo las variaciones de la velocidad del motor, corrección que en el cambio de velocidad actual se realiza solamente a saltos: paso a primera, segunda, etc., o recíprocamente. Tal progresividad se considera conseguida con el cambio que a continuación se describe.

### Descripción.

Para describir este mecanismo nos valdremos de las figuras 1 a 6 que acompañan a este escrito, y que representan:

Figura 1: Corte-vista horizontal del conjunto del cambio, encerrado en su caja o cárter correspondiente.

Figura 2: Corte (ampliado con respecto a la figura 1) de la biela de movimiento rectilíneo alternativo.

Figura 3: Corte (ampliado) de la palanca-horquilla oscilante y de la tuerca-trinquete.

Figura 4: Corte-vista (ampliado) de perfil, de la doble tuerca-trinquete.

Figura 5: Vista perspectiva del conjunto del «Cambio de velocidad progresivo V. P.».

Figura 6: Detalle en perspectiva de la doble tuerca-trinquete, y forma como enlaza con las piezas respectivas.

### Piezas que constituyen el mecanismo.

- A*, Arbol del tornillo de doble rosca hendida (figs. 1, 2, 3 y 4).
- B*, Biela de movimiento rectilíneo alternativo (figs. 1 y 2).
- B'*, Botón de la biela *B* (fig. 1).
- C*<sub>1</sub>, Rueda conductora; recibe el movimiento del motor (fig. 1).
- C*<sub>2</sub>, Rueda conducida; transmite el movimiento a las ruedas motrices del coche (fig. 1).
- D*, Cremalleras (fig. 3).
- E*, Excéntrica (fig. 1 y 2).
- F*, Pieza de enlace entre *G* y *Z* (figs. 1 y 3).
- F'*, Puntos de articulación de la pieza *F* (fig. 1).
- G*, Pequeña palanca acodada (fig. 1).

- $G'$ , Punto de giro de la palanca acodada  $G$  (fig. 1).
- $H$ , Arbol desde el motor (figs. 1 y 3).
- $I_1 I_2$ , Arboles de giro de los satélites  $S_1 S_2$  (fig. 1).
- $J$ , Arbol que va a la transmisión y al puente posterior (fig. 1).
- $K$ , Cojinete de bolas (figs. 1, 2 y 3).
- $L$ , Ranuras de la palanca-horquilla  $Z$  (fig. 3).
- $M$ , Rueda de engrane con el piñón  $m$  (figs. 1 y 3).
- $N$ , Eje en que está montada la palanca  $P$  de mando del cambio (figuras 1 y 3).
- $O_D$ , Pivotes de la cremallera  $D$  (fig. 3).
- $O'_D$ , Posición de los pivotes  $O_D$  correspondiente al  $PM$  (punto muerto) (fig. 3).
- $O''_D$ , Posición de los pivotes  $O_D$  correspondiente a la  $MA$  (marcha atrás) (fig. 3).
- $O_T$ , Pivotes de la doble tuerca-trinquete (figs. 3 y 4).
- $P$ , Palanca para el mando de las velocidades (figs. 1 y 3).
- $Q$ , Caja (cárter) del cambio (fig. 1).
- $R_S$ , Rueda de satélites (fig. 1).
- $S_1 S_2$ , Piñones de satélites (fig. 1).
- $T_1 T_2$ , Doble tuerca-trinquete (figs. 1, 3 y 4).
- $U$ , Rueda para mando de las velocidades que engrana con la  $V$  (figuras 1 y 3).
- $V$ , Rueda para mando de las velocidades que engrana con la  $U$  (figuras 1 y 3).
- $X$ , Rueda para movimiento de las cremalleras (figs. 1 y 3).
- $Y$ , Eje en que está montada la rueda  $X$  que mueve las cremalleras (figuras 1 y 3)
- $Z$ , Palanca-horquilla oscilante (figs. 1 y 3).
- $h$ , Ranuras o filetes helicoidales del extremo hendido (o roscas) del árbol  $A$  (fig. 1).
- $m$ , Piñón de engrane con rueda  $M$  (movimiento del motor) (figuras 1 y 3).
- $n_1 n_2$ , Zapatas fiador o trinquetes de la doble tuerca-trinquete  $T_1 T_2$  ( $n_1$ , zapatas de la tuerca  $T_1$ ;  $n_2$ , zapatas de la tuerca  $T_2$ , de las que sólo se representa una, de puntos, en la figura 3, para evitar confusión en el dibujo) (figs. 3 y 4).
- $n'_1$ , Muelles que obligan a las zapatas  $n_1 n_2$  a estar aplicadas contra la canal  $q$  (fig. 3).
- $o$ , Eje articulación alrededor del cual giran las zapatas  $n_1 n_2$  (figuras 3 y 4).

*p*, Parte de forma trapezoidal de las zapatas  $n_1 n_2$  que se aloja en las canales *q* (figs. 3 y 4).

*q*, Canal de sección en forma de trapecio de la rueda-trinquete  $T_1 T_2$  (figuras 3 y 4).

*r*, Alojamiento de la palanca-horquilla *Z*, donde encajan los pivotes  $O_T$  de la doble tuerca  $T_1 T_2$  (fig. 3).

*t*, Dientes de la doble tuerca  $T_1 T_2$  que engranan en las ranuras helicoidales *h* del extremo fileteado del árbol *A* (figs. 3 y 4).

*w*, Salientes de las dos semi-cajas *Q* del cambio para hacer la unión de éstas por tornillo y tuerca (fig. 1).

