

acertado, hemos perdido, mucho más que un Jefe prestigio so, hemos perdido á..... D. Ramón.

No habrán faltado cruces en este mundo á D. Ramón García: el Inspector de Ingenieros de Caminos tan sólo tenía una encomienda de número de Isabel la Católica. El Dios de las justicias le habrá acogido en su seno.

Sirvan estas líneas necrológicas de afectuoso homenaje á la memoria del muerto, y, en la medida que puedan, de lenitivo al dolor de sus hijos y deudos.

CAYETANO ÚBEDA.

Zaragoza 20 de Abril de 1910.

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS se asocia á estas manifestaciones de pésame hechas por nuestro distinguido compañero interpretando los sentimientos de todos.

LA FUERZA HIDRAULICA Y LA PRODUCCIÓN ALIMENTICIA

Índice: VI. El descubrimiento de Birkeland (continuación).—VII. El horno eléctrico de Eyde.—VIII. La fábrica de Nótodden.—IX. Desarrollo de la industria del nitrato noruego.—X. Simplificación posible en la manufactura y consideraciones finales.

Empleando una corriente alternativa, originábase análogo efecto; pero entonces el disco luminoso era completo y el sonido confuso y muy diferente.

La explicación del hecho es bien sencilla. En la proximidad de las puntas de los electrodos, el arco luminoso, bajo la acción del campo magnético, se transforma en llama plana, móvil y flexible, que oscila con enorme rapidez normalmente á las líneas de fuerza. La altura del sonido en las corrientes continuas da el número de arcos por segundo que con potente electroimán llega á mil. En los alternadores los arcos positivos se producen todos á un lado, y al otro los negativos, debiendo advertirse que siempre la excitación del imán es por corriente continua.

VII. EL HORNO ELÉCTRICO DE EYDE.—Es de nueva especie, pues el arco se desarrolla por una técnica especial de estos sabios noruegos, siendo fruto de su ingenio la aplicación de aquella llama eléctrica á la combustión del nitrógeno aéreo y el dispositivo del horno, base de su invento en colaboración.

El principio de la construcción del mismo lo hallaron con un solo par de electrodos de cobre de 15 milímetros de diámetro, separados 2 milímetros y refrescados por una corriente interna de agua, dando con energía de 1.000 H.P. llama de 1,80 metros de amplitud. Á pesar de la proximidad de ambos polos no se producen circuitos cortos por la intensa vibración de la corriente eléctrica en el plano magnético. El arco se producía en un espacio de 8 centímetros de anchura y 2 metros de alto.

La serie sucesiva de experiencias, cada vez en mayor escala, ha sido la siguiente:

ENSAYOS	Fechas.	Instalaciones.	Fuerza empleada. Caballos.
Laboratorio...	Julio de 1908.....	Frognerkillens....	25
	Octubre de ídem...	Ankerløkken.....	150
Industriales...	Septiembre de 1904.	Vasmöen.....	1.000
	Mayo de 1905.....	Nótodden.....	2.500

Eyde, en su conferencia de 5 de Diciembre en Christiania, explica así el funcionamiento de su primer horno industrial (Vasmöen).

El aire penetra por las partes laterales, que son de arcilla refractaria. Dos potentes electroimanes tienen sus polos á uno y otro lado de la llama á 10 centímetros de distancia. El cierre de la corriente se efectúa por cajas constituídas por planchas de fundición que envuelven exteriormente al horno. Los gases nitrosos se escapan por un canal periférico, de superficie refractaria, resultando el aparato tan sólido que, en un año de funcionamiento, sólo hubo que renovar los electrodos cada tres ó cuatro semanas y la guarnición refractaria un par de veces. La llama era horizontal, y mientras el aire entraba por un lado, salían los gases por el opuesto.

La temperatura del horno, que excede seguramente de 2.500 grados, alcanza quizá 3.500 grados, saliendo, sin embargo, los gases á temperaturas comprendidas entre 500 y 750 grados. Tomando como medias 3.000 grados en la llama y 600 para el gas saliente, se puede suponer que sólo 1/5 del volumen de aire entrado sufre la acción del horno, siendo probablemente el efecto refrigerante de los otros 4/5 lo que impide la disociación del óxido de nitrógeno. Es indudable, además, que aparte de las reacciones termoquímicas, el fenómeno eléctrico juega un importante papel.

Si se mezcla á la temperatura ordinaria un kilogramo de oxígeno y 3 de ázoe, se forma espontáneamente algo de óxido nitroso en cantidad, eso sí, que escapa á toda medida, pues según la ley de Gulbéry-Waage sería de una diezmillonésima de miligramo. Pero si se eleva violentamente la temperatura, la proporción formada aumenta y no es menor de 5 por 100 á 3.000 grados. Para cada temperatura corresponde una formación y descomposición incesante de óxido, que mantiene invariable la proporción del gas resultante. Así si la mezcla gaseosa se enfría *lentamente*, la dosis de óxido nitroso disminuiría con rapidez; pero si el enfriamiento es *brusco*, se origina el hecho notable de que no tiene tiempo de descomponerse, y la cantidad de 5 por 100 se mantiene á 500 grados,

En efecto, después de funcionar el horno varios días saliendo los gases á 700°, el ácido nítrico (NO³H) contenido por litro era de 30 miligramos, á la temperatura de 0° y presión de 760 milímetros. Esta proporción corresponde, según la regla de Nernst, á un 1,06 por 100 de óxido nitroso en los gases salientes del horno y un 4,58 por 100 del mismo en la llama, valor que concuerda perfectamente con el volumen de 4,40 por 100 que da el cálculo de Nernst para 3.200 grados.

VIII. LA FÁBRICA DE NÓTODDEN.—Siguió la invención su génesis á partir de este horno fundamental, completándose con los aparatos necesarios para industrializar el descubrimiento, que hoy se encuentran en la fábrica de Nótodden.

Consta ésta de cuatro compartimientos sucesivos, que de derecha á izquierda son:

- 1.° Sala de hornos.
- 2.° Departamento de las torres de absorción.
- 3.° Sala de elaboración del nitrato.
- 4.° Almacén, embalaje y expedición.

Toda ella se halla atravesada, á partir de la segunda nave, por una vía que va hasta el pequeño puerto anejo en el *fiord* de Hitterdal.

Hornos.—Son tres, análogos á los de Vasmöen, pero en que la energía es de 500 á 700 kilovatios, equivalentes á

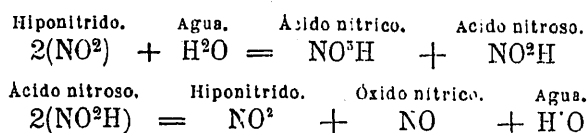
700 ó 1.000 HP para cada uno en vez de 300 kilovatios y aún se ha elevado últimamente.

Así se obtiene un funcionamiento más regular y seguro, saliendo á 32 pesetas oro el coste del kilovatio año.

La cantidad de aire enviado á los hornos por sus ventiladores es de 25 metros cúbicos por minuto, llegando al campo magnético por las paredes, que son de tierra refractaria. Mezclado con los gases nitrosos, sale por un solo canal colector á 500 ó 700° de temperatura, atravesando los tubos de una caldera de vapor, en donde se enfrían hasta quedar á unos 200°. De allí son llevados á aparatos refrigerantes que descienden su temperatura á 50 ó 60°, que se hallan colocados encima de dos grandes torres destinadas á la oxidación.

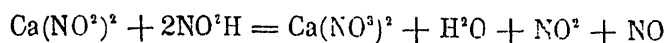
Son grandes receptáculos cilíndricos de palastro, revestidos en su interior para evitar el ataque de los ácidos. Los óxidos nitrosos (N^2O) y nítrico (NO) que llegan al horno, se convierten aquí en hiponitrido ó peróxido nítrico (NO^2) que empujado por otro ventilador pasa á las

Torres de absorción.—Tienen forma prismática, con 4 metros de base por 10 metros de altura, y están situadas en dos filas paralelas, comprendiendo cada una dos torres de granito y dos de grés llenas de trozos de cuarzo como el puño hasta las dos terceras partes de su profundidad. En sentido inverso circulan por ellas el gas y el agua destinada á disolver el ácido nítrico incipiente, que se forma en virtud de las siguientes reacciones:



Cuando los reiterados contactos de los gases y del agua dan una concentración de 50 kilogramos de ácido nítrico monohidratado para 100 litros de líquido, se recoge éste provisionalmente en cubas de granito.

Si bien así se consigue disolver la mayor parte de los productos nitrados, importa no dejar perder los gases aún nitrosos que salen de la última torre. Para ello existe una quinta bota de madera, de iguales dimensiones que sus precedentes, llena de ladrillos entreverados, á través de los cuales circula una lechada de cal, que da lugar á la formación de nitrito y nitrato cálcicos; en seguida se ataca esta mezcla por el mismo ácido nítrico antes obtenido, desdoblándola en nitrato de cal y gases nitrosos que vuelven á las anteriores cámaras de absorción.



Por último para retener el resto nitroso de los gases escapados de la lechada de cal, hay una postrera torre, algo más pequeña, conteniendo cal viva, al salir de la cual son por fin arrojados á la atmósfera.

El conjunto de estas operaciones permite transformar el 95 por 100 del óxido nítrico del horno en una solución de ácido nítrico puro al 50 por 100, conforme han comprobado los análisis de Schoesing y Grandeau.

Elaboración del nitrato.—La disolución del nitrato de cal que acaba de mencionarse y el ácido nítrico al 50 por 100 son llevados á una batería de cubetas talladas en granito, que encierran caliza triturada al tamaño de 13 á 20 centímetros, siendo suficiente en cantidad para neutralizar totalmente el ácido. La operación se realiza metódicamente en

cuatro cubas yuxtapuestas, de modo que sobre la caliza pura de una de ellas actúe la disolución casi neutralizada de la anterior, y á su vez el ácido entrante venga á obrar sobre los residuos de la caliza no disuelta en el ataque precedente. Finalmente, la disolución neutra de nitrato se conduce á una cubeta de hierro fundido, para su evaporación con el auxilio del vapor de la caldera tubular en que se refrescan los gases de los hornos.

Concentrada hasta hervir á los 145°, contiene de 75 á 80 por 100 de nitrato de calcio, encerrando de 13,2 á 13,5 por 100 de ázoe. Se vierte entonces en toneles de palastro de 200 litros de capacidad, donde se solidifica por enfriamiento, extrayéndose la sal así ó pulverizada.

En vez de evaporar la disolución hasta que su punto de ebullición alcance á 145°, se puede dejar cristalizar desde que hierve á 120°, centrifugando el líquido así concentrado hasta separar sus cristales del agua madre y darlos de esta manera al comercio.

También se obtiene en Nótodden el nitrato básico de cal, añadiendo en caliente á la disolución cal viva, y tamizando el producto después de su enfriamiento. Dicha sal contiene aún un 10 por 100 de nitrógeno.

IX. DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL NITRATO NORUEGO. Así quedó establecida en 1905 la primera aplicación industrial de producción eléctrica del ácido nítrico tomado del aire. Invertíanse en tal época 2.500 HP. en los tres hornos instalados, que rendían 500 kilogramos de ácido por caballo-año, equivalentes á 625 kilogramos de nitrato de cal, perdiéndose un 10 por 100 de los gases nitrosos en los aparatos de absorción por el agua.

Hoy la fábrica de Swælgfos Nótodden tiene 35 hornos y dispone de una fuerza de 27.000 HP., dando un rendimiento de ácido de 600 kilogramos por kilovatio-año, mediante un aprovechamiento del 96 por 100 de óxido nítrico transformado. Su producción, que fué en 1909 de 20.000 toneladas, en el año actual llegará á ser de 25.000, aumentando su potencia con el salto de Boilfos á 50.000 HP.

La utilización de la colosal caída de agua de Rjukanfos (1), en un valle del Vestfod y la nueva fábrica de Saahein que ha de alimentar, son trabajos que en la actualidad se ejecutan activamente. En el curso de 1911 es probable que ya funcione la primera instalación de este grupo de fábricas con una fuerza de 120.000 caballos, poco más de la mitad disponible, produciendo sobre 100.000 toneladas de nitrato, que sumadas á las de Nótodden, darán entonces en junto unas 130.000 toneladas. De 1913 al 1914, terminadas las fábricas de Saahein, se doblará la obtención del nitrato noruego.

En resumen, cuatro saltos tiene adquiridos la Sociedad Noruega del nitrógeno: tres en la región SO., donde la cadena montañosa escandinava, deteniendo los vientos que cargados de humedad arrastra la corriente marina del Golfo hacia la Península, alimenta multitud de cursos de agua que, á consecuencia de la configuración escabrosa del suelo, motiva poderosas caídas y abundantes lagos reguladores del régimen fluvial. El 4.º (Wamma) se halla al E. del fiord de Christianía, sobre el Glommen, el río mayor de Noruega, cuya cuenca es de 40.000 kilómetros cuadrados.

He aquí una nota de las principales características de estos saltos:

(1) La partícula *Fos* equivale á decir «salto de agua». La letra *j* corresponde en noruego al sonido de nuestra *y*; los fjors son algo así como nuestras rías de Galicia.

HORMIGÓN Y HORMIGÓN ARMADO ⁽¹⁾

Ríos.	Salto.	Caudal. M. cúbicos.	Altura. Metros.	Fuerza. HP. Caballos.	Fábricas.
Tinné....	Swaelgfos...	65	146,5	26.500	Nótodden.
Nidelven.	Boilfos.....	50	57	23.500	Nótodden.
Mann....	Bjukanfos...	45	520	202.500	Saaheim.
Glommen	Wamma.....	220	20,8	86.500	Saaheim.
Total energía utilizable.....				289.000	

I.—Introducción.

Para estudiar los procedimientos prácticos de construcción de las obras de hormigón y de hormigón armado y las propiedades características de estos materiales, así como para proponer los coeficientes de trabajo y las fórmulas que se habían de aplicar en los cálculos de estabilidad, habían creado Comisiones especiales la Asociación Americana de Ingenieros Civiles, la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales, la Asociación Americana de Ferrocarriles (Construcción y Conservación) y la Asociación Americana de Fabricantes de Cemento Portland.

En la reunión anual de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles, celebrada el 11 de Junio de 1903 en Asheville, N. C., se aprobó la siguiente proposición:

«Los reunidos declaran que verían con gusto la creación de una Comisión que, en unión con otras designadas por la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales y por la Asociación Americana de Ferrocarriles (Construcción y Conservación), estudiara las características principales del hormigón y del hormigón armado.

Dicha Comisión fué designada por el Comité Director el 31 de Mayo de 1904, y en la reunión anual de 1905 (18 de Enero) se la dió el nombre de «Comisión Especial del Hormigón y del Hormigón Armado».

En el Congreso de Julio de 1903, celebrado por la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales en Delaware Water Gap, se tomó por unanimidad el siguiente acuerdo:

«El Comité Ejecutivo estudiará la conveniencia de crear una Comisión que se ocupe de todo lo referente al «Hormigón Armado», en unión con las ya designadas por otras Asociaciones.»

En la Junta del Comité Ejecutivo que tuvo lugar el 5 de Diciembre de 1903, se designó la Comisión especial del «Hormigón Armado».

La Asociación Americana de Ferrocarriles (Construcción y Conservación), creó en 20 de Julio de 1899 una Comisión denominada «Obras de Fábrica», con instrucciones que comprendían la preparación de pliegos de condiciones para las fábricas de hormigón. Como preliminar, la Asociación aceptó en 19 de Marzo de 1903 un pliego de condiciones aplicable á los cementos Portland.

En la reunión verificada en Chicago el 17 de Marzo de 1904, se autorizó á la Comisión Obras de Fábrica para que trabajase en cooperación con la Comisión «Hormigón y Hormigón Armado» de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles, para lo cual del seno de la primera se designó una Subcomisión.

El 17 de Junio de 1904 se reunieron en Atlantic City, N. J., las Comisiones especiales de las Asociaciones antes citadas, con objeto de acordar la forma en que habían de realizar mancomunadamente sus trabajos, constituyendo una Comisión mixta que se denominaría del «Hormigón y del Hormigón Armado». Mr. C. C. Schneider y el Profesor A. N. Talbot fueron elegidos Presidente y Secretario interinos, respectivamente. Se aceptó la idea propuesta por la Co-

(1) Memoria presentada en el Congreso XII de la Asociación Americana para Ensayos de Materiales.—1903.

Los trabajos hoy concluídos para el salto del Tinné se ejecutaron en invierno para aprovechar el período de bajas aguas, empleándose 300 obreros que hubieron de luchar con los rigores de una temperatura que osciló entre 20 y 30° bajo cero, por lo que fué necesario construirles viviendas *ad hoc* con la excelente madera del país, resultando por cierto muy confortables.

El capital invertido hasta ahora por la Empresa es, si mal no recuerdo, de unos 6 millones de pesetas oro, siendo propietaria la Sociedad, además de los saltos y fábricas, de las obras del puertecillo de Hitterdal, ferrocarril para el embarque y ferryboats auxiliares de transporte.

En cuanto al coste de fabricación, teniendo exclusivamente en cuenta el consumo de energía eléctrica, más económica en Noruega que en cualquier otro país, ha sido calculado por Samuel Thomson, Profesor de la Royal Institution de Londres, en 112,50 francos la tonelada de nitrato, mientras que el precio del quintal métrico del de sosa, importado de Chile, asciende á 27 francos (1).

X. SIMPLIFICACIÓN POSIBLE EN LA MANUFACTURA Y CONSIDERACIONES FINALES.—Una simplificación sería quizá factible en esta industria que abarataría el coste, librando al mercado la mezcla de nitratos y nitritos que salen de la lechada de cal, sin ulterior manipulación, ya que este producto contiene del 14 al 15 por 100 de ázoe.

Las investigaciones de Winogradski han demostrado, en efecto, que los nitritos no son perjudiciales á la vegetación como antes se creía, puesto que en la nitrificación de las materias orgánicas del suelo pasan éstas por la transformación en ácido nítrico antes de llegar á convertirse en ácido nítrico; razonamiento teórico que ha sido completamente sancionado por las experiencias de Schloesing en el Parc des Princes de París en Julio de 1905, probando la equivalencia para la recolección de parcelas análogas abonadas con nitritos ó con nitrato de Chile.

Para final añadiremos que con el ázoe contenido en 100 kilogramos de nitrato de calcio se obtiene en el cultivo de cereales un *exceso* en la cosecha de 300 á 400 kilogramos de grano, aparte de la paja correspondiente; de modo que la profética frase de Crookes: «Starvation may be averted through laboratory» queda cumplida con solo añadir: *gracias al poderoso auxilio de las fuerzas hidráulicas*.

E. G. G. y S.



(1) A Valencia ha llegado ya el primer cargamento de nitrato artificial noruego, consistente en 800 toneladas por vía de ensayo comercial.