



## SUMARIO

Estudio de las corrientes vagabundas y su acción sobre las masas metálicas en contacto con tierra. — Semi-acero. — Crónica de la Agrupación. — Bibliografía.

# Estudio de las corrientes vagabundas y su acción sobre las masas metálicas en contacto con tierra

(Premio del Concurso Anual de 1928)

(Continuación) Véase el número del mes de Marzo

### Materiales sometidos a la acción de las corrientes vagabundas

Antes de entrar por completo en el estudio de las condiciones que serán precisas para que el proceso electrolítico tenga lugar, estudiaremos los materiales que podrán estar sujetos a éste.

Para que un elemento metálico pueda ser afectado por las corrientes vagabundas es suficiente que esté, en parte o en total, en contacto con el suelo, aunque dadas las condiciones de esta corrosión casi exclusivamente se manifiesta en los que se encuentran en contacto muy íntimo con éste. Este es el caso de las innumerables construcciones metálicas que surcan el subsuelo de las poblaciones, de las que las más frecuentes son sin duda las tuberías colectoras de agua, conducciones y distribuciones de agua y gas, cables de transporte de energía eléctrica, cables telefónicos, masas metálicas de los cimientos de edificios, puentes, columnas, así como las agujas, pernos, uniones transversales de los carriles, etc., etc. Todos estos elementos, para reunirlos en una denominación única cuando queramos designar su carácter general y no alguna en especial, los llamaremos en adelante *masas metálicas* en contacto con el suelo, o del subsuelo, ya que éste es el carácter colectivo que nos interesa.

En todas estas construcciones metálicas se emplea casi exclusivamente el hierro, en sus diversas variantes de: fundición, hierro comercial y aceros, utilizado en las tuberías de conducción y construcciones metálicas, y el plomo que se utiliza para las

cubiertas de los cables telefónicos y de energía. En algunos casos puede el zinc ser afectado por electrolisis en ciertas conducciones dispuestas para el servicio de edificios.

Estudiaremos someramente los efectos producidos por la electrolisis en cada uno de estos materiales.

### Corrosión del hierro

La electrolisis del hierro ofrece fenómenos interesantes debidos a su heterogeneidad. Sus constituyentes: ferrita, perlita, cementita, etc., poseen diferentes potenciales eléctricos<sup>(1)</sup> originándose una corrosión selectiva. La cementita (carburo de hierro) actúa como cátodo respecto a los restantes constituyentes, localizándose la corrosión en las regiones ocupadas por la perlita o solución sólida, que son eliminadas mientras que el carburo permanece inatacado, no desapareciendo más que en el caso de desintegración completa de los restantes constituyentes.

La oxidación del hierro se considera hoy día como proceso que en todos los casos es electrolítico: el oxígeno da origen a la formación del óxido ferroso FeO, a expensas principalmente de la ferrita y eutéctico, y este óxido, por reacción secundaria, pasa a hidrato férrico Fe(OH)<sub>3</sub>, ocupando un volumen superior al del hierro a cuyas expensas se formó.

Así en las fundiciones ricas en carbono (que actúa análogamente a la cementita), y con mayor

(1) W. H. Hatfield «The Development of Stainless steel».

razón en las grises, generalmente empleadas, en las que el carbono, por la influencia del silicio, se presenta en masas grandes de grafito, quedan extensas zonas no atacadas, permaneciendo adheridos a la masa del tubo los óxidos de hierro, con lo que el material tiene exteriormente la misma apariencia que si no hubiese sido atacado, pero ofreciendo una resistencia mecánica mucho más baja por precipitarse el hierro esponjoso que hace desmoronarse al material en cuanto se le da el menor golpe. El óxido de hierro evita algunas veces la continuación del proceso electrolítico.

En el hierro forjado y acero sólo se presenta el carbono libre en algunos casos (carbono de temple) y la cementita se encuentra más o menos dividida en la masa del metal, así como los restantes elementos. El ataque se localiza pues en puntos dando origen a picaduras de pequeñas dimensiones y difundándose el óxido formado por el suelo, y al no constituir capa protectora, no se detiene el proceso de electrolisis.

Los tubos de fundición corroídos electrolíticamente aparecen al desenterrarlos con su superficie lisa, pero, por simple exposición al sol, salta el carburo grafitico e impurezas denotándose claramente la corrosión. Si ésta es lateral, se manifiesta en general en picaduras de 1,5 a 3 mm. de profundidad y 12 a 25 mm. de diámetro superficial, llegando hasta 12 mm. de profundidad en casos avanzados en los que a veces se unen a surcos en lugar de picaduras; la corrosión en las juntas se manifiesta en cambio en forma de anillo que rodea al tubo en el extremo en que la corriente sale para reintegrarse a la conducción pasada la junta.

En el acero o hierro forjado la picadura es en general más fina, apareciendo a veces ya como un desmenuzamiento del material. En los buenos aceros, como en el caso de los carriles corroídos cuando son positivos respecto a las masas metálicas del subsuelo, produce ya el efecto de un desgaste del metal, limando los bordes agudos y las porciones del fondo.

Para iguales condiciones de la corriente vagabunda que abandona los tubos, no hay diferencia prácticamente en el peso de metal corroído en uno y otro caso, pero la mayor resistencia eléctrica de la fundición que llega a ser 10 veces superior a la del acero, que viene aumentada por la resistencia de las juntas generalmente a tope en lugar de a rosca, la hace menos apta para recoger las corrientes vagabundas y en consecuencia se manifiestan menos en ella los efectos de electrolisis.

### Corrosión del plomo

El plomo es uno de los metales más resistentes a la corrosión y ataque, sin embargo la extrema delgadez de los tabiques de las cubiertas empleadas para los cables telefónicos y de energía hace

que éstos se deterioren con extraordinaria facilidad.

El aspecto que presenta después del ataque es muy diferente según las condiciones en que éste se haya verificado, ya que incluso puede ser debido a acción puramente química si está en contacto con suelos que contengan ácidos orgánicos, lo que no es difícil en regiones pantanosas o filtraciones de alcantarillas. Ya se ha observado<sup>(1)</sup> por ciertas compañías de ferrocarriles americanas en las que se emplean los cables telefónicos protegidos por conductos de madera creosotada la destrucción rápida de aquellos cuando la creosota contenía ácido acético en cantidad sensible.

No parece existir un acuerdo definitivo respecto a qué clase de plomo debe emplearse en las cubiertas de los cables, mientras que se recomienda por algunos el empleo del plomo puro<sup>(2)</sup> otros estiman que éste es más fácilmente atacado por los ácidos<sup>(3)</sup>. Trabajos del Departamento de Ingeniería de la Purdue University de Laffayette, muestran que el plomo comercialmente puro, aleado con estaño o antimonio sufre el mismo ataque por el  $\text{NO}_3\text{H}$  y  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , y el segundo resiste mejor los ácidos<sup>(3)</sup>. Trabajos del Departamento de Ingeniería atacado por la sosa cáustica. Sin embargo parece ser que en Belfast hacia 1900 las aguas de alcantarilla produjeron una gran corrosión de los cables de plomo de la National Telephone Company, que se manifestó menos en el plomo puro que en el aleado con 3% de estaño. Probablemente la acción de más importancia estriba en la existencia de impurezas, como el bismuto, que actúa como catalizador.

No es fácil en todos los casos deducir del aspecto exterior del plomo si éste ha sido o no corroído electrolíticamente, ya que los productos de corrosión dependen de los materiales en contacto con él, formándose cloruros, sulfatos o nitratos de plomo cuando está en contacto con sales de estos radicales, tanto por acción electrolítica como química, y más generalmente una mezcla de óxido y carbonato de plomo. Pero según *Bartomew*<sup>(4)</sup> lo que es un signo evidente de la existencia de corrosión electrolítica es la presencia del peróxido de plomo  $\text{PbO}_2$ , fácil de reconocer, aunque su ausencia no quiere decir que la corrosión no haya sido electrolítica ya que puede sufrir transformación por reacción secundaria, como por ejemplo, si el suelo contiene materia orgánica reducible. La presencia del  $\text{PbO}_2$  puede determinarse por su reacción con el IK en presencia de *CIH* reconociendo la liberación de I con el almidón, para lo que puede emplearse según Mr. Barrelet el siguiente reactivo:

(1) American Railway Association. Report of Comité n.º 3, September 21, 22 and 23, 1926.

(2) Bureau of Standards, Scientific Paper 377, «The Inter-Crystalline Brittleness of Lead».

(3) A. E. Gott. *Electrical Review*, 2 junio 1922.

(4) Corrosion of Lead Covered Cables by Electrolytic Action-The Institution of Post Office Electrical Engineers, 1922.

H<sub>2</sub>O, 100 gr. - ClH al 30 %, 20 cm<sup>3</sup>  
 ClNa, 20 gr. - IK, 1 gr.

En general el plomo corroído electrolíticamente se presenta también lleno de picaduras y con zonas de color blanquecino o amarillento; pero la presencia de picaduras puede ser debida también a una acción coloidal. Según Berrgough (1), que encontró picaduras en metal puro sumergido en agua destilada, un metal colocado en agua que contenga oxígeno y un electrolito puede ser atacado, pero si el resultado del ataque se precipita en forma de hidrogel en capa continua puede el ataque suspenderse. Si la superficie del metal contiene impurezas químicas o mecánicas, por estos puntos no se precipitará la capa protectora y proseguirá la corrosión continua produciéndose así una picadura. La explicación de estos procesos es muy compleja.

La Sección de pruebas del Post Office, obtuvo los siguientes resultados en la corrosión del plomo:

En solución ácida, p. ej. ácido acético, se produce un orificio neto en el anodo de plomo.

En solución alcalina, NaOH, p. ej., un depósito pardo de PbO<sub>2</sub> en el anodo.

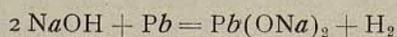
En suelo ordinario, con sales de cal, polvo blanco en el anodo, consistente principalmente en carbonato básico de plomo.

Pero estas reacciones tampoco son completamente características ya que influye de una manera decisiva la densidad de corriente, con 5 miliamperes por pulgada cuadrada de electrodo se encontró que:

En ácido acético el anodo se disuelve uniformemente, no produciéndose PbO<sub>2</sub>.

En solución alcalina, NaOH, p. ej., la reacción depende de la concentración de la solución: si es diluída da PbO<sub>2</sub>, si es concentrada el anodo se disuelve uniformemente.

La electrolisis en las derivaciones de agua de Londres produce una cantidad considerable de carbonato básico de plomo, pero se forma también PbO<sub>2</sub>. En las instalaciones de Madrid se ha podido observar la presencia en el agua en contacto con cables telefónicos bajo plomo de 0,0045 gm. por litro de plumbito de sódio Pb(ONa)<sub>2</sub>, debido quizás a una reacción catódica secundaria producida por la liberación del sódio del sulfato, cloruro, carbonato y bicarbonato que contenían las aguas en bastante proporción (hasta 2,51 gm. del último), a cuyas expensas podría formarse el hidrato que reaccionando con la cubierta de plomo diese:



sal soluble en el agua.

## Electrolisis de las construcciones de hormigón

Las corrientes vagabundas obran también sobre las construcciones de hormigón armado dando origen a fenómenos cuyo estudio presenta gran interés. El hormigón húmedo conduce bastante bien la electricidad (aumentando su resistencia hasta 200 veces al secar) de tal modo, que si la corriente vagabunda es de suficiente intensidad se podrá producir la oxidación del hierro de refuerzo, y como los óxidos formados ocupan un volumen algo mayor del doble que el hierro (y análogamente es más voluminosa cualquier sal que se produzca) ejercerán una enérgica presión sobre el cemento, que se ha valorado en unos 330 kgs. por cm<sup>2</sup>, más que suficiente para producir el agrietamiento de éste.

A temperatura ordinaria es sin embargo, por fortuna, poco de temer la destrucción electrolítica del hormigón armado, lo que se debe especialmente a la desecación por endósmosis de la película de herrumbre del anodo y la precipitación de CO<sub>3</sub>Ca que llena los poros del hormigón, acción combinada que produce un aumento considerable de resistencia. Según W. A. del Mar y Dc. Woodbury (1), la precipitación del CO<sub>3</sub>Ca por aumento de concentración del hidrato cerca del cátodo, que es lo que más influye en el aumento de resistencia, no persiste si la corriente se interrumpe, no produciéndose más que cuando fluyen corrientes vagabundas. En este aspecto no es recomendable la mezcla de sal al hormigón, frecuente para evitar su congelación, porque impide la precipitación de CO<sub>3</sub>Ca y aumenta la conductibilidad, destruyendo la pasividad del hierro a bajas temperaturas lo que facilita la corrosión hasta el punto de que 1 % de ClNa es suficiente para aumentar en 100 veces la proporción de corrosión.

Las construcciones de hormigón armado en contacto con aguas marinas o saladas están por esta causa mucho más sujetas a corrosión. A medida que crece la temperatura la corrosión aumenta llegando a producir rápidamente la destrucción del hormigón, la tabla que sigue, tomada del Bureau of Standards (2) da una clara idea de lo que decimos.

Temperatura Gr. Cent.	Coefficiente de corrosion %
10	2,0
20	2,5
30	3,0
40	3,5
50	5,0
60	11,5
70	22,5
80	37,5
90	44,5
100	47,0

(1) Electric World, 1917, vol. 70, p. 916.

(2) Technologie paper n.º 18, «Electrolisis in concrete», March 1913.

(1) Report to the Committees of the Institute of Metals, 1922.

A menos de 45° la corrosión es muy pequeña, experimentando un crecimiento más rápido a partir de esta temperatura. La calefacción necesaria puede producirla la misma corriente eléctrica, basta un gradiente de potencial de unos 2 voltios por cm. para producir una elevación de 45° en el hormigón y llegar a una rápida corrosión; esta temperatura puede también alcanzarse por causas externas, aunque parece ser que el efecto no es el mismo. Para cualquier temperatura la cantidad de corrosión depende desde luego del número de amperes hora y no de la intensidad de la corriente.

Es muy difícil llegar con corrientes vagabundas a valores suficientes para producir una corrosión seria del hormigón, pero siempre hay el peligro de entrada de corrientes intensas por las tuberías de servicio del edificio, contactos eventuales con líneas de energía, etc., que pueden conducir a corrientes de alta intensidad. La transformación del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en carbonato hace, por otra parte, que con el tiempo aumente la dificultad de corrección.

Nos hemos ocupado de la corrosión anódica producida por la formación de óxidos voluminosos de hierro; en el cátodo, aunque no ofrece el peligro de la acción anódica, se reblandece el cemento en sus proximidades, debido a la concentración gradual de álcalis descompuestos por electrolisis, principalmente Na y K, cuando la corriente es suficiente. En este caso el hormigón no se raja pero pierde por completo su ligazón al hierro pudiendo originarse un deslizamiento.

Este efecto en el cátodo se produce a cualquier voltaje, a diferencia de la corrosión anódica, siendo su magnitud aproximadamente proporcional al voltaje, pero exigiendo un valor para éste, unido a condiciones de humedad y composición del hormigón, que rara vez se encuentran unidas en la práctica.

El efecto de reblandecimiento aumenta con la proporción de sodio y potasio que contiene el cemento y sólo se produce en región muy próxima al cátodo, que en general no pasa de unos 6 mm., dando origen a un material que se endurece en contacto con el aire pero se hace friable.

### Electrolisis en el caso de corrientes alternas

La corriente alterna puede también dar origen a fenómenos electrolíticos. No se citan en general casos de destrucción efectiva de masas metálicas del subsuelo, producida por electrolisis mediante corriente alterna, aunque conocemos el caso de una conducción subterránea destruída en las proximidades del retorno de un ferrocarril a 25 períodos y 600 voltios; bien es verdad que la d. d. p. entre un cable bajo plomo de la Compañía Telefónica Nacional de España y los carriles llegó a alcanzar hasta 40 v. y se dan casos de electro-

cutación de caballerías al pisar la vía, lo que indica lo defectuoso del circuito de retorno.

Es criterio generalizado, como lo deducen de sus experiencias los Sres. *Rhodes* y *Flein* y *Vanderlius* (1), que en las corrientes alternas el metal separado de un electrodo durante el semiperíodo en que actúa como cátodo, puede ser reemplazado en parte en semiperíodo siguiente en que actúa como ánodo, con lo cual se reduce la pérdida total que se calcularía teniendo en cuenta la parte de cada período en que la corriente sale de la masa metálica; en el citado trabajo se considera que para frecuencias comerciales alcanza incluso solamente el 1% de tales valores. En el caso de inversiones pausadas de la corriente el efecto es superior.

*Bartolomew* (2) uniéndose a esta teoría consigna sin embargo como efecto del 5 al 2% del que se produciría con corriente continua y señala la ventaja que esto reporta debido a que la pérdida de corriente en los carriles para el caso de alterna es, como ya hemos indicado, muy superior. En la discusión del trabajo de este autor encontramos una objeción, a nuestro juicio muy atinada, de *Barrelet*, que señala el carácter de desagregación con que se vuelve a depositar el plomo en las cubiertas de los cables en el semiperíodo en que actúan de ánodo. El material catódico disuelto se deposita en efecto sobre el ánodo en forma esponjosa no consistente, dando un polvo negro sin resistencia que en el aspecto mecánico ha de considerarse como pérdida real.

*Grace* (3) después de numerosas pruebas dejó sentado claramente que la electrolisis por corrientes alternas «es solamente una cuestión de tiempo hasta que esta acción destruya muchos miles de dólares de estructuras metálicas subterráneas», lo que comprueba las experiencias de *H. W. Fisher* (4), que operando con un electrolito compuesto de agua con sal común y sal amoníaco, para una densidad de corriente de 0,1 amp. por pulgada, corriente de 60 períodos y electrodos de plomo, encontró los siguientes valores de corrosión:

Amp. por pulg. <sup>2</sup> de superficie	Plomo destruido por amperio-hora por pulg. <sup>2</sup>
3,04	0,004 gm.
11,08	0,136 »
17,90	0,237 »

obteniendo en el último caso un amplio orificio.

Sin embargo, a nuestro juicio, el problema de la electrolisis con corriente alterna es más complejo, y según las condiciones especiales del electrolito y de los electrodos podrán producirse unos u otros efectos. Conocidas son, p. ej., las reacciones

(1) Report of the American Committee on electrolisis, 1921.

(2) Loc. citada.

(3) The ultimate solution of the electrolisis Problem, Pittsburgo Branch A. I. E. E., 1905.

(4) The Electrolisis Problem from the Cable Manufacturer's Standpoint Pittsburgo Branch A. I. E. E., 1905.

encontradas por *Brochet* y *Petit*<sup>(1)</sup> sometiendo a electrolisis ácido sulfúrico diluido con electrodos de plomo.

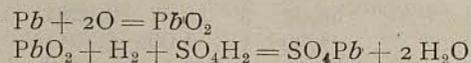
En el primer semiperíodo un electrodo se cubre de  $PbO_2$

(a)  $Pb + 2O = PbO_2$  que exige  $4 \times 96540$  cul. en el semiperíodo siguiente se tendrá:

(b)  $PbO_2 + H_2 + SO_4H_2 = SO_4Pb + 2H_2O$  que exige  $2 \times 96540$  cul.

(c)  $SO_4Pb + H_2 = SO_4H_2 + Pb$  que exige  $2 \times 96540$  cul.

Si la reacción (a) se ha producido suministrando  $4 \times 96540$  cul., las (b) y (c) podrán producirse en el semiperíodo siguiente en que se suministra la misma cantidad de electricidad; pero es preciso para ello que las reacciones (b) y (c) unidas se realicen en el tiempo que dura un semiperíodo y si la frecuencia de la corriente es alta, no dará tiempo a la producción de la reacción (c), que ha de efectuarse después de la (b), y no tendremos más que las:



precipitándose el  $SO_4Pb$  que no ha habido tiempo de reducir.

Peró si la frecuencia de la corriente es mayor y la reacción (c) tiene tiempo de producirse o ésta se acelera, sea disminuyendo la densidad de la corriente o elevando la temperatura, el líquido al final no experimenta variación alguna y los electrodos se regeneran con material esponjoso.

Vemos por consiguiente que una corriente de alta frecuencia produce en este caso una pérdida real de plomo y en cambio con baja frecuencia no hay más que depósito esponjoso.

Las experiencias hechas en el Laboratorio con corrientes alternas dan resultados curiosos, el hierro, p. ej., casi insoluble como ánodo y como cátodo se disuelve fácilmente bajo la influencia de la corriente alterna.

No es pues fácil vaticinar los resultados que se obtendrán con *c/a*, pero sí puede darse como cierto que las corrientes alternas o cambios de polaridad de la corriente darán origen a corrosión electrolítica en mayor o menor proporción pero contra la que siempre hay que precaverse. No se olvide lo ya consignado varias veces, que las corrientes vagabundas en el caso de corriente alterna son siempre mucho más intensas.

### Corrosión producida por otros efectos

No solamente los servicios de tracción pueden dar origen a corrientes vagabundas capaces de

producir corrosión; los sistemas de alumbrado o fuerza en casos de eventual contacto con ella, podrán dar origen a corrientes vagabundas de gran consideración; en algunos casos de sistemas de distribución para alumbrado con 3 hilos, cuando el neutro se dispone a tierra, práctica frecuente en los EE. UU., la imposibilidad del completo equilibrio de los puentes hace que por el neutro circule una corriente apreciable capaz de producir derivaciones por el suelo que, en general, son ciertamente poco sensibles.

En algunas ocasiones aparecen corrientes eléctricas en las cubiertas de los cables o tuberías que no pueden atribuirse, por las condiciones de la instalación, a una distribución de energía o red de tranvías, estas corrientes pueden ser debidas a f. e. m. de contacto de metales distintos, o a verdaderas corrientes telúricas de origen magnético terrestre, cuya investigación condujo a resultados de gran interés en la Guerra Europea para la lucha contra los submarinos. Para contrarrestar los efectos indicados la Berlín-Hannover recomienda en el caso de cables telefónicos unir sus cubiertas de plomo a placas de zinc en contacto con tierra, que dan una f. e. m. local, y una corriente opuesta a la telúrica.

Estas f. e. m. locales, de origen galvánico, en otros casos pueden dar origen a corrosiones de importancia sin el concurso de corrientes vagabundas, produciéndose la denominada electrolisis por *acción local* o *auto-corrosión* (*self-corrosión*). Es suficiente para ello diferencias físicas de constitución de los materiales que forman la masa metálica subterránea o a pares originados por materiales conductores colocados en el suelo. El zinc impuro es fácilmente atacado por disolventes sin acción ninguna sobre él cuando es puro.

Un caso de interés de auto-corrosión, cuyo origen es el mismo que la acción de pilas galvánicas de zinc y carbón, es el que se presenta al unir eléctricamente una masa de carbón de cock a una masa metálica, lo que da origen a una corriente que fluye de la masa metálica al cock a través del suelo y al actuar la primera como cátodo produce la corrosión de éste. La f. e. m. originada por la introducción en el suelo de tuberías de hierro en contacto con cock es aproximadamente de 0,6 v., produciéndose corrientes que localizadas en pequeñas áreas, pueden originar con bastante rapidez la destrucción de las tuberías, lo que se produce con frecuencia en el caso de enterrarlas en suelos que contengan escorias con partículas de cock.

La presencia de electrolitos diferentes en contacto con una masa metálica puede dar origen a acción local de la que es también producto la oxidación progresiva del hierro, cuando, por una causa inicial, como p. ej., una aparición no prolongada de una corriente vagabunda, se produce un principio de corrosión, debido a que el óxido de hierro da con el hierro un par local.

(1) Contribution a l'étude de l'électrolyse par courants alternatifs Ann. de Chim. et Phys., déc. 1904 et juillet 1905.

Es por consiguiente preciso observar con cuidado las condiciones locales de la instalación antes de sentar de una manera definitiva si la corrosión se produce por la acción de corrientes vagabundas. Esto no puede en general precisarse por el examen de la masa metálica atacada, que cuando lo es por la acción local manifiesta caracteres muy semejantes a los de la corrosión por corrientes vagabundas, exigiendo para cerciorarse de ello pruebas cuidadosas.

Finalmente, el suelo, por su composición, puede también dar origen a una disolución puramente química del material de las masas metálicas subterráneas.

### CAPÍTULO III

#### Estudio de los factores que influyen en la corrosión electrolítica

##### Influencia de la intensidad de la corriente vagabunda en la cantidad de metal corroído; ley de Faraday

La importancia de la corrosión dependerá indudablemente en primer término de la cantidad de metal corroído, que podemos determinar teóricamente por la Ley de Faraday:

$$P = k \cdot a \cdot i \cdot t$$

en la que P es el peso de metal precipitado por acción electrolítica, *i* la intensidad de la corriente en amperios, *t* el tiempo que ésta circula, *a* el equivalente químico del metal, es decir, el cociente de dividir su peso atómico por la valencia, y *k* un factor cuyos valores son: *k* = 0,00010386 si *t* se mide en segundos, *k* = 0,0006232 si se mide en minutos y *k* = 0,03793 si *t* se da en horas.

En general la fórmula de Faraday se expresa por:

$$P = z \cdot i \cdot t$$

siendo *z* el *equivalente electro-químico del metal*, que será el peso depositado por amperio y segundo, y cuya expresión será, si M es la masa molecular del radical y V su valencia:

$$z = k a = \frac{1}{96540} \cdot \frac{M}{V} = 0,00010386 \cdot a \text{ gm. por coulombio}$$

o bien:

$$z = \frac{1}{26,817} \cdot \frac{M}{V} = 0,03739 \cdot a \text{ gm. por amperio hora}$$

El peso P depende por consiguiente de dos factores: la cantidad de electricidad  $q = it$  (y por tanto es directamente proporcional a la corriente y al tiempo) y la clase de metal que constituyen los electrodos definida analíticamente por el coeficiente *z*. Con electrodos iguales el mismo efecto producirá una corriente intensa circulando corto tiempo que una corriente débil en largo período.

Por otra parte P es independiente de la diferen-

cia de tensión entre electrodos, aunque si esta regula *i* la independencia no será más que indirecta.

Para el conocimiento del valor de *z*, necesario cuando quiere calcularse el metal corroído en condiciones determinadas, damos unas tablas referidas a los aniones y cationes más frecuentes en el proceso que estudiamos, de los que vemos la plata, plomo y hierro ( $Fe^{+++}$ ), son los tres metales de equivalente electroquímico más alto y, por consiguiente, los que depositarán mayor peso de metal en el proceso de electrolisis para iguales condiciones de tiempo y corriente que circula:

Cationes y Aniones	Masa molecular M.	Valencia V.	Equivalente a	Equivalente electroquímico z	
				mg. por coulombio	g. por amper hora
Ag <sup>+</sup>	107,88	1	107,88	1,1175	4,023
1/3 Al <sup>+++</sup>	27,11	3	9,03	0,0835	0,3367
1/2 Ca <sup>++</sup>	40,08	2	20,04	0,2076	0,7474
Cu <sup>+</sup>	63,60	1	63,60	0,6585	2,371
1/2 Cu <sup>++</sup>	63,60	2	31,80	0,2993	1,186
1/2 Fe <sup>++</sup>	56,02	2	28,01	0,2892	1,041
1/3 Fe <sup>+++</sup>	56,02	3	18,67	0,9284	0,6944
H <sup>+</sup>	1,008	1	1,008	0,10444	0,03759
K <sup>+</sup>	39,11	1	39,11	0,4050	1,458
1/2 Mg <sup>++</sup>	24,29	2	12,145	0,1260	0,4536
1/2 Mn <sup>++</sup>	54,99	2	27,49	0,2846	1,025
Na <sup>+</sup>	23,05	1	23,05	0,2383	0,8579
1/2 Pb <sup>++</sup>	206,92	2	103,46	1,073	3,861
1/2 Sb <sup>++</sup>	80,14	2	40,07	0,4151	1,494
1/2 Zn <sup>++</sup>	65,41	2	27,70	0,3386	0,2197
Cl <sup>-</sup>	35,46	1	35,46	0,3673	1,322
1/3 CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	30,00	1	30,00	0,3108	1,119
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	62,01	1	62,01	0,6423	2,312
1/2 O <sup>--</sup>	16,00	2	8,00	0,08287	0,2983
OH <sup>-</sup>	17,01	1	17,01	0,1762	0,6343
1/2 SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	96,06	2	48,03	9,4975	1,791
1/2 SiO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	76,30	2	38,15	0,3952	1,423

En la práctica el peso de metal disuelto no corresponde exactamente al que nos da teóricamente la fórmula de Faraday; para tener en cuenta este resultado se afecta la fórmula de un coeficiente  $\alpha$  dado por:

$$\alpha = \frac{P}{P_1}$$

en la que P<sub>1</sub> es el peso teórico del metal corroído y P el real, resultando:

$$P = \alpha P_1 = \alpha izt$$

*Mc. Collum y Logan* (1) denominan *eficiencia de la corrosión*, al valor de  $\alpha$  expresado en tanto por ciento, suponiendo que el 100 % corresponde al valor teórico P<sub>1</sub>. La eficiencia de la corrosión es en general menor del 100 % debido a la presencia de reacciones secundarias, aumentando considerablemente cuando disminuye la densidad de corriente y el grado de humedad del suelo.

(1) Bureau of Standards. Technologie Paper n.º

Con densidades de corriente, comprendidas entre 5 y 0,05 mm. a  $x \text{ cm}^2$  puede oscilar el valor de  $\alpha$  entre el 20 y el 140 %, pero en las condiciones que ordinariamente se presentan en la práctica, su valor está comprendido entre 50 y 110 %, no ejerciendo influencia sensible la variación ordinaria de la temperatura, ni el voltaje, a menos que influya en la densidad de corriente, lo que hace encontrar iguales valores de  $\alpha$  para 0,1 a 0,66 voltios que para 5 a 10 v. o más.

Cualquiera que sean las condiciones del material en contacto con el suelo, los factores de los que influirá la corrosión nos los dará siempre la fórmula última:

$$P = \alpha izt$$

para cuyo examen debe tenerse en cuenta que la corrosión se produce por corrientes vagabundas que a expensas de una d. d. p. salen de las masas metálicas en contacto con el suelo venciendo la resistencia opuesta por éste, para reintegrarse, en el caso más general, a los carriles de los tranvías.

Para una masa metálica, de metal determinado, colocada en un suelo de condiciones que no podemos variar a nuestro gusto, el equivalente electroquímico  $z$  será constante, como lo será también la resistencia del suelo, luego el peso de material depositado en un tiempo dado será función de  $i$  y de  $\alpha$ .

Lo que nos interesa pues primordialmente conocer es la intensidad de la corriente que produce la electrolisis, es decir, la que atraviesa el electrolito, en este caso el suelo. Cuanto mayor sea esta intensidad de corriente mayor será la corrosión en un tiempo determinado.

En segundo lugar, como ya hemos indicado, el valor de  $\alpha$  aumenta al disminuir la densidad de corriente de cuyo factor depende primordialmente, aunque no hay que olvidar que las corrosiones localizadas producen más rápidamente la corrosión y perforación de las tuberías que en el caso de ser una amplia zona aquella por donde sale la corriente; y al destruirlas, aun cuando sea en un punto localizado, exigen su reposición, de manera que si bien la eficiencia de la corrosión disminuye, una misma corriente saliendo de las masas metálicas subterráneas por un área pequeña puede ser más peligrosa que circulando por gran extensión y, por tanto, con toda probabilidad, con baja densidad de corriente. De todas maneras, siempre la densidad de corriente nos es necesaria para conocer el peligro de corrosión.

Estos son los dos factores de los que directamente depende el peso de metal disuelto en un tiempo dado, pero hay que tener en cuenta que la densidad  $i$  de la corriente está íntimamente ligada a otros dos: la resistencia del electrolito y la d. d. p. entre los electrodos. En general, las medidas que se realizan para determinar los peligros de corrosión, se reducen a determinar la intensidad de la corriente que circula por las masas me-

tálicas y la d. d. p. de estas respecto a elementos próximos y principalmente los carriles de tranvía, y se comprende que estos datos no son suficientes para conocer con exactitud la posibilidad de que pueda destruirse una masa metálica por las corrientes vagabundas; puede en efecto circular una corriente sensible por las tuberías y no existir corrosión por ser excesivamente débil la d. d. p., por el contrario una d. d. p. sensible aun con existencia de corriente en la masa metálica subterránea no originar corrosión si la resistencia del suelo es grande.

Interesa pues, para conocer con exactitud las condiciones del problema, estudiar la influencia de los siguientes factores:

- a) La conductibilidad del suelo.
- b) La diferencia de potencial.
- c) La corriente y su densidad.

Procederemos al estudio de cada uno de ellos, reuniendo los dos primeros en uno solo ya que lo que realmente nos interesa es el voltaje mínimo que necesitamos para producir la electrolisis.

#### Diferencias de potencial necesarias para la existencia de las corrientes vagabundas: tensión de polarización

Siendo el suelo un conductor electrolítico, la tensión necesaria para el paso de la corriente entre electrodos, tiene que estar compuesta de dos términos: la caída óhmica de tensión  $ir$ , dependiente de la resistencia del electrolito  $r$ , más la necesaria para hacer pasar al estado molecular los iones del baño, los elementos del ánodo al estado de iones, si este es soluble, y en general para suministrar la energía necesaria para todos los procedimientos químicos que en el seno del electrolito, junto a los electrodos, se realizan. Llamando  $e$  a esta *tensión de polarización*, podremos expresar la tensión del baño por:

$$E = ir + e$$

Para el cálculo de  $E$ , tendremos que conocer los dos sumandos de que depende, la resistencia óhmica  $r$  y la tensión  $e$ .

La resistencia  $r$  del suelo tratándose de un conductor esencialmente electrolítico, podremos calcularla por la fórmula de *Kohlraush*:

$$M = \frac{96540}{\Delta} \delta(u + v)$$

que nos da la conductibilidad de un electrolito colocado entre dos electrodos de  $1 \text{ cm}^2$  de superficie, distantes lo necesario para que el volumen comprendido contenga una molécula gramo de aquel, en función de la tensión  $\Delta$  empleada en el transporte de los iones, el grado de disociación  $\delta$  del electrolito y las velocidades de transporte  $u$  y  $v$  de los cationes y aniones.

La conductibilidad específica se obtendrá de ésta por la fórmula:

$$\gamma = \frac{M}{V} = MC$$

siendo  $V$  el volumen molecular y  $C$  el número de moléculas gramo contenidas en la unidad de volumen.

Esta fórmula nos muestra que la conductibilidad depende de la concentración y varía con la temperatura, es decir, la relación del crecimiento de conductibilidad para un crecimiento de un grado, a la conductibilidad total, oscila entre 0,02 y 0,023 para las soluciones diluídas de las sales. Estos valores de las conductibilidades de los electrolitos, así como los de  $u$ ,  $v$ , etc., pueden encontrarse para concentraciones y temperaturas diferentes en gran número de manuales<sup>(1)</sup>, que nos permiten conocer mediante un análisis del suelo cual será su resistencia  $r$ .

La resistencia del suelo ejerce una influencia poco marcada, en muchas ocasiones, en el fenómeno de la corrosión; las líneas de corriente se concentran en los electrodos limitando la sección de estos opuesta a su paso y aumentando así la resistencia efectiva del suelo que en los restantes puntos es muy escasa por ser su sección muy grande; esta resistencia habrá pues de depender en primer término del área del electrodo y esta será la que hará que realmente sea o no sensible la resistencia del suelo. Cuando la corriente escapa de los carriles o masas metálicas en longitudes considerables de estos elementos, la resistencia del suelo es un factor de muy escasa importancia, a menos que sus condiciones sean especiales ya que los suelos secos son muy malos conductores.

El factor más necesario para que el suelo sea conductor es que esté húmedo, y creciendo la conductibilidad con la temperatura los suelos serán mejores conductores en verano que en invierno. *Mc. Collum* y *Logan*<sup>(2)</sup> encontraron, en efecto, estudiando la resistencia del suelo de diversas poblaciones de los EE. UU., una resistencia mínima de 400  $\omega \times \text{cm}^3$  en San Luis para un suelo arcilloso con 26 % de humedad y en otro análogo de Washington con sólo 4 % de humedad, la resistencia alcanzó el valor de 234000  $\omega \times \text{cm}^3$ ; suelos idénticos alcanzaron valores varios millares de veces mayores cuando estaban secos que cuando estaban saturados de humedad. Observando la influencia de la temperatura encontraron también que a  $-18^\circ$  un suelo ofrecía una resistencia 2000 veces mayor que a  $18^\circ$ ; no debe olvidarse esta condición que nos indica la inoportunidad de rea-

lizar ensayos en períodos invernales de muy baja temperatura. Para suelos medios la resistencia puede tomarse entre 1000 y 5000  $\omega \times \text{cm}^3$ .

Se comprenderá la pequeña influencia de esta resistencia con un ligero cálculo. Una tubería de 15 cm. de diámetro, en la que, por ejemplo, la corriente la abandonara en una extensión de 200 metros, ofrecería a la salida de la corriente un área de 30000  $\text{cm}^2$ , considerando que la corriente sale de ella en un sector de unos  $250^\circ$ ; si el carril se encuentra a 30 cm. de distancia la resistencia total opuesta por un suelo medio de 1000  $\omega \times \text{cm}^3$  de resistencia será aproximadamente de 0,5  $\omega$ , lo que nos dará una caída de tensión por resistencia óhmica igual a la mitad del número de amperios que atraviesan el electrolito.

Sin embargo, este cálculo no nos da con exactitud la resistencia real opuesta al paso de la corriente, la tubería o carril del que se escapan las corrientes vagabundas ha de considerarse como un conductor rodeado de un aislante, y las corrientes se propagarán por el suelo siguiendo líneas de corriente semejantes a las magnéticas del campo de un electro-imán. Teniendo en cuenta esto *Michalke*<sup>(1)</sup> da para valor de la resistencia del suelo:

$$r = \frac{1}{2\pi\lambda l} \log_e \frac{\sqrt{(a+d_1)(a+d_2)} - \sqrt{a(a+d_1+d_2)}}{\sqrt{(a+d_1)(a+d_2)} - \sqrt{a(a+d_1+d_2)}}$$

basándole en la consideración de un conducto de diámetro  $d_1$  cuya sección sea poco diferente de la que tiene el carril y siendo  $d_2$  el diámetro del conducto considerado,  $a$  su distancia al carril,  $\lambda$  la conductibilidad del suelo y  $l$  la longitud que se considere.

Para las aplicaciones prácticas es sin embargo preferible determinar directamente, mediante un ensayo, la conductibilidad del suelo y utilizando la fórmula de *Michalke* deducir cuál será la resistencia óhmica del camino por el suelo de las corrientes vagabundas. Si conocemos la intensidad  $i$  de la corriente que circula por él, determinaremos fácilmente la caída de tensión  $ri$  debida al efecto *Joule*.

Pero como ya hemos dicho en muchas ocasiones, para distancias cortas entre carriles y conductos y suelo húmedo, es de más interés conocer la tensión de polarización que tiene una importancia más señalada que la resistencia óhmica.

VÍCTOR DE BUEN.

(1) Véase, p. ej., «Memento du Chimiste» Dunod, Paris 1927.

(2) Loc. cit.

(1) Elektrotechnische Zeitschrift, 7 enero 1926, T. XLVII, p. 5-10.

(Continuará)

# SEMI-ACERO

por JOAQUÍN FERRER

(Continuación) (Véase el número de marzo)

## Fusión en el cubilote

Teniendo a la vez fundición ordinaria y acero, la técnica de la fusión del semiacero, deriva de la de éstos dos metales. Da lugar a las dificultades particulares de ejecución análogas aunque muy atenuadas a las que se encuentran en la fusión del acero.

La temperatura de fusión debe ser más elevada, o sea alrededor de 1,450°.

Es necesario que el cubilote tenga una altura desde el suelo a la boca de carga, superior a la generalmente admitida como suficiente, en un cubilote destinado a la fusión de la fundición ordinaria.

Para fijar las ideas, se admite generalmente que la altura del suelo a la boca de carga, debe ser igual a seis veces el diámetro del solero. Cualquier otra complicación debe ser desechada.

Las toberas deben ser rectangulares, anchas y poco altas, con el fin de no aumentar la oxidación ya de por sí muy importante del metal; tendrán pronunciada inclinación hacia el interior, siendo su sección total aproximadamente igual a  $\frac{1}{4}$  de la sección del cubilote en el plano de dichas toberas, y esta sección variará entre 130 y 150 cm<sup>2</sup> por cien kilos de semiacero fundido en una hora.

La producción horaria debe variar con la importancia de la fabricación. Los cubilotes que funden de 2 y  $\frac{1}{2}$  a 4 toneladas por hora, son los más generalmente empleados.

Se tendrá cuidado que el revestimiento interno no se funda o estropee con facilidad, y si las fusiones son cotidianas, precisan por lo menos dos cubilotes para cuidarle escrupulosamente.

Las cargas deben efectuarse metódicamente repartiéndolas con regularidad primero el acero sobre el lecho de cok, luego el lingote y por último, la chatarra de fundición.

No precisa decir, que por razón de ser el punto de fusión más elevado, el cok debe de ser de excelente calidad y tiene que emplearse en abundancia, no debiéndose admirar de consumir un 15 % y más, sin contar el empleado para el encendido.

El peso de las cargas se calculará, como de ordinario, en función del diámetro del cubilote y de la calidad de cok a emplear, pero téngase en cuenta que la altura del lecho de cok debe ser invariablemente de 17 a 18 cm. en la zona de fusión.

El viento se inyectará a una presión de 35 a 40 cm. de columna de agua.

El antecrisol da excelentes resultados con la condición de que esté racionalmente instalado para no disminuir la temperatura del baño de fundición,

y con este fin, no tan sólo debe estar seco antes de empezar la operación de fundir, sino que es prudente calentarle muy fuertemente hasta llevarle al rojo.

Dada la facilidad con que puede obturarse la canal que une el antecrisol con el cubilote, debido a las escorias que quedan agarradas en sus paredes, es necesario prever una abertura, al construir aquél, colocada precisamente enfrente de la canal y en la prolongación de su eje para destaponarla con facilidad por el habitual procedimiento del pinchado con una barra de hierro si este inconveniente llega a producirse.

Por último, es útil dar al antecrisol una capacidad en peso, que sea un múltiplo del peso de las cargas introducidas en el cubilote para que contando el número de coladas verificadas, se pueda saber exactamente en cualquier momento cuál es la carga que se encuentra en él.

Para tener en cuenta el retardo de la fusión del acero con relación a la fundición, es de uso corriente aumentar al principio de la fusión, en un 10 % el tanto por ciento de acero y lingotar la primera o, mejor aún, las dos primeras cargas; estos lingotes, juiciosamente empleados en las coladas siguientes, pueden dar más homogeneidad al metal.

Esto conduce a abordar una cuestión primordial en la fabricación de las fundiciones aceradas; la necesidad de conocer no solamente la composición química del lecho de fusión, sino que también determinar en cualquier momento si realmente se funde semiacero o fundición ordinaria y el grado de aceramiento de la mezcla.

Un procedimiento tan simple como práctico, permite obtener casi instantáneamente en el transcurso de la fusión este dato, y consiste en poder fundir sobre la pared fría metálica una probeta de sección rectangular o trapezoidal, teniendo entonces como bases aproximadamente 5 y 12 milímetros y una altura de unos 75 mm. colocando la base menor sobre la pared fría. Se preparan así varias probetas en moldes espaciados convenientemente secados y dispuestos cerca del cubilote.

Un ensayo de la fundición, se verifica en cada colada con la ayuda de una pequeña cuchara de mano, especial. Se funden dos o tres probetas, se sumergen en agua y se las rompe buscando que la fractura esté por la cara aplicada sobre la coquilla metálica (esta parte de la probeta se encuentra templada). Este temple será de 1 a 2 milímetros en la fundición corriente, aumentando a medida que la fundición sea más acerada de un modo proporcional, pudiendo llegar hasta 20 ó 25 mm.

Después de varios ensayos, el fundidor llega a

determinar por comparación con una aproximación suficiente, la cantidad de acero que contiene la fundición que sale del cubilote. Podrá también con bastante facilidad y exactitud prescribir la colada de tal o cual molde y modificar la composición del lecho de fusión a tenor de lo que le indique la altura de temple de las probetas.

El antecrisol bien construído es recomendable pero no preciso; si está mal construído, perjudica más que favorece.

Para presentar algún interés precisa, como decimos antes, ser calentado hasta llevarlo al rojo antes de la fundición por medio de cok al cual se le hace llegar aire inyectado.

Otro medio excelente de calentamiento, es hacerle comunicar con el cubilote por medio de una abertura a la cual llegan los productos de la combustión.

En caso de colocar antecrisol, las toberas deben estar evidentemente muy bajas, consiguiéndose una economía en el cok de encendido del cubilote.

La calidad del revestimiento refractario, tiene una gran influencia sobre la calidad del metal fundido, especialmente bajo el punto de vista de las sopladuras. De todos modos es algo difícil dar indicaciones precisas sobre esta cuestión, pues es muy compleja, a causa de la gran variedad de productos refractarios. No es raro encontrar productos que se desgastan con una gran rapidez, mientras que otros resisten mucho tiempo.

Debe llevarse a cabo la operación de fundir, lo más rápidamente posible, con el fin de que el metal libre de impurezas por la fluidez del acero, esté el menor tiempo posible en el cubilote, pues se recarburará y se cargará otra vez de impurezas.

El conseguir una temperatura elevada, debe ser el objeto de todas las precauciones deseadas en la elección del cok, sus proporciones y modo de cargarlo, así como la regularización del viento.

La fundición, por perfecta que sea su composición química, no será resistente, si no ha sido obtenida a alta temperatura y colada también a temperatura alta. Siendo por definición el semiacero poco carburado, se vuelve rápidamente pastosa e impropia para fundir desde el momento que su temperatura baja, por lo que es indispensable fundir cuando esté extremadamente caliente.

### Composición de las cargas

NATURALEZA DEL ACERO A EMPLEAR. — El mejor acero a emplear es el acero dulce, sobre todo en forma de chapas, teniendo a lo más 35 mm. de espesor, en trozos de dimensiones medias. Es prudente evitar trozos que ocupen todo el diámetro del cubilote. Algunos fundidores pensaron que el acero a elevada cantidad en carbono, era preferible a causa de su punto de fusión más bajo, pero no es ventajoso tener el acero carburado antes de estar próximos al punto de fusión, pues sería lo mismo que si se fundieran fundiciones blancas y grises.

Las virutas de torno no deben emplearse más

que como briquetas comprimidas, por lo que la superficie considerable que presentan a la acción del gas caliente, las expone a una oxidación muy pronunciada. Además, se sulfuran muy fácilmente.

Otro inconveniente de emplear acero carburado, es que la carburación prematura tiende a hacer pasar el carbono al estado combinado en el producto final, lo que aumenta la tendencia al temple.

FUNDICIÓN EMPLEADA. — En la fundición gris empleada, el carbono combinado, no debe pasar de 3,5 %. Se pueden utilizar fundiciones con 2,25 % si la cantidad de manganeso es bastante elevada. La fundición a viento frío, tampoco es ventajosa.

El manganeso es un elemento importante y la carga debe de contener una fuerte proporción. Con 0,75 a 1 % son más limpias, sanas, más fáciles a trabajar y se pulen mejor. No es ventajoso agregarlo al estado de ferromanganeso, siendo preferible emplear un «spiegel» de poca riqueza y relativamente barato.

LAS CARGAS. — Para realizar la composición química requerida, con antelación, es indispensable calcular el lecho de fusión según los resultados del análisis de cada uno de los componentes que forman la carga.

Es necesario pedir y medir: fundición, chatarra, lingote, acero, fundentes y la cantidad de aire inyectado.

Las cargas deben ser igualmente proporcionales a la sección del cubilote, debiendo formar una capa del diámetro total del cubilote y siempre de modo que recubra por completo la carga precedente, dejando a la vez el aparato funcionar con facilidad.

De datos experimentales, resulta que un lecho de fusión medio de fundición acerada, puede estar constituido de este modo:

Fundición hematites	40 %
Residuos y lingote de semiacero	40 %
Acero dulce o semi duro	20 %

lo que da teniendo en cuenta el acero contenido en los residuos y lingotes acerados un 28 % de acero en el lecho de fusión.

Otra mezcla para semiacero, puede ser la siguiente:

Trozos de acero	25 %
Lingote de 1ª clase	15 %
Fundición fosforosa	20 %
» siliciosa	40 %

si bien esta fundición es alta en silicio.

Un medio práctico de calcular la mezcla, es el siguiente:

	%	Si % en las cargas		Si % en la mezcla
Fundición siliciosa	40	3,10	× 0,40	= 1,24
» alta en fósforo	20	2,30	× 0,20	= 0,46
Lingote 1ª clase	15	2,00	× 0,15	= 0,30
Trozos de acero	25	0,04	× 0,25	= 0,01
Silicio total en la mezcla				2,01

Así se calcularían los demás elementos.

En general el silicio y el fósforo aportados por el acero, no se tienen en cuenta en el cálculo.

Sabemos que el cubilote recarburado y en una proporción tanto mayor cuanto menos carbono total hay a la entrada, y que es necesario contar con una pérdida variable en silicio y manganeso, por oxidación.

Estas variaciones, dependen: de la inyección de aire; de la rapidez de fusión y del cubilote en sí mismo. Es pues indispensable que el fundidor determine el coeficiente de recarburación de cada uno de sus cubilotes y anotar la pérdida media que él encuentra habitualmente en los porcentajes de silicio y manganeso.

Hasta que estas determinaciones se hayan efectuado, se podrá calcular:

Recarburación	8 a 10 % aproximadamente
Pérdida en Si y Mn	10 a 15 % »

También debe tenerse en cuenta que los respiros y bebederos, son más sulfurosos que la media de la mezcla. En razón de la importancia de estos bebederos, en las cargas, importa tener cuidado al establecer el lecho de fusión, considerando que el azufre del producto final no debe tener más de 0,08 %. Además estos residuos deben generalmente regenerarse en silicio en proporción de su oxidación y adicionarles una cantidad de acero, en razón de su recarburación.

El ferrosilicio y el ferromanganeso de preferencia de poca riqueza, agregados por la boca de carga, serán los correctivos usuales.

La oxidación de la fundición acerada, es importante en la fusión con el cubilote. Se desoxidará con la ayuda de aluminio en polvo echado en la cuchara durante la colada en la proporción de 1/10.000 del peso de la fundición.

En otro lugar decimos que las cargas deben verificarse así: primero el cok, luego el acero, después la fundición. Esto ha sido motivo de controversia, y en la actualidad hay quien lo combate, fundándose en que el acero fúndese antes que la fundición y no puede recarburarse bien, y proponen colocar en la primera carga los trozos de acero sobre el cok y luego la fundición; luego otra capa de cok, y para las cargas siguientes se pone la fundición sobre el carbón y luego el acero.

Hay quien cree que no es necesario ningún fundente en el semiacero. Al contrario, es ventajoso tener proporciones elevadas de fundente para purificar el metal de su escoria. El punto capital en la composición de la fundición acerada es el tanto por ciento de carbono total y la proporción de carbono combinado. En las piezas corrientes, el carbono puede variar de 3 a 3½ %; en las destinadas a estar en contacto del vapor recalentado, no debe pasar de 3 %, y aún es mejor quedarse en 2,8-2,9 %. Si el carbono total escasea, las piezas tienen tendencia a templar y a ser más duras. Precisa un valor determinado para la suma carbono total y silicio, valor que varía según el tamaño de las piezas. Cuando el espesor de sus paredes es de 60 a 75 mm., esta suma debe variar

de 4-4,2 %. Con 25 a 50 mm. de espesor, varía de 4,1-4,3 %, y para piezas delgadas (12 a 15 mm.) debe estar próximo a 4,5 %.

Para todas aquellas inferiores a 12 mm. la suma debe ser aproximadamente igual a 4,5.

Es prudente hacer resaltar la necesidad de emplear un buen cok, de pocas cenizas.

El encendido del cubilote se hace como de costumbre, a excepción que el antecrisol o la cuchara basculante colocadas delante del cubilote, deben ser más enérgicamente calentadas antes de dar el viento.

El encendido debe verificarse lentamente 2 ó 3 horas antes de dar el viento, para que el cok arda en toda su masa y el secado del material refractario del cubilote no sea excesivamente rápido.

El cok bien encendido, debe estar a una altura de 450 a 600 mm. por encima del nivel de las toberas, sea cual fuere el diámetro del cubilote. De todos modos la altura adecuada se determinará por experiencia como se indicará más lejos.

La caliza a emplear varía naturalmente en cada caso, pero como punto de partida puede emplearse de 2 a 3 % del peso de la fundición.

El viento debe darse cuando el cubilote esté cargado.

Para determinar la importancia de las cargas, se opera como sigue: se hace un anillo de 10 centímetros de altura y del diámetro interior del cubilote empleando los mismos ladrillos de la garnición del cubilote o cualquier otro medio; se llena éste de cok y se pesa: ésta es la carga de cok.

Multiplicando este peso por un coeficiente variable, con los coks se obtiene la carga de semiacero. Alguien aconseja el coeficiente 10, es decir, fundir con 10 % de cok, por creer es una cifra que se aproxima mucho a la verdad e induce a que ningún fundidor se aleje mucho de esta cifra si no es con una gran prudencia, pues según dice, al contrario de lo que la inmensa mayoría cree, un aumento de cok no aumenta ni la velocidad de fusión, ni la temperatura del semiacero.

Punto importante es obtener que la fusión tenga lugar siempre al mismo nivel sobre una altura reducida. Si observando el cubilote entre dos fusiones se percibe que el revestimiento es atacado sobre alturas que varían de 150 a 200 mm., es que la zona de fusión ha variado y es necesario poner el remedio con gran cuidado, pues es el índice de una mala marcha.

La zona de fusión, ante todo debe estar bien situada desde un principio: un índice seguro, es contar el tiempo comprendido entre el principio de la inyección de aire y la salida del primer chorro de fundición. La fundición debe aparecer por la canal, en cantidad suficiente para ser lingotada al cabo de 8 ó 10 minutos de haber puesto en marcha el ventilador.

Si aparece antes de 8 minutos, el lecho de fusión es demasiado bajo y toda la marcha será fría, hasta que una carga de cok más grande la cambia.

Si aparece después de 10 minutos, el lecho

está excesivamente alto y la fundición estando lejos de la parte más calurosa, tampoco saldrá caliente; además, el óxido de carbono se forma en la parte superior del lecho, sin beneficio para nadie.

El calentamiento ideal de un cubilote, sería aquel en que las cargas ardieran en el momento mismo de llegar al lecho de fusión y un cubilote en que el cok está al rojo hasta la boca de carga, marcha deplorablemente. Hay gente en abundancia, que están convencidos de lo contrario.

Para conseguir lo que antecede, un medio simple consiste en mojar el cok de las cargas que siguen al de encendido, el cual debe realizarse con cok seco, pero antes debe pesarse para saber la cantidad que necesita cada carga.

### De la colada

La producción de una mezcla homogénea de fundición y de acero parece no haberse conseguido nunca. El acero se une de tal modo a la fundición, que algunas veces al ser trabajadas piezas fundidas con este metal, se encuentran puntos duros y partes grises completamente.

Es preciso, por lo tanto, alguna precaución para evitar este daño, siendo el mejor remedio recoger el metal con un mezclador o en una gran cuchara para agitar el metal con una barra de hierro. Por este procedimiento, puede llegarse a un grado de homogeneidad que no se consigue si las piezas se hubieran colocado directamente del cubilote.

Para la colada de piezas pequeñas, el metal deberá estar recubierto de polvo para conservar su fluidez.

Es preciso verificar la colada con el metal muy caliente, pero debe esperarse a que el baño de fundición haya cesado de trabajar, sobre todo si se le ha echado un desoxidante.

El semiacero al salir del cubilote se presenta como si tuviese una muy alta temperatura, con un color vivo que se aproxima al del acero Thomas líquido. Esta alta temperatura, no es en realidad más que una apariencia, a causa de su color.

Esta falta de fluidez, por lo que, como decimos antes, debe fundirse a elevada temperatura para llenar por completo el molde y evitar los poros, pues pronto se vuelve pastoso si se tarda en la colada. En cambio, si el metal está muy caliente, se tendrá partes de las piezas de grano grueso y partes de grano mediano.

Si se funde muy lento, se endurece el metal y se trabaja por lo tanto mal.

### De los moldes y moldeo

Al elegir los métodos de moldeo y las materias que entran en la confección del molde, se debe tener en cuenta:

La temperatura elevada de la fundición en el momento de la colada.

Su solidificación rápida.

Su contracción más considerable que la de la fundición ordinaria.

Se utilizarán, pues, arenas más refractarias de grano grueso para tener más porosidad y se darán más aires.

Siempre que la pieza lo permita, deberá fundirse vertical, con abundantes y gruesos bebederos y numerosos aires, ya sea en cascada, lluvia o en, sifón.

La elección del modo de moldeo, dependerá necesariamente de las condiciones de la pieza, siendo imposible hacer un estudio en un trabajo de esta índole.

Los moldes deben secarse, y para evitar los efectos de la contracción (que en fundiciones muy aceradas puede llegar a 2 mm. por metro), y a fin de regularizar el enfriamiento, debe hacerse uso de enfriadores en las partes macizas y emplear arenas con polvo de cok ( $\frac{1}{3}$  de cok en volumen) en las partes delgadas.

También deben pintarse muy poco los moldes; para ello da buenos resultados el petróleo y la parafina.

Una fundición deberá tener como anexo un laboratorio de análisis químicos, permitiendo efectuar los principales análisis que interesan al fundidor: fundición, arenas, cok, calizas, etc.

Este laboratorio es indispensable en una fundición que obtiene semiacero que ha de producir un metal que responda a condiciones completamente definidas. Los lotes de fundiciones y aceros empleados, deben analizarse, así como las piezas obtenidas.

Deberá tener para la determinación de las características mecánicas, los aparatos actualmente obligatorios de ensayos a la tracción y al choque, completados con los ensayos a la dureza.

Día vendrá que estos aparatos sean sustituidos por las máquinas que permiten los ensayos más racionales a la flexión y al cizallamiento, cuando las condiciones de carga actualmente en rigor en todas las fundiciones, se modifiquen.

Una instalación metalográfica, que permite el estudio de la estructura interna del metal, tan importante a conocer para la determinación de sus cualidades físicas, será el complemento de una fundición que no quiera trabajar a ciegas.

### BIBLIOGRAFIA

- «La fonte aciérée et ses applications», par M. Cury. - La Fonderie Moderne. - Abril 1924. Traducida por J. M. España en «Ingeniería y construcción», pág. 153, año 1925.
- «La fonte aciérée». - Fonderie Moderne, pág. 222. Septiembre de 1924.
- «Les caractéristiques mécaniques des fontes spéciales», par J. Varlet. - Fonderie Moderne. - Marzo 1925.
- «Traite pratique de fonderie», par Lelong et Mairy, página 221.
- «Les cubilots Americaines», par Aubié, pág. 141 y 192.
- «Sur la fonte aciérée», par Kalinnikoff. Extraits de la Revue de Métallurgie, pág. 666, año 1922.
- «La fonte aciérée», par Prache. Memoires de la Revue de Métallurgie, pág. 1, año 1922.
- «Microstructures des fontes aciérées», par A. Portevin. Memoires de la Revue de Métallurgie, pág. 227, año 1922.

# CRÓNICA DE LA AGRUPACIÓN

En virtud de las elecciones verificadas el día 15 del pasado marzo, la Junta Directiva, la Comisión de Publicaciones y las Comisiones Permanentes de las Secciones de nuestra Agrupación, han quedado constituidas tal como a continuación se indica:

## Junta Directiva para el ejercicio 1928-1929

Presidente	D. Fernando Fabra Puig, Marqués de Alella
Vicepresidente I	D. Arturo Sedó Guichard
Vicepresidente II	D. Enrique Baixeras Felip
Contador	D. Eugenio Escriche Mantilla
Tesorero	D. Pedro Vallcorba Sánchez
Bibliotecario	D. Ildefonso Torrents Esteva
Secretario	D. Ramón Casanovas Degollada
Vicesecretario I	D. Guillermo Aris García
Vicesecretario II	D. José Ferrer-Vidal Llauredó
	D. Francisco Vives Pons
	D. Mariano M <sup>a</sup> Montobbio Villavecchia
	D. Melchor Calonge Costa
	D. Manuel Lozoya Janer
	D. Juan Sitjes Castells
Vocales	D. José Ortega Ayani
	D. Jorge de Miquel Almirall
	D. Antonio Ferrán Degrie
	D. Enrique Posa Vilarasau
	D. Julio Nogués Caiz
	D. Isabelino Lana Sarrate
	D. Manuel Rodríguez Gutiérrez

## Comisión de Publicaciones

Presidente	D. Fernando Fabra Puig, Marqués de Alella
Secretario	D. José Ferrer-Vidal Llauredó
	D. José Cañameras Gonzalo
	D. Melchor Marcer Torrella
	D. Ildefonso Torrents Esteva
	D. José M <sup>a</sup> Bordas de Ferrer
	D. Isabelino Lana Sarrate
	D. Manuel Escudé Molist

## Comisiones Permanentes de las «Secciones»

### Sección de Mecánica:

Presidente	D. Jorge de Miquel Almirall
Secretario	(Vacante)
Vocal	D. Gonzalo Ceballos Pradas
Id.	D. Juan Oliva Bonastre
Id.	D. Franc <sup>o</sup> J. Almirall Castells
Delegado en la Comisión de Publicaciones	D. José Cañameras Gonzalo

### Sección de Química-Metalurgia:

Presidente	D. Antonio Ferrán Degrie
Secretario	D. Rafael Garriga Roca

Vocal	D. José Xifreda Morros
Id.	D. Melchor Marcer Torrella
Id.	D. Antonio Oliart Raurich
Delegado en la C. P.	D. Melchor Marcer Torrella

### Sección de Electricidad:

Presidente	D. Enrique Posa Vilarasau
Secretario	D. Blas Sandoval Campderá
Vocal	D. José M <sup>a</sup> Grau Cuadrada
Id.	D. Juan Rosich Rubiera
Id.	D. Miguel Casacuberta Bofill
Delegado en la C. P.	D. Ildefonso Torrents Esteva

### Sección de Construcciones y Ferrocarriles:

Presidente	D. Julio Nogués Caiz
Secretario	D. Emilio de Fortuny Bordas
Vocal	D. Antonio Salazar Pérez
Id.	D. José R-Roda Casanovas
Id.	D. Juan Deulofeu Arquer
Delegado en la C. P.	D. José M <sup>a</sup> Bordas de Ferrer

### Sección de Enseñanza, Economía e Higiene Industrial:

Presidente	D. Isabelino Lana Sarrate
Secretario	D. Juan Masó Bulbena
Vocal	D. Luis Soucheiron Bataller
Id.	D. José M <sup>a</sup> Febrer Carbó
Id.	D. Juan Corominas Prats
Delegado en la C. P.	D. Isabelino Lana Sarrate

### Sección de Acción Social:

Presidente	D. M. Rodríguez Gutiérrez
Secretario	D. Manuel Vilaplana Pagés
Vocal	D. José Salvañs Bassas
Id.	D. Santiago Puig Janer
Id.	D. Manuel Vidal Folquet
Delegado en la C. P.	D. Manuel Escudé Molist

### Días de celebración de las reuniones ordinarias mensuales

<i>Mecánica</i>	Primer miércoles de cada mes
<i>Química</i>	Segundo miércoles de cada mes
<i>Electricidad</i>	El día 15
<i>Construcciones</i>	Tercer miércoles de cada mes
<i>Enseñanza</i>	Primer lunes de cada mes
<i>Acción Social</i>	Primer martes de cada mes

Las «Secciones» se reúnen a las siete y cuarto de la tarde.

o o o

## Bernardo Puig Busco

A una edad algo avanzada, pero cuando todavía podían esperarse nuevos frutos de su asiduidad e inteligencia, ha fallecido en esta Ciudad el ilustre compañero cuyo nombre encabeza estas líneas. Su

actuación como ingeniero, menos conocida del público y hasta del público técnico, de lo que merece, está ligada con el desarrollo de los ferrocarriles durante medio siglo, desde que terminó su carrera, en 1881, hasta la fecha.

La construcción del Ferrocarril de San Feliu de Guixols a Gerona, que llevó a cabo por completo, después de ocupar algunos años un cargo subalterno en la sección de Vía y Obras de la Compañía del Norte, dieron ocasión a nuestro compañero para demostrar sus múltiples conocimientos y más especialmente el espíritu de originalidad y análisis reflexivo que ponía en todos sus trabajos. En un ramo como el de ferrocarriles donde los espíritus rutinarios tienen tantas facilidades para encontrar patrones hechos de todo género, Puig demostró continuamente su independencia de carácter, estudiando de por sí las soluciones más convenientes para cada caso que se le presentaba. Una prueba brillante de ello, además del éxito de las obras, lo fué la «Nota relativa a las condiciones y capacidad de resistencia de las vías estrechas y especialmente de la de 0'750 metros», que publicó en nuestra Revista en 1895, y que llamó la atención de los técnicos extranjeros hasta el punto de ser traducida al alemán y publicada en el «Zeitschrift für Eisenbahnen und Dampfschiffart».

No mencionaremos aquí los demás trabajos que vieron la luz en la Revista de esta Asociación debidos a la pluma de Puig, como tampoco hemos de entretenernos describiendo sus diversas ocupaciones, algunas bien distanciadas de los ferrocarriles. Tales fueron, por ejemplo, sus trabajos como Ingeniero en la Forestal de Urgel que le dieron ocasión para inventar un nuevo procedimiento para la desincrustación de los tejidos vegetales, fundado en la circulación metódica de una solución saturada de hidrato de cal.

La construcción, vuelto a la Compañía del Norte, de la doble vía de Barcelona a Manresa, sus trabajos en los Ferrocarriles Catalanes, en el Ferrocarril de Manresa a Berga y últimamente en el Nordeste de España, constituyen un ejemplo de actividad variada, que no le impedía dedicarse en ocasiones a asuntos independientes del trabajo cotidiano. Así, los que fuimos sus amigos, tuvimos ocasión de oír de sus labios sus proyectos, por desgracia bosquejados, sobre la elevación directa de aguas por la fuerza de la explosión del gas, con anterioridad a la aparición en el extranjero de la bomba «Humphrey», prueba evidente de que había abordado por sí sólo un problema nuevo que llegó a tener una efectividad práctica.

Mas donde la iniciativa y el espíritu de inventiva del malogrado compañero culminaron fué en la interesante cuestión de la diferencia de galgas de vía normal, que causa a nuestro país un bárbaro aislamiento, cuestión sobre la cual ya había publicado en 1912 en nuestra Revista un trabajo importante titulado «Ruptura de carga en la frontera», seguido más tarde de su memoria de ingreso en la Real Aca-

demia de Ciencias y Artes «El problema del aislamiento ferroviario de la Península Ibérica».

En este terreno, Puig era un ardiente partidario de la normalización europea de la vía española numerosas razones en pro de esta reforma, que, a y en su conversación siempre documentada, aducía pesar de su elevadísimo coste, es un asunto que no pierde actualidad y que seguramente se reproducirá muy a menudo en épocas futuras. Ya que por de pronto esta reforma parecía imposible de ser abordada de un modo completo (y que las soluciones aisladas no pueden conducir más que a estorbos), la adopción de un tipo de vagón transmisible, que nuestro compañero estudió con gran cariño e hizo construir en Francia, constituía un medio provisional, pero de gran eficacia para solventar temporalmente el problema.

No recordamos en este momento si el vagón transmisible de Puig ha sido publicado en esta Revista, aunque figura en varias otras publicaciones, entre ellas la Memoria de la Real Academia antes citada; lo que sí podemos afirmar es que, a nuestro juicio, constituye por ahora la mejor solución ideada para salvar los inconvenientes de la ruptura de carga en la frontera. El sistema «Breidsprecher» patentado en 1897 en Alemania y aplicado en la frontera ruso-alemana y más tarde en Irún, tiene el grave inconveniente de que la simple sustitución de los ejes conservando la distancia entre manguetas, hace que al estrecharse las ruedas para pasar a la vía francesa, sea necesario emplear un eje especial muy pesado o reducir la carga fuera de los límites prácticos. En cambio, el sistema Puig en el cual se cambian a la vez los ejes y las cajas de grasa, adoptando dos juegos de resortes, a fin de que las condiciones de flexión del eje sean las mismas en la vía francesa que en la española, es un acierto superior al sistema «Breidsprecher» y sobre todo incomparablemente mejor que otras disposiciones, que no creemos hayan pasado del papel, fundadas en ruedas desplazables sobre el eje y otras diabluras completamente incompatibles con el trabajo a sacudidas de un eje de vagón.

Desgraciadamente para el inventor y, debemos añadir, para el comercio exterior de España, el único vagón transmisible de este tipo que existe no ha pasado que sepamos la frontera. No es esta la ocasión de indagar la causa; en cambio no dudamos de que con el tiempo, cuando ya esté caducada sobradamente la patente, hemos de ver aplicado el sistema, a menos que una transformación radical de nuestra vida nos sacara en breves años de nuestro bárbaro aislamiento.

Quizás nos hemos extendido demasiado sobre este asunto tratando como tratábamos de hacer solamente un artículo necrológico. Mas los que hemos tratado durante muchos años a Puig en la intimidad, los que hemos seguido sus pasos en su actuación técnica, recordaremos siempre a nuestro amigo como vinculado al estudio de una cuestión que tiene vital interés para nuestra Península,

Su vida, consagrada a esta y otras nobles actividades, no ha tenido quizás la recompensa material que hubiera debido tener. Pero los que nos honramos con su amistad guardaremos perennemente un grato recuerdo del compañero estudioso, del téc-

nico sin igual, que consagró gran parte de su vida a procurar el engrandecimiento de su país con tanta inteligencia como altruismo.

José Serrat y Bonastre

## BIBLIOGRAFIA

*Cables Telephoniques pour longues distances*, par. A. Engelhardt, Docteur Ingenieur.—Traduit de l'allemand sous la direction de l'auteur, par MMlles. H. Voiturni, Ingenieur E. S. M. E., et N. Beresowski-Chestov, Licenciée et sciences, Ingenieur E. S. E.—Librairie Polytechnique Ch. Bé-ranger. Paris.

Esta obra, escrita especialmente para los empleados de las grandes Compañías de Teléfonos y de Ferrocarriles, como también para los ingenieros dedicados a esta clase de estudios, en la cuestión, alguna vez difícil, relativa a la telefonía a largas distancias.

En ella no se ha empleado el estudio de matemáticas superiores, para lograr que esté al alcance del mayor número posible de lectores; por consiguiente, se ha renunciado a dar ciertas demostraciones.

En el capítulo I y II se describen las líneas Kramp, estableciendo las leyes principales que rigen las corrientes y las tensiones en estas líneas; en los capítulos III al XI se trata de los progresos realizados durante los diez últimos años en el dominio de las líneas telefónicas a largas distancias, como asimismo las cuestiones relativas a los amplificadores para corrientes telefónicas que ha hecho posible el establecimiento de redes mundiales, todo lo cual se estudia en los capítulos del VII al XI.

En los capítulos V, VI, VIII, X y XI se demuestra como gracias a la perfección de la técnica moderna se ha llegado a vencer dificultades que hace muy poco tiempo parecían invencibles.

Con lo anteriormente indicado, se ve la utilidad de dicha obra para todos aquellos ingenieros que se dediquen a dichos estudios.

J. Ma B. DE F.

• • •

*Electricidad aplicada*, por A. F. de Losada y Taboana.—Barcelona, Feliu y Susanna, 1921.

Se trata de un libro dedicado a los Ingenieros proyectistas que proyectan para vender, con miras a la formación comercial del Ingeniero. Tratándose del señor Losada, se comprende que la obra que nos ocupa no sea un tratado más de Electricidad aplicada, sino que en ella aparece algo nuevo y original, fruto de la larga experiencia comercial del autor.

Hemos dicho que el señor Losada dedica la obra a los que proyectan para vender, pero nosotros añadiremos que prestará excelente servicio

a los que proyectan para comprar, pues el Ingeniero que sin dedicarse de lleno a la especialidad eléctrica tenga de proyectar o contratar una instalación, encontrará en la obra del señor Losada abundante y metodizado material para llevar a cabo su gestión con garantía de acierto.

• • •

*La pratique des machines frigorifiques, analyse et fonctionnement*, par G. Vassogne.—Paris et Liège. Ch. Beranger, 1928.

En la literatura frigorista no faltan, por cierto, obras técnicas de mérito, pero no abundan los textos interesantes para aquellos que sin poseer una preparación científica superior posean un legítimo deseo de instruirse en dicha materia, permitiéndoles iniciarse en este ramo de la técnica.

Mr. Vassogne ha logrado algo definitivo en este aspecto. Su obra, que es resultado de sus observaciones e investigaciones personales, va dedicada a contra maestres y mecánicos frigoristas, cumpliendo el objetivo de indicar los medios prácticos para proceder al reconocimiento o análisis de una instalación sacando de la misma el mejor partido posible. Con lo expuesto se comprenderá cómo no han de faltar en el tratado que nos ocupa, abundantes datos prácticos, a la par que las cuestiones de carácter científico están desarrolladas con una didáctica apropiada a los lectores.

La obra interesa también a los Ingenieros, pues hay temas, como el de los aislantes, tratados con tanta minuciosidad y abundancia de tablas y coeficientes, que los hacen altamente estimables para los técnicos frigoristas de cultura superior.

Nuestra enhorabuena a la casa Bé-ranger por el servicio prestado a la literatura técnica, rogándole transmita al autor el homenaje de nuestra consideración y estima por su meritoria labor técnica y didáctica.

• • •

*Tratado Práctico de Química Analítica*, por D. Manuel Abbad.—Dos volúmenes de 247 y 477 páginas, editado por Librería y Editorial Rubiños. Madrid, 1928.

El autor escribió esta obra conjuntamente con otros trabajos propios de su profesión como Ingeniero, dirigiendo y explotando Minas, estableciendo y propagando Industrias nuevas, y consagrando la mayor y más fecunda parte de su tiempo al trabajo del Análisis Químico, que tan variado en

sus aspectos y problemas se presenta a la labor continua en el Laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Minas, de la cual es profesor.

El autor ha dado exclusiva preponderancia a la parte práctica, y como si dijéramos clásica, sin que por ello falten apreciaciones de orden teórico, de mucho alcance y enteramente originales, como interpretación de reacciones complicadas, base de procedimientos analíticos de constante uso e insuficientemente explicados, los ha descrito, ilustrándolos con pormenores interesantes, que su personal práctica de los mismos le ha demostrado, y han de ser de suma utilidad a quien los use, no separándose de las normas trazadas con claridad meridiana y fines altamente docentes.

En esta obra ha logrado dar mayor amplitud a los procedimientos de antiguo empleados, adoptando luego de bien comprobados, otros métodos nuevos, atendiendo siempre a afinarlo todo, indagando a la par, y compaginando la mayor exactitud con la mayor sencillez en los Métodos de Análisis empleados.

Este libro reviste desde sus primeras páginas un gran sentido práctico, pues detalla los métodos prolijamente, sin que ello perturbe o dañe la claridad en la exposición, estando muchas veces con acierto practicados, y juzgada su conveniencia y eficacia, a consecuencia de estudiarlos a fondo, con lo cual la tarea del que los haya de repetir, hállese muy facilitada y sabe de antemano que alcanzará buenos resultados, si sigue el camino marcado por un maestro de la categoría del señor Abbad.

Un libro así redactado, que puede calificarse de libro vivido en el Laboratorio, en manos de los que empiezan, les sirve para animar y sostener la vocación, estimulándoles al trabajo, al ver que siguiendo bien sus consejos y procedimientos se llega a los mejores resultados y se aprende pronto a practicar aquellos sin faltar la paciencia, con la convicción de que en Análisis Químico no hay pormenores que no tengan suma importancia.

Se comprende que de esta forma, añadiendo a la ajena no poco de su experiencia personal adquirida en el Laboratorio, el señor Abbad pueda presentar en su libro una colección copiosa de muy prácticos y seleccionados procedimientos de Análisis de cuya eficacia puede responder, de suerte como al final de cada receta se decía, en un antaño bastante lejano para ponderar su excelencia: «Y es probada».

Y en tal sentido hasta podría cambiar el título de su libro por este otro: «Tratado Práctico de Química Analítica siguiendo procedimientos cuidadosamente seleccionados así cualitativos como cuantitativos, generales y especiales, para uso de principiantes y aun de maestros en esta ciencia», pues tal es el resultado que ha alcanzado el señor Abbad al cabo del mucho tiempo que invirtió en la preparación de su excelente Tratado, al que exornan al final del segundo volumen, bien dispuestas y útiles tablas, indispensables en este linaje de obras.

Los preliminares del Análisis, los divide en dos clases.

El primero lo forman los llamados Principios científicos de la Química Analítica, ahora de la mayor importancia; tales principios están como quien dice, y con la mayor justicia y mayor interés, puestos a la orden del día. Tiene la segunda parte de los preliminares un carácter eminentemente práctico, por cuanto atañe a la adecuada preparación de muestras, y a las disposiciones para su eficaz ataque sea por disolución en los ácidos solos o mezclados, en frío o en caliente, sea por vía seca, por desagregación o fusión con reactivos apropiados.

Es de notar la concisión, que jamás perturba la claridad y antes se compadecen con ella a maravilla, como se exponen los llamados métodos especiales o sea los más empleados en la investigación y reconocimiento de las materias más frecuentes de la vida ordinaria.

Reducidos por aplicación más racional de la marcha analítica sistemática, los métodos generales cuantitativos la más adecuada y mejor y más perfecta reparación de los cuerpos o de sus combinaciones insolubles o de sus disoluciones cuando de la Volumetría general se trata. La parte cuantitativa del Análisis va delimitándose en el de las especialidades, en resumidas cuentas, bien coordinados ejemplos de análisis particulares que requieren el empleo de determinados procedimientos cuyo fundamento científico es siempre el conocimiento de las propiedades características de los cuerpos.

MELCHOR MARCER.

• • •

*Bilans Thermogeres*, par Georges Beaufaux, Ingenieur civil des mines.—Librairie de la Bourse. Charleroi.

La materia de la presente obra comprende *el estudio de los gasógenos, hornos industriales y motores de combustión interna*, lo que hace que sea una obra sumamente útil y que tenga su lugar indicado en toda biblioteca de un establecimiento industrial.

En alemán hay algunas obras similares, pero en lengua francesa es la primera de su género.

El señor Beaufaux hace ver que no es difícil establecer un balance térmico exacto y que todo industrial puede establecerlo, con aparatos muy sencillos, sirviéndose de diagramas que en esta obra hay expuestos, balances térmicos completos y exactos.

En la industria es preciso cifras y gráficos, mejor que palabras, lo que es obtenido como resultado de investigaciones y de la experiencia del autor, por todo lo cual la recomendamos a nuestros compañeros que se dediquen a esta especialidad, asegurándoles encontrarán datos sumamente útiles.

J. M<sup>a</sup> B. DE F.