**Indicación del movimiento de las piezas.**

Mecanismo diferencial:  $C_1-C_2-S_1-S_2-R_S$ . Destinado a producir la progresividad del cambio (fig. 1).

$C_1$ , Rueda conductora; 60 revoluciones por minuto (r. p. m.); una vez hecha la consiguiente demultiplicación de las revoluciones del motor, mediante la forma que se indica más adelante (página 14, penúltimo párrafo); velocidad constante (fig. 1).

$C_2$ , Rueda conducida; movimiento desde cero revoluciones por minuto (punto muerto) hasta 120 (directa) (fig. 1).

El diámetro de esta rueda se hace mitad del que tiene la  $C_1$  para darle mayor número de revoluciones al árbol de salida *J*, ya que el mecanismo diferencial se ha dispuesto de modo que marche a poca velocidad, al objeto de asegurar su mejor funcionamiento.

$S_1 S_2$ , Piñones satélites susceptibles de los dos movimientos de rotación: alrededor de sus ejes pasadores  $I_1 I_2$  y de traslación alrededor del árbol *A* (fig. 1).

$R_S$ , Rueda de satélites, cuyo eje de giro es el árbol de tornillo hendido *A*; movimiento desde cero revoluciones por minuto (directa), 30 revoluciones por minuto (punto muerto), hasta un poco más de 30 (marcha atrás).

$$\text{Revoluciones de } R_S = \frac{\text{revoluciones de } C_1 + \frac{1}{2} \text{ revoluciones de } C_2}{2};$$

$$\text{o sea } R_S = \frac{C_1 + \frac{1}{2} C_2}{2}.$$

M. A. (marcha atrás):  $R_S$  más de 30 r. p. m. (por ejemplo: 40);

$$40 = \frac{60 + \frac{1}{2} C_2}{2}; C_2 = + 40.$$

P. M. (punto muerto):  $R_s = 30$  r. p. m.;  $30 = \frac{60 + \frac{1}{2} C_2}{2}$ ;  $C_2 = 0$ .

En marcha a poca velocidad:  $R_s$  menos revoluciones (por ejemplo: 20);

$$20 = \frac{60 + \frac{1}{2} C_2}{2}; C_2 = -40.$$

En marcha a más velocidad:  $R_s$  menos revoluciones (por ejemplo: 10);

$$10 = \frac{60 + \frac{1}{2} C_2}{2}; C_2 = -80.$$

Directa:  $R_s =$  cero r. p. m.;  $0 = \frac{60 + \frac{1}{2} C_2}{2}$ ;  $C_2 = -120$ .

Biela de movimiento rectilíneo alternativo  $B$ : 120 oscilaciones rectilíneas por minuto; velocidad constante (figs. 1 y 2).

Pequeña palanca acodada  $G$ : 120 giros por minuto; velocidad constante (figs. 1 y 2).

Pieza de enlace  $F$ : 120 traslaciones por minuto; velocidad constante (figuras 1 y 2).

Doble tuerca-trinquete  $T_1 T_2$  (proyectadas las dos en su conjunto una sobre otra en la figura 3): Se compone de dos discos o ruedas iguales  $T_1 T_2$  (figs. 1, 3 y 4), provistas de una canal  $q$ , cuya sección afecta la forma de un trapecio, donde se aloja la parte trapezoidal  $p$  de las zapatas  $n_1 n_2$ , las cuales pueden tener un pequeño movimiento pendular alrededor del eje respectivo  $o$ .

Tiene además la doble tuerca  $T_1 T_2$  unos dientes  $t$  que encajan en las ranuras helicoidales  $h$  del árbol  $A$ .

Las dos ruedas  $T_1 T_2$  se hallan montadas sobre el árbol  $A$  de tal modo, que al emprender la doble tuerca su movimiento alternativo en un sentido, una de ellas la  $T_1$ , por ejemplo, al tomar el movimiento que le imprime el engrane de sus dientes  $t$  con las ranuras o roscas  $h$  del árbol  $A$  coloca sus zapatas  $n_1$  (mediante el pequeño movimiento pendular de las mismas) de tal forma, que al encajar en la canal  $q$ , se acuñan fuertemente contra ella, haciendo que la rueda  $T_1$  tienda a formar cuerpo con el árbol  $A$  y, por tanto, a ejercer sobre el mismo un frenado de su movimiento de giro; al propio tiempo, las zapatas de la rueda  $T_2$  (de las que sólo se representa una,  $n_2$ , de puntos, en la figura 3, para evitar confusión en el dibujo y montadas en forma opuesta a las de la rueda  $T_1$ ), se colocan de modo que, en vez de acuñarse sobre la canal respectiva, deslizan suavemente rozando con ella, y por tanto, al girar la rueda  $T_2$  por el engrane

de sus dientes  $t$  con las ranuras  $h$  del árbol  $A$ , queda como loca sobre éste; es decir, que no ejerce sobre el movimiento del mismo acción de frenado alguno.

Palanca-horquilla oscilante  $Z$  (figs. 1, 3 y 4): Recibe su movimiento del motor por medio de la pieza de enlace  $F$ , pequeña palanca acodada  $G$ , biela  $B$  y excéntrica  $E$ .

En sus caras superior e inferior tiene unas ranuras  $L$ , por donde corren los pivotes  $O_D$  de las cremalleras  $D$  (fig. 3).

En las caras internas de los brazos de la horquilla, tiene unos alojamientos  $r$ , donde encajan los pivotes  $O_T$  de la doble tuerca  $T_1 T_2$ .

Esta palanca tiene su punto de giro variable constituido por los pivotes  $O_D$ , según la posición que ocupen a lo largo de las ranuras  $L$ ; el punto de aplicación de la potencia está en el extremo  $F$ , y el de aplicación de la resistencia, en la doble tuerca  $T_1 T_2$  (a la cual sujeta por los pivotes  $O_T$ ), transmitida por los dientes  $t$  al engranar en las roscas o filetes  $h$  del árbol  $A$ .

#### Funcionamiento.

*Palanca de velocidades en punto muerto* (figs. 1, 2, 3 y 4).—Una vez el motor en marcha y transmitida por intermedio del árbol  $H$  con su piñón  $m$ , una rotación a la rueda  $C_1$  de 60 revoluciones por minuto, la biela  $B$ , merced a su botón  $B'$ , comunicará por intermedio de las piezas  $G$  y  $F$  un movimiento oscilante a la palanca horquilla  $Z$  alrededor de los pivotes, punto de giro  $O_D$ , variable con el mando de la palanca  $P$ , la cual los mantendrá ocupando la posición  $O'_D$ , o sea, dispuestos de modo que la traslación alternativa de la doble tuerca  $T_1 T_2$  sea tal que el tornillo de doble filete, árbol  $A$  y rueda  $R_s$  de satélites dé solamente 30 revoluciones por minuto, número igual a la semisuma de las rotaciones de las ruedas  $C_1$  (60 revoluciones por minuto) y  $C_2$  (cero revoluciones por minuto), es decir, que el vehículo permanecerá inmóvil.

Para esta posición de punto muerto, se apestilla la palanca de mando  $P$  a fin de evitar los peligros que, en caso contrario, podría presentar el momento de poner en marcha el motor, y se dispone de manera que sea reglable el entrante para el pestillo, al objeto de compensar las posibles holguras del mecanismo.

*Arranque del coche.*—Tan pronto como al actuar sobre la palanca  $P$ , se hagan deslizar las cremalleras  $D$  (fig. 3), hacia la izquierda y los pivotes  $O'_D$  (posición correspondiente al punto muerto) marchen hacia la posición  $O_D$ , dará comienzo la doble tuerca  $T_1 T_2$  a disminuir la amplitud de su movimiento rectilíneo a lo largo de la parte hendida del ár-

bol  $A$ , determinando (al engranar  $T_1 T_2$  con sus dientes  $t$  en las ranuras helicoidales  $h$ , labradas en el extremo del árbol  $A$ ), una resistencia a que continúe girando dicho árbol  $A$ , lo cual se traduce en una disminución de su velocidad de giro (y, por tanto, en una disminución de la que lleva  $R_S$ ) que, de 30 revoluciones por minuto con que marchaba en punto muerto, se convertirá, por ejemplo, en 20 revoluciones por minuto que dan lugar (véase página 10) a que se ponga en movimiento la rueda  $C_2$  con 40 revoluciones por minuto, y en sentido de giro contrario al de la rueda  $C_1$ , produciendo, en definitiva, por intermedio del árbol  $J$ , que va a la transmisión, la marcha del coche, a la velocidad correspondiente a las 40 revoluciones por minuto de  $C_2$ .

*Marcha en directa.*—Si se quiere aumentar la velocidad de marcha del coche, bastará seguir actuando sobre la palanca  $P$  en el mismo sentido; de este modo, al disminuir la carrera de  $T_1 T_2$  sobre el árbol  $A$ , se va reduciendo cada momento más la velocidad de éste y la de la rueda  $R_S$ , con lo cual va aumentando la que adquiere la rueda  $C_2$  y finalmente la del carruaje, hasta llegar a la posición de la palanca  $P$ , para la cual las cremalleras  $D$  se han movido hacia la izquierda de tal modo, que los pivotes  $O'_D$ , al deslizar en las ranuras  $L$ , han llegado al punto  $O_D$  (directa), en que el recorrido de la doble tuerca  $T_1 T_2$  y su frenado sobre el árbol  $A$  es tal, que le obliga a quedar inmóvil y con él a la rueda  $R_S$ , lo que determina para la rueda  $C_2$  y árbol  $J$ , o sea para el coche, la velocidad máxima; es decir, la conocida con el nombre de directa en el cambio de velocidad actual.

Ha de hacerse observar aquí que el número de revoluciones del árbol  $J$  (240 revoluciones por minuto) correspondiente a esta marcha en directa, es perfectamente adecuado para la marcha del vehículo, ya que el número de vueltas exigido por las ruedas posteriores del coche puede obtenerse mediante una sencilla multiplicación.

*Disminución de velocidad y detención del coche.*—Se comprende que si se actúa sobre la palanca  $P$  en sentido opuesto, se irá reproduciendo de modo inverso cuanto queda dicho para: carrera de la doble tuerca  $T_1 T_2$ , velocidad de giro del árbol  $A$ , rueda  $R_S$ , rueda  $C_2$  y, por consecuencia, disminución sucesiva de la velocidad del coche, hasta llegar a la posición de la palanca  $P$ , relativa a la de las cremalleras, para la que sus pivotes ocupan la posición  $O'_D$  correspondiente al punto muerto (P. M.), en la cual la velocidad de  $C_2$  se ha reducido a cero y, por tanto, el coche queda parado.

*Marcha atrás.*—Si a partir de la posición P. M. de la palanca  $P$  se continúa actuándola en el mismo sentido que cuando se venía disminuyendo la velocidad del coche, se comprende que, al avanzar las cremalleras



$D$  más a la derecha de la posición  $O'_D$  de sus pivotes (fig. 3), el movimiento alternativo que entonces se hace tomar a la doble tuerca  $T_1 T_2$  determinará para el árbol  $A$ , en vez de un frenado como antes, un incremento de su velocidad, dando lugar a que las 30 revoluciones por minuto con que está moviéndose pasen a ser, por ejemplo, 40, las que determinarán para la rueda  $C_2$ , hasta entonces inmóvil, un movimiento de giro de 40 revoluciones por minuto (página 9), pero en el mismo sentido que la  $C_1$ , es decir, en sentido contrario que cuando se accionó la palanca  $P$  para arrancar el coche en marcha hacia adelante, todo lo cual dará lugar, en definitiva, a que el coche empiece a marchar hacia atrás (posición de los pivotes entre  $O'_D$  y  $O''_D$ ).

*Progresividad del cambio.*—Se deduce de cuanto queda explicado, que bastará ir actuando sucesivamente sobre la palanca  $P$ , ora en un sentido, ora en el opuesto, para conseguir que la velocidad del motor y por tanto la del coche, varíen de un modo progresivo; es decir, se conseguirá introducir la variación exigida para el debido aprovechamiento de la potencia en cada caso, sin las brusquedades y limitaciones del cambio actualmente en uso.

\*  
\* \*

Los autores de este trabajo han tenido que vencer algunas dificultades antes de presentar el nuevo mecanismo, decididos a prescindir de elementos de dudosa eficacia como cables, cadenas, superficies de adherencia, deslizamientos longitudinales de ejes, correas, mecanismos eléctricos, hidráulicos, dientes móviles, etc. No han descuidado el problema de la lubricación ni el de la pérdida de energía que cualquier transformación de movimiento lleva consigo, preocupándose en simplificar el mecanismo, dándole la absoluta irreversibilidad que su funcionamiento exige, tanto para el frenado, marcha atrás, y en directa como para dotar de tal condición a la palanca de mando, para lo cual han desechado pestillos y cerrojos que reducirían, sin anularla, la discontinuidad del cambio corriente, consiguiéndose que la palanca dicha quede fija en cualquier posición y únicamente se apestille en el punto muerto ante la necesidad de asegurar sin peligro el arranque del motor cuando el vehículo está parado.

Se ha estudiado el problema del peso y la colocación del aparato en distintas posiciones y en relación con el bastidor (*chassis*), pudiendo instalarse lo mismo después del embrague que inmediatamente antes del puente posterior. Igualmente se ha procurado conseguir el mínimo número posible de revoluciones para las piezas cuya armonía constituye la

esencia del mecanismo, tratándose de que éste, por su propia condición pueda acoplarse a cualquier motor y que la forma de sus piezas, de construcción corriente, se preste a una robustez compatible con los transportes de pesadas cargas.

La rueda de satélites y el árbol del tornillo de rosca hendida, que son las principales piezas del mecanismo, cumplen su objeto de hacer variable a voluntad el número de vueltas de la transmisión análogamente a como sería el movimiento de un cuerpo accionado por una palanca de punto de apoyo variable, el que puede considerarse constituido en el presente cambio de velocidad por los satélites del diferencial del mismo, los cuales se trasladan adecuadamente a las necesidades de cada velocidad, cesando en su traslación, pero continuando el giro alrededor de sus respectivos ejes para la velocidad máxima ó directa.

En el nuevo mecanismo que nos ocupa la rueda conductora del diferencial arrastraría en todo caso a la de satélites, de no hallarse ésta ligada invariablemente al árbol del tornillo. Así éste, contra lo que aparece a primera vista, no trabaja en el sentido de producir la traslación de los satélites, sino en el de graduar su marcha moderándola para evitar una expesiva rotación de la rueda que los sustenta. Es, pues, el caso del reloj que estuviera graduado por un péndulo de longitud variable a voluntad.

En este mecanismo se ha hecho prácticamente irreversible la combinación de tuerca y tornillo, dando para ello al filete un paso suficientemente grande, condición que favorece al propio tiempo el movimiento alternativo de la doble tuerca y da como resultado en definitiva que sin forzamientos de ninguna especie pueda funcionar la palanca-horquilla de punto de apoyo variable, libre de fatiga notable para éste, así como sin esfuerzo sensible por parte del conductor, aun en el caso de efectuarse el cambio de velocidad prescindiendo del desembrague.

Este podría suprimirse en teoría, pero la práctica de la conducción nos ha demostrado que el embrague constituye un aparato de seguridad para casos de atorarse el pedal del acelerador, marcha sobre grava, badenes, arranque desde la parada, etc.

Se ha procurado la fácil inspección del aparato y se puede conseguir la necesaria reducción de velocidad que ha de llevar la rueda conductora, bien por medio de dos juegos de piñón y rueda dentada (uno de los cuales no está representado en los planos), o bien por otro medio cualquiera que se estime más adecuado.

El descenso por las fuertes pendientes se soluciona con este mecanismo, ya que el frenado por el motor puede hacerse en su justa medida, al contrario de lo que sucede con el cambio no progresivo, en el cual una combinación de velocidad frena poco y la inferior contiene demasiado al

carruaje. Esto, aparte del peligro, siempre muy grande en aquellos casos, de efectuar un cambio de velocidad con el necesario desembrague previo, peligro que desaparece con la maniobra del cambio progresivo, más rápida, más precisa y para la cual no es absolutamente necesario (como ya se ha dicho) perder la conexión con el eje motor.

Este cambio progresivo permite introducir en la escala de velocidades, la que pudiéramos llamar *directa avanzada*, que quizá exceda en un 10 por 100 a la actual directa, que llamaremos *directa normal*. Esta diferencia surge al considerar que la directa normal proporciona una potencia suficiente para la marcha del carruaje a la máxima velocidad en firme de medianas condiciones y con una cierta rampa, es decir, que la combinación de velocidad llamada directa se ha calculado para que en las condiciones acabadas de enunciar el motor trabaje en su régimen normal y al máximo de rendimiento. Resulta, por tanto, que hoy día un vehículo en llano y con el firme en las mejores condiciones no podrá marchar a una velocidad superior a la de su directa normal, porque no lo permite el engranaje calculado como queda dicho para su directa (prevista en la idea de salvar a la máxima velocidad de marcha el esfuerzo resistente mencionado), y si se persiste en seguir caminando con el acelerador a fondo, el motor se lanzará con grande estrépito, al extremo de llegar a esa situación tan conocida del conductor, para las velocidades inferiores, en la cual se nota que el coche «pide cambiar a la velocidad superior»; es decir, que para el caso de referencia, se notaría al cambio como necesitado de una quinta velocidad.

Pues esta quinta velocidad y otra mayor si fuera precisa, es decir, la que acabamos de llamar directa avanzada, es la que el cambio progresivo que presentamos permite aplicar con toda facilidad, en forma progresiva, pues bastará simplemente con seguir moviendo la palanca del cambio hasta el límite de su recorrido, para ir proporcionando al vehículo, con el mismo régimen normal del motor, es decir, en su máximo rendimiento, la mayor velocidad que puede alcanzar en el caso considerado de firme, bueno y horizontal.

Por iguales razones admitiremos para el nuevo aparato la *primera retrasada*, que corresponderá a las posiciones comprendidas entre la *primera normal* (que es la hoy usada como velocidad mínima) y el punto muerto. Aunque no de tanta aplicación como la directa avanzada, es indudable proporcionará ventajas en ocasiones de: fuertes pendientes atacadas con el motor en marcha deficiente, circulación sobre nieve, remolque, malos pasos o atascos en carreteras mal cuidadas y otras análogas, para las que suele ser preciso recurrir a la marcha atrás, difícil y peligrosa por muchos conceptos.

Igualmente será de utilidad este cambio progresivo para aquellos vehículos que, debiendo hacer frecuentes recorridos por puertos, hayan realizado la sustitución de sus neumáticos corrientes por los de sección grande (balón, confort, etc.), con la consiguiente variación, bien apreciable, de los radios en las ruedas motrices; para el cambio de velocidades corriente, tal sustitución limitaría de modo notable la máxima pendiente accesible para el vehículo; el reemplazar las ruedas por otras de distinto diámetro, no presentará inconvenientes por lo que a nuestro cambio de velocidades se refiere. Otra ventaja de positiva utilidad que también proporcionará este cambio: el arranque del coche en rampa fuerte, que dejará de constituir una dificultad para el conductor poco experimentado.

Huelga decir que, tratándose de camiones no habrá tanta limitación para la carga (limitación muy grande cuando en el recorrido hay, aunque sea pequeño, un trozo en fuerte rampa) cesando los atascos, ya que la velocidad con el cambio progresivo V. P. puede ser tan pequeña como se quiera. Y respecto del regreso en vacío, podrán efectuarlo a una velocidad superior en 10 ó 15 kilómetros a la que se desarrolló en el viaje cargado, gracias a la directa avanzada, que para esta clase de vehículos excederá en mucho a la directa normal, con las consiguientes ventajas desde el punto de vista económico.

Con el mecanismo V. P. se simplifica, además, el aprendizaje en la conducción porque elimina la mayor dificultad del mismo, así como evita el grave riesgo de producirse una costosa avería.



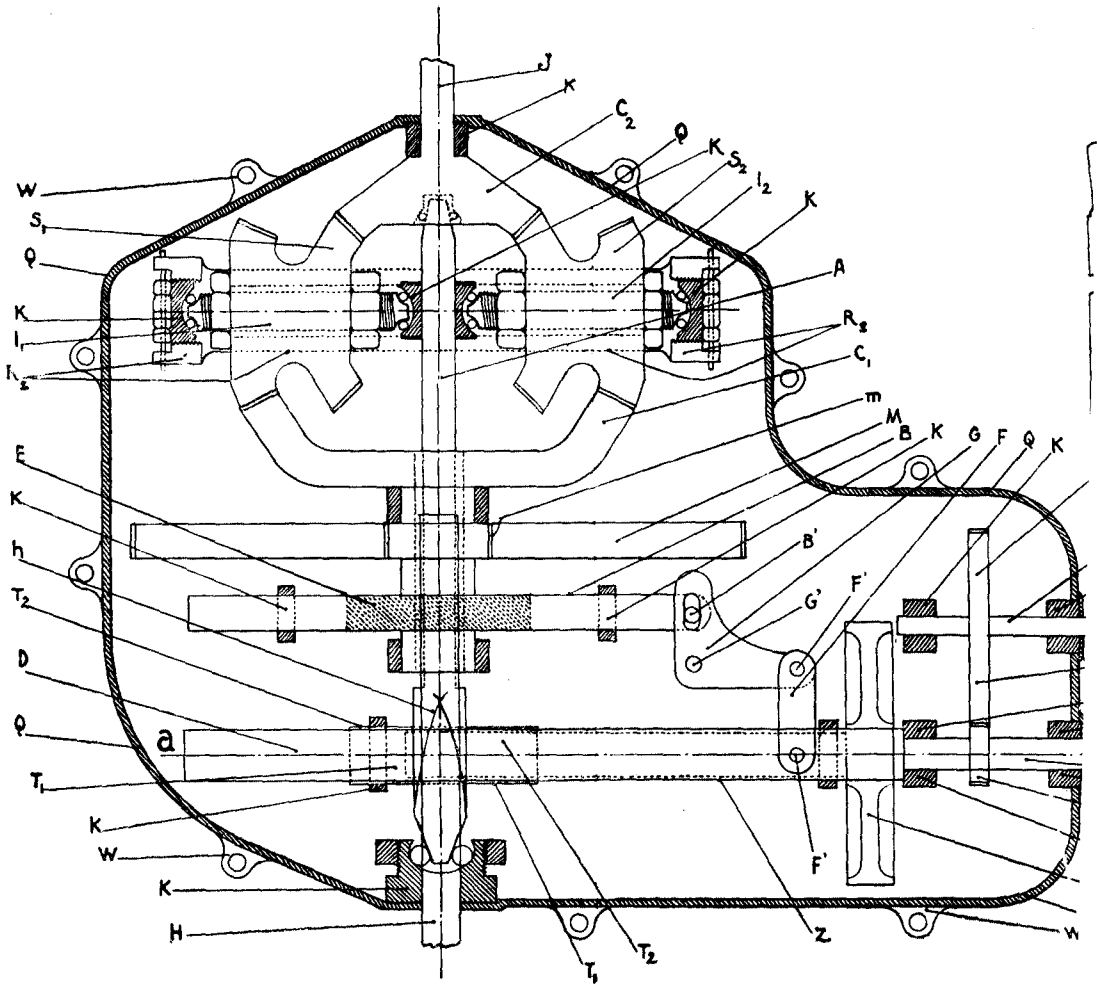
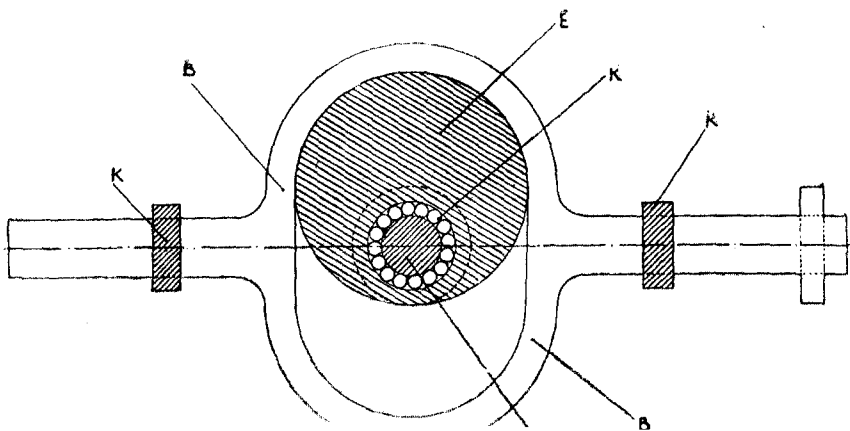
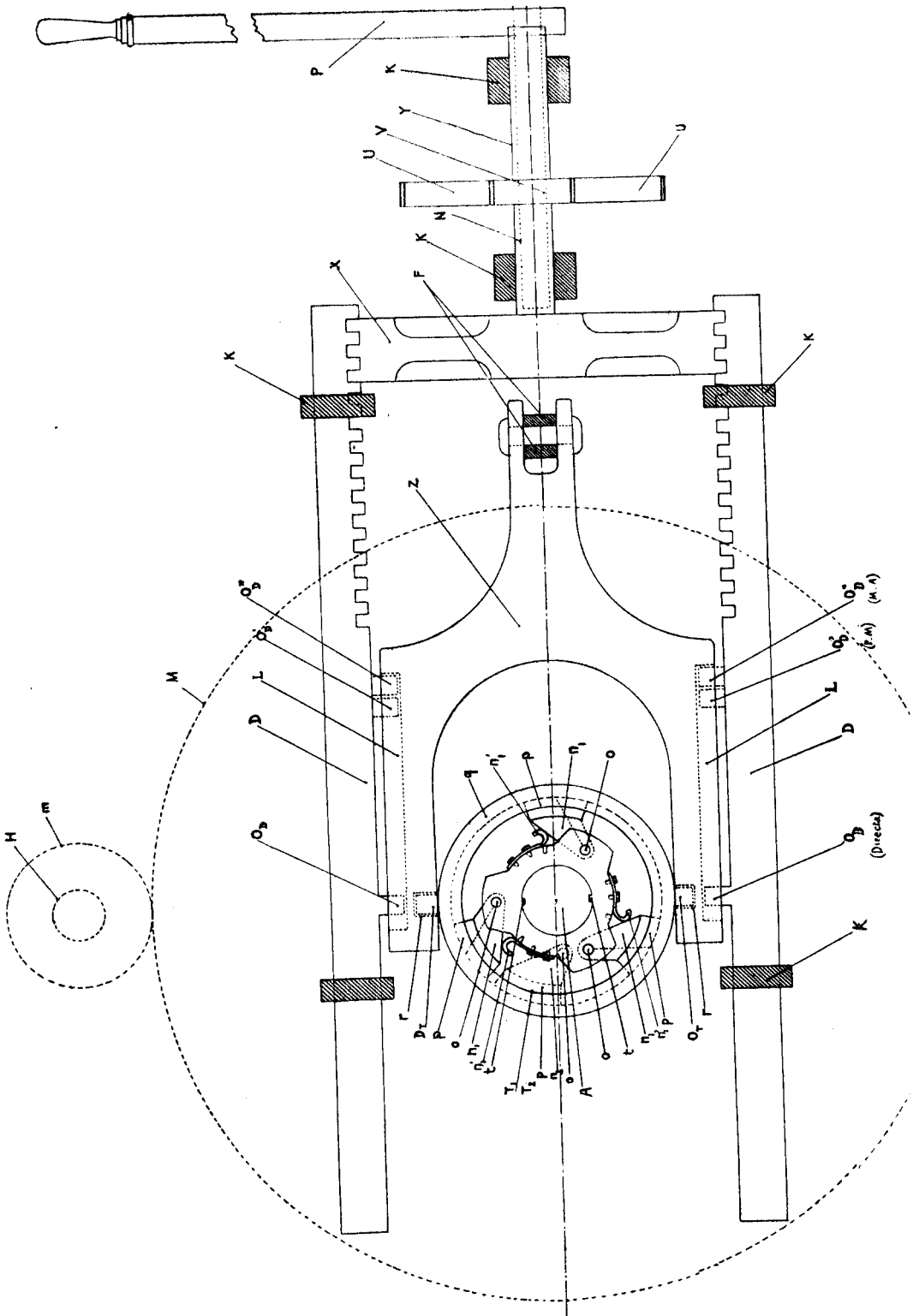


Figura 1.











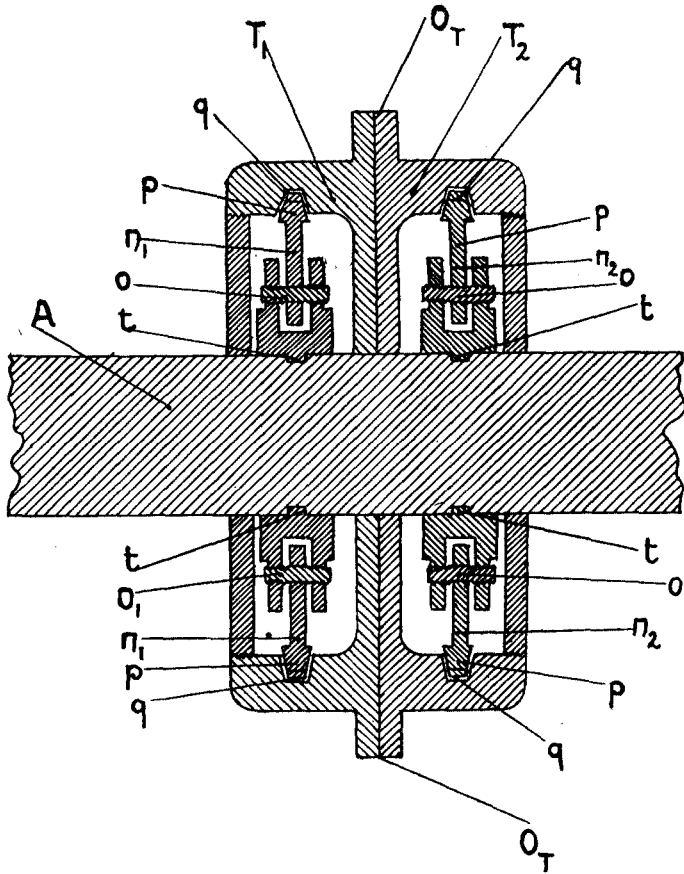


Figura 4.



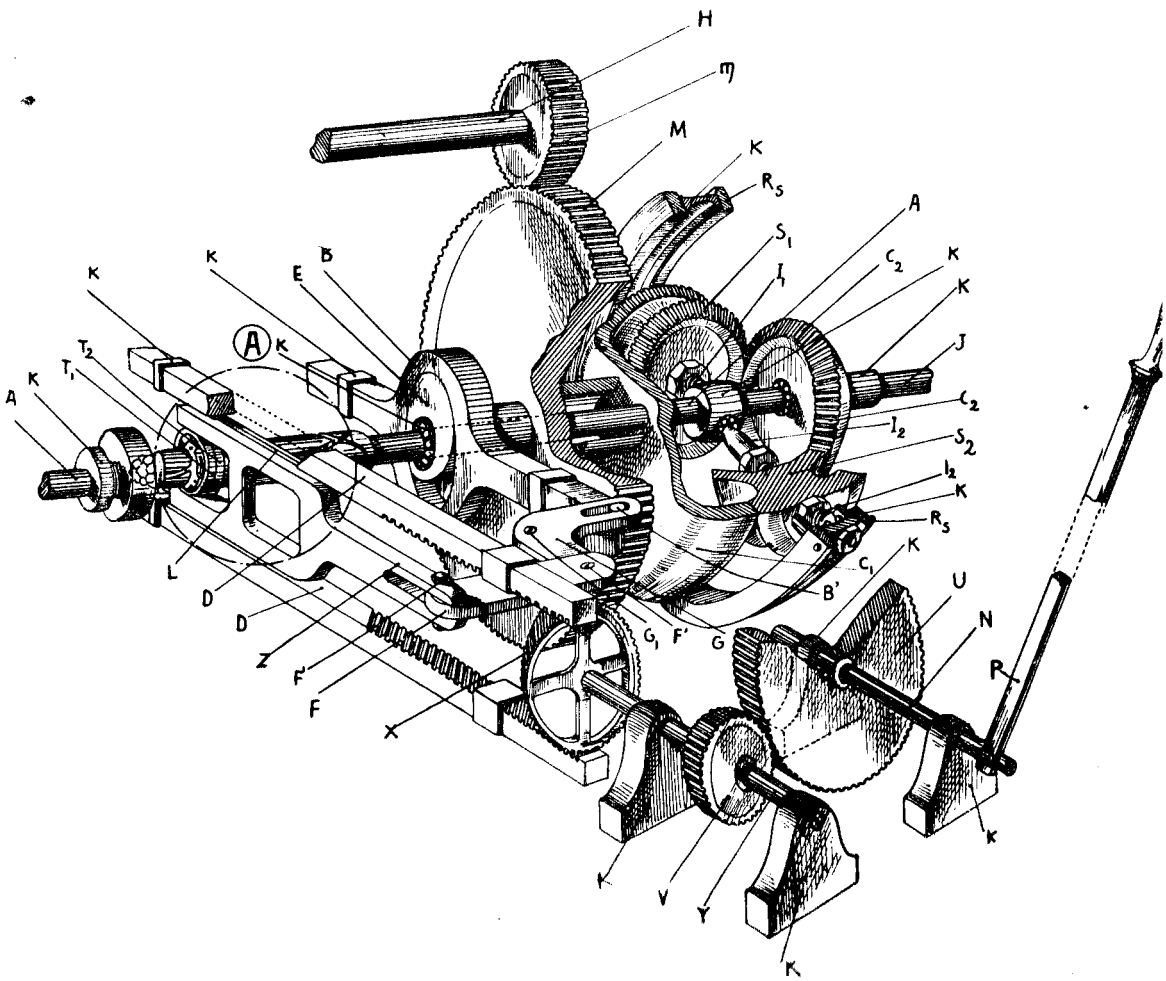


Figura 5.

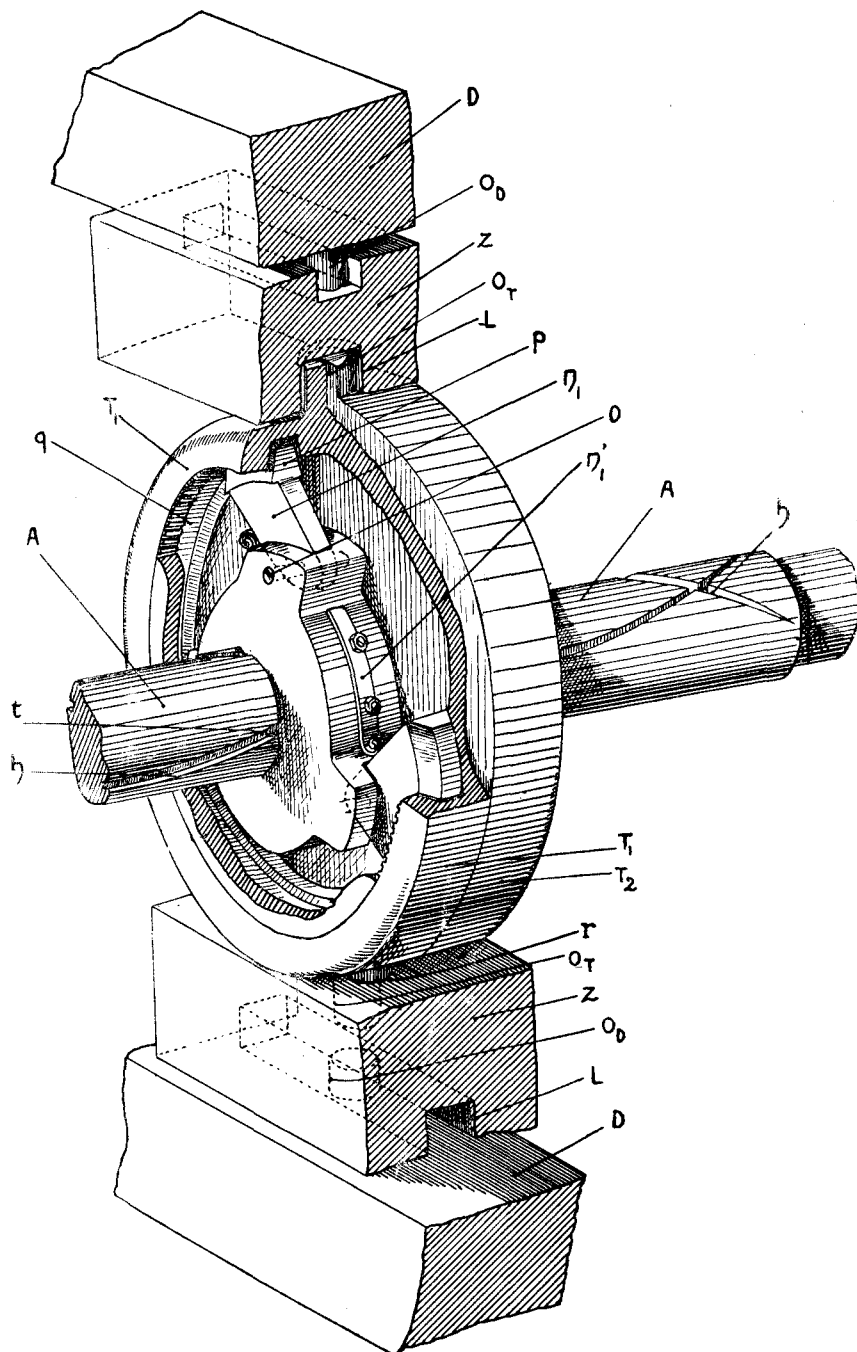


Figura 6.—Detalle del círculo A.