

## BOLETIN

DE LA

## Sociedad Nacional de Minería

## DIRECTORIO DE LA SOCIEDAD

## Presidente

Cárls Besa

## Vice-Presidente

Cesáreo Aguirre

## Directores

Aldunate Solar, Cárls  
Avalos, Cárls G.  
Chiapponi, Marco  
Dorion, Fernando  
Elguin, Lorenzo

Gallardo González, Manuel  
Gandarillas, Javier  
Harnecker, Otto  
Lecaros, José Luis  
Lira, Alejandro

Maier, Ernesto  
Malsch, Cárls  
Pinto, Joaquín N.  
Vattier Carlos  
Yunge, Guillermo

## Secretario

ORLANDO GHIGLIOTTO SALAS

## El petróleo en Magallanes

INFORME PASADO POR EL DOCTOR ERNESTO MAIER, AL SR. MINISTRO  
DE INDUSTRIA I OBRAS PÚBLICAS.

Señor Ministro:

En el informe preliminar de 3 de abril del presente año, espuse los resultados a los cuales habia llegado en la cuestion del petróleo en Magallanes. Me permito en el presente informe detallar mas dichos resultados.

La cuestion sobre la cual yo debia informar, puede considerarse desde luego desde dos puntos diversos:

I. ¿La composicion jeológica *general* de la rejion en cuestion admite la posibilidad de la existencia de yacimientos petrolíferos? Habrá que considerar aquí tambien la cuestion de si el hallazgo de petróleo en Comodoro Rivadavia admite una deducccion por analogía

para Magallanes, hecho que en la actualidad se establece tan determinadamente por el público, aun cuando la distancia entre ambas localidades es mas o menos de 840 kilómetros.

2 ¿Existen en Magallanes indicios *especiales* que señalen la existencia de yacimientos petrolíferos, i a qué resultados se ha llegado por los reconocimientos practicados hasta ahora?

Del estudio de estas dos cuestiones se deducirá qué trabajos habrá necesidad de efectuar en el futuro para esclarecer completamente la cuestion del petróleo en Magallanes.

### I. JEOLJÍA DE PUNTA ARENAS I SUS ALREDEDORES

La marcada separacion entre la Cordillera de la Costa i la de los Andes, existe tambien en las tierras magallánicas, de modo que al cruzar el estrecho de Magallanes en direccion del Oeste al Este, se nos presentan en primera línea, desde las islas mas al Oeste hasta el canal Jerónimo, los filitas i micacitas de la Cordillera de la Costa, atravesados por masas enormes de rocas eruptivas de carácter diorítico. Los sedimentos cretáceos i terciarios del litoral de Chile no se conocen aquí. Esta zona en ningun caso puede ser tomada en cuenta para los estudios petrolíferos.

Al Este del canal Jerónimo comienza la Cordillera principal compuesta de rocas metamorfas, que tiene aquí solamente un ancho aproximado de 50 km. Tampoco aquí debemos buscar petróleo.

En la ladera Este de la Cordillera se presentan las primeras capas con fósiles, en el Mount Tarn i junto al Puerto de Hambre, capas que no son influenciadas en gran escala por el plegamiento de la Cordillera de los Andes i que solo están poco metamorfoseadas. Son estas las capas cretáceas del Mount Tarn (pizarras arcillosas calcáreas del *Neocom* (?), *cretáceo inferior*), que se encuentran cubiertas por el *terciario* ya al sur de Bahía Agua Fresca. Este terciario i formaciones aun mas recientes, ocupan toda la parte oriental de las tierras magallánicas, con escepcion de una serie de erupciones basálticas diseminadas en este territorio.

Resulta de lo dicho, que, dado el caso que en uno de estos puntos se pudiera encontrar petróleo, solo se podria considerar para ello la ladera oriental de la Cordillera con sus capas cretáceas i terciarias. Por consiguiente, habria que fijar los conocimientos que hasta hoi dia poseemos sobre estas capas para poder ver si existe alguna posibilidad para compararlas con las capas de Comodoro Rivadavia

i deducir de la existencia del petróleo en estas últimas, la existencia en las primeras.

*La formacion cretácea i terciaria en Magallanes.*

El cretáceo se presenta en la Patagonia en dos formas diversas, una en la rejion andina i otra en las rejiones no-andinas.

*El cretáceo de la Cordillera.*

En la cordillera, entre el Lago Arjentino i el Seno de la Ultima Esperanza (50°—51°45') se conoce el siguiente orden de sucesion del cretáceo:

<i>Arenisca verde</i> con Lahillia Luisa.	<i>Senon.</i>
<i>Arenisca verde</i> con Ammonites	
<i>Areniscas</i> con plantas fósiles (500 m.)	
<i>Arenisca i arcilla esquitosa</i> con Inoceramus Steinmanni (700m.)	} <i>Cretáceo superior.</i>
<i>Arenisca dura.</i>	

Por consiguiente, en esta rejion las capas mas antiguas que conocemos pertenecen al *Cretáceo superior*, miéntras que mas al norte, entre los 41. i 50. grados de latitud, la Cordillera se halla formada tambien por capas mucho mas antiguas, que podemos atribuir al *Jurásico superior* i al *Cretáceo inferior*.

Por de pronto, no sabemos con cuáles de estas capas cretáceas debemos comparar las mencionadas capas cretáceas del Mount Tarn, i si pertenecen al Neocom o al Gault.

*Cretáceo i Terciario de la Patagonia no-andina.*

Pero aun mas desconocidos para nosotros son los sedimentos cretáceos no-andinos del Estrecho de Magallanes, a pesar de que en la Patagonia oriental ellos son mui frecuentes i bien estudiados, como resulta del cuadro que va a continuacion:



mar en cuenta que no en todos los puntos se presenta la sucesion completa de las capas espuestas mas arriba, ya sea porque las trasgresiones marinas han alcanzado alturas distintas en puntos diferentes, ya porque durante los períodos continentales la accion de la erosion i denudacion no ha sido la misma en diferentes rejiones. Este raciocinio nos será de especial importancia al tratar la cuestion del subsuelo de las capas que se presentan en Punta Arenas.

Puede verse ademas en el cuadro, qué capas han sido perforadas en Comodoro Rivadavia al practicar los sondajes petrolíferos, en cuanto dichas capas me son conocidas por el informe preliminar del Dr. R. Stappenbeck (1909). Podemos ver que en esa rejion se presenta la Molase patagónica debajo de la capa cuaternaria superficial, que el sondaje ha atravesado mas abajo de la Molase todas las capas del Terciario inferior i el Cretáceo superior hasta las capas mas profundas conocidas, las areniscas abigarradas, en las cuales, a una profundidad de 535 m. se ha encontrado el petróleo.

Ademas nos indica el cuadro cuál de las capas mencionadas nos es conocidas en los alrededores de Punta Arenas: es —fuera de las capas cuaternarias superficiales, que no son de interes para nosotros—*esclusivamente la Molase patagónica.*

*Importancia que tiene la existencia del petróleo en Rivadavia para Magallanes.*

Sin estendernos mucho, se desprende ya de esta comparacion que no existe ninguna razon para sostener argumentos como los que se encuentran, sin considerar la opinion pública, tambien en documentos oficiales (Nota del señor Gobernador de Magallanes de fecha 15 de octubre de 1910):

«La existencia de minas de petróleo en Rivadavia, rejion cercana « a este territorio, es un argumento poderoso para creer que tambien « exista petróleo en las profundidades de estas rejiones.»

En *Rivadavia* se ha encontrado petróleo en las areniscas abigarradas de la formacion cretácea, a una profundidad de mas de 500 m debajo de la base de la molase patagónica. En *Punta Arenas* se conoce la misma molase patagónica, pero no se conoce su base; son completamente desconocidas las capas que están debajo. Si en *Punta Arenas* existen las mismas areniscas abigarradas, queda fuera del límite de todo cálculo sério, de modo que no estoi en situacion de aceptar el «argumento poderoso» de la vecindad de *Rivadavia*. Por lo demas, la distancia de *Rivadavia* a *Punta Arenas* es la misma que a

Bahia Blanca, i difícilto que en virtud de esta «vecindad» se vayan a practicar sondajes petrolíferos en Bahia Blanca.

Por consiguiente, estimo que seria mas conveniente abandonar por completo este argumento del debate de la cuestion petrolífera de Magallanes, tanto mas cuanto que la existencia de petróleo junto a Punta Arenas ha sido supuesta ya mucho antes que en Comodoro Rivadavia.

No nos apartemos por consiguiente de los hechos comprobados hasta ahora por el estudio científico de las tierras magallánicas. Como veremos hasta ahora solo se conocen junto a Punta Arenas capas terciarias, que se denominan con el nombre comun de

### *Molase patagónica.*

Esta molase se compone de sedimentos conglomerados i arcillosos, con poca cantidad de cal, que terminan en la parte superior en formaciones de agua dulce, pero que por si mismas son sedimentos marinos de un mar poco profundo en la vecindad de una costa. Dichos sedimentos contienen carbon (lignita), razon por la cual se hicieron conocidos especialmente en la cercania de Punta Arenas en el Rio de las Minas. El perfil de estas capas en el Rio de las Minas, segun Nordenskjöld (1898), es el siguiente, desde arriba hacia abajo:

5. Arena, arenisca, rodados. Con algo de lignita en la parte inferior.
  4. Pizarra arcillosa con lignita i plantas fósiles (*Araucaria*).
  3. Arenisca con una capa con conchas fósiles; *Ostrea Bourgeoisi* Rémi., *Ostrea Torresi* Ph.--Arena, en parte calcárea.
  2. Capa con conchas marinas. (sin *Ostrea*; *Turritella* i otros gastropodos frecuentes).
  1. Arena i arenisca con concreciones calcáreas i plantas fósiles mal conservadas (*Fagus*, *Nothofagus*).
- Capa lignítica.

Tambien en la Tierra del Fuego se presenta el Terciario en diferentes puntos, que en partes contienen fósiles, por ejemplo Barrancas de Carmen Silva en la Bahía de San Sebastian, Arroyo Alfa i Arroyo Beta, Rio Cóndor, etc. Las plantas fósiles que aquí han sido encontradas al lado de los fósiles marinos, son especies *Fagus* i *Nothofagus* (no *Araucarias*), de modo que el Terciario de la Tierra del Fuego puede compararse con la capa «1.» del Rio de las Minas, es decir, pertenece a las capas inferiores de la molase patagónica. Tampoco

en la Tierra del Fuego se han conocido hasta ahora capas mas antiguas, naturalmente con escepcion de las capas metamorfas de la cordillera.

Vemos, por consiguiente, que allí, donde en Magallanes se puede buscar petróleo—con escepcion del cretáceo del Mount Tarn, aun inexplorado—existe *unicamente el Terciario en forma de la Molase Patagónica*.

De lo dicho resultan para la apreciacion de la cuestion petrolífera, las dos preguntas siguientes:

1. ¿La molase patagónica presenta probabilidades para que en ella pueda encontrarse petróleo?
2. ¿Qué capas pueden suponerse situadas debajo de la molase, que sean de importancia para la existencia del petróleo?

La molase patagónica, dada su manera de formarse y su composición petrográfica, no escluiria la posibilidad de la existencia de yacimientos petrolíferos.

Ella es, como ya lo hemos dicho, un sedimento marino que se ha formado en la vecindad de la costa, i que contiene grandes cantidades de restos orgánicos. Estos restos orgánicos son en parte de naturaleza vegetal, que han dado lugar a la formacion de estratos de lignita, i en parte de oríjen animal, restos que encontramos en los bancos de ostras i otras conchas. Por consiguiente, el material necesario para la formacion del petróleo ha existido en la molase patagónica; las condiciones locales de un mar poco profundo tambien habrian sido favorables, i la existencia de lignita no seria en ningun caso un contra-argumento, pues en muchas partes se presentan vecinos el petróleo i la lignita. Tambien existen en la molase patagónica las capas de arena favorables a la acumulacion del petróleo, como tambien las capas impermeables que deben impedir un escape de esta sustancia.

A pesar de estas favorables condiciones primordiales—que, dicho sea de paso, se encuentran en los sedimentos de las mas distintas formaciones, sin que en estas tenga que existir siempre el petróleo—hai que establecer que *hasta ahora no se han encontrado en la molase patagónica ni siquiera indicios de petróleo, ni en Punta Arenas ni en otro punto*.

Esto es tanto mas importante, cuanto que la molase patagónica es mui bien conocida en el perfil del Rio de las Minas, pues tambien la mineria de carbon ha contribuido al conocimiento de ella, de modo que al haber existido indicios de petróleo, ellos no se habrian esca-

pado a la observacion. Ademas, las condiciones tectónicas no son mui favorables, pues la molase patagónica se encuentra muy poco inclinada desde la Cordillera hacia el oriente, y en partes es completamente horizontal, de manera que *las condiciones tectónicas no favorecerian la acumulacion de grandes masas de petróleo*, ni facilitarían la eleccion de los puntos en los cuales deban practicarse los sondajes. Un anticlinal poco importante indicado al oriente de la mina de carbon, requiere un estudio mas a fondo en el futuro.

Por consiguiente, como en la molase patagónica misma casi no hai probabilidades de que exista el petróleo, solo podrán tomarse en cuenta las capas mas antiguas que están situadas debajo de ella. En cuanto a lo que se refiere a estas, i como ya lo hemos visto en el cuadro de formaciones dado mas arriba, resulta que ellas nos son completamente desconocidas. De modo que ni aun sabemos qué espesor tiene la molase patagónica i si debajo de ella tenemos todavía terciario o nos encontramos ya con el cretáceo.

La Patagonia habia formado durante el terciario mas antiguo (Eocen i Oligocen) un continente, cuyas capas permanecieron en una posicion bastante horizontal, pero cuya superficie, durante este largo período de denudacion, ha sido desmontada de manera mui diferente en los diversos puntos. Así, la superficie de este continente fué formada en parte por areniscas guaraníticas, en parte por el piso de San Jorje, i en parte por las capas con *Pyrotherium*. Una vez que al final del Oligocen o a comienzos del Miocen comenzó la trasgresion del mar molásico, es decir, cuando el antiguo continente fué inundado por un mar de varios centenares de metros de profundidad, los sedimentos de este mar (la molase patagónica) tuvieron que posarse sobre uno de los tres pisos mas arriba nombrados. En Comodoro Rivadavia fueron estos las capas con *Pyrotherium*, de modo que allí se habia conservado toda la sucesion de capas del terciario mas antiguo i del cretáceo. Pero en Punta Arenas, donde por la posicion casi horizontal de las capas, las capas inferiores no se ven en ninguna parte en la superficie, no podemos saber por de pronto si la molase patagónica se ha depositado sobre las capas con *Pyrotherium*, sobre el piso San Jorje o sobre las areniscas guaraníticas, de modo que hasta ahora no podemos considerar la cuestion de las areniscas abigarradas que probablemente pueden contener petróleo. Todas estas cuestiones solo se podrán esclarecer por sondajes.

Por consiguiente, resumo el resultado de este raciocinio jeológico jeneral, esponiendo que es mui difícil que en el *terciario medio* de Punta Arenas, que nosotros conocemos (molase patagónica), pueda



encontrarse petróleo; que en el *terciario inferior*, que probablemente puede existir i que está formado por capas terrestres (capas con Pyrotherium), tampoco existen probabilidades, i que sobre las del *cretáceo* (piso de San Jorje, areniscas guaraníticas i areniscas abigarradas, en las cuales se encuentra el petróleo de Comodoro Rivadavia) no podemos emitir opinion alguna mientras no sea conocido por medio de sondajes.

## 2. INDICIOS PARA LA EXISTENCIA DEL PETRÓLEO I RECONOCIMIENTOS EFECTUADOS.

En la rejion, cuya jeolojia hemos dado a conocer en lo dicho mas arriba, se conocen ya desde tiempo emanaciones de gases combustibles, que se consideran como indicios del petróleo. Tales emanaciones se encuentran en los siguientes puntos:

1. Al sur de la Bahia Agua Fresca, junto a Quemadas Malas, en la vecindad del Rio Canelo.
  2. En el Cabo Boqueron, en la orilla norte de la Bahia Inutil, Tierra del Fuego.
  3. En el Muelle de Carga de Punta Arenas, (segun datos dados por los habitantes).
  4. En la parte inferior de la quebrada del Rio de las Minas junto a Punta Arenas (segun una perforacion antigua).
  5. En el Bajo de las Piedras, orilla oriental de Otway Water.
- Todas estas emanaciones de gases se conocian ya durante mis exploraciones en Magallanes en los años 1906 a 1907. Desde este tiempo se han encontrado las siguientes.
6. Una emanacion de gases junto a Pecket Harbour al norte de Punta Arenas, en la vecindad de Cabeza del Mar; i
  7. Una emanacion de petróleo, dudosa en sumo grado, junto á Tres Puentes, a poca distancia hacia el norte de Punta Arenas.

Por las propiedades físicas i por la composicion química de estos gases, se puede decir que ellos *pueden ser gases de petróleo*, indicando así *la posibilidad* de la existencia de yacimientos petroliferos. Pero debo acentuar espresamente que la presencia de esos gases no es una demostracion irrefutable de la existencia de petróleo, pues el gas natural se presenta solo—sin petróleo—en muchas partes. Los gases solo son una demostracion determinante, *cuando arrastran a la superficie de la tierra partículas líquidas de petróleo, cosa que hasta hoi dia no se ha comprobado en Magallanes.*

En la «emanacion de petróleo» de Tres Puentes, mencionada bajo el N.º 7., se trata de un sondaje, que, para buscar agua, se llevó hasta una profundidad de 22 metros. A esta profundidad se dice haber encontrado petróleo sobre el agua, que se dió a conocer por su olor i color. Cuando yo estuve en ese punto, yá se habían retirado los tubos del sondaje respectivo, de modo que fué imposible hacer un exámen. El agua estagnada en la perforacion, en parte ya derrumbada, no indicaba ni por su color, sabor u olor la existencia de petróleo; tampoco habia una emanacion gaseosa. Pero en la vecindad de este sondaje se encuentran numerosos pantanos, cuya agua estagnada presenta los conocidos colores irisantes, i es mui probable que el agua de esta naturaleza haya motivado la aseveracion de la existencia del petróleo en Tres Puentes. Aquí no se hicieron mas sondajes para comprobar los hechos.

Gran admiracion ha causado la emanacion gaseosa en Pecket Harbour, mencionada bajo el N.º 6., pues ella se inflamó casualmente mientras se cavaba un pozo.

Segun espone el Señor Alejo A. Marcou la situacion es la siguiente:

« Encontraron el gas al parecer de igual clase que el de Agua « Fresca en el campo de Pecket Harbour en la estancia de la Señora « Valenzuela, en el potrero entre el camino de Rio Verde i el de Ca- « beza de Mar, frente a la estancia i a una distancia de 30 metros « mas o menos del alambrado del camino de Rio Verde. El fuego « permanecié encendido 3 dias i lo apagaron con tierra. El Señor « Ciscutti fué a este punto con el Señor Mayer Braun el dia 5 de « enero de 1911, i despues de abrir un agujero en la tierra que los peo- « nes habian tirado para apagar el fuego volvieron a encenderlo nue- « vamente i lo apagaron con un saco lleno de arena. La profundidad « del pozo cuando se encontró el gas era de 22 (?) metros».

Yo personalmente no visité ese punto, pues ya se habia concluido la enmaderacion del pozo, de modo que no podria examinar las rocas de las paredes. Ademas, la sola comprobacion de una emanacion gaseosa, igual a las que ya conozco en otros puntos del territorio, no compensaba la pérdida de tiempo que me habria ocasionado un viaje a esa rejion.

A la amabilidad del Señor F. Ciscutti, Director de Obras Municipales de Magallanes, debo el siguiente perfil de ese pozo:

Humus.....	0,5 m
Arciila gris verdosa.....	9,0 m

Arena.....	0,3 m
Arena fina i arcilla, en capas delgadas alternativas.....	17,0 m

## EMANACION GASEOSA

Conglomerado blando.....	1,5 m
Conglomerado duro, calcáreo.....	1,5 m
	29,8 m

En ningun punto de Magallanes estas emanaciones gaseosas han arrastrado hasta hoi día partículas de petróleo a la superficie, de modo que por ahora la importancia de ellas está solo en que probablemente—pero no necesariamente—puedan estar en conexion con yacimientos petrolíferos. Por consiguiente, solo en virtud de estos hechos, tenemos derecho de practicar sondajes, pero sin que podamos dar ninguna seguridad seria sobre un buen resultado de dichos sondajes, pues—como resulta de las consideraciones jeológicas espuestas en el N.º 1 de este informe—hasta hoi día no podemos emitir ningun juicio sobre la importante cuestion: *¿de cuáles capas emanan esos gases?*

*Sondaje de Agua Fresca*

En este mismo estado estaba esta cuestion el año 1907, año en el cual el sindicato de Petróleo de Agua Fresca practicó un sondaje en Agua Fresca, i, en este mismo estado se encuentra aun hoi día esa cuestion, despues de trascurridos 5 años. Aun cuando este primer sondaje en Agua Fresca no hubiera comprobado la existencia de petróleo, a lo ménos habria podido darnos un material mui importante para la jeolojía de la rejion, i por consiguiente tambien para la cuestion del petróleo, siempre que hubiera habido una direccion técnica conveniente. Que esta direccion no ha existido, resulta del hecho de que no existen libros de sondajes, como tampoco una coleccion sistemática de muestras de las capas perforadas i mediciones de las cantidades de gases emanados. Tres sacos con muestras del sondaje de diversas profundidades que se habian guardado, como tambien algunos documentos, fueron entregados al Señor Miguel R. Machado para su estudio en su última estadia en Punta Arenas, quién se las llevó, segun me lo comunicó el Señor Alejo A.

Marcou. Las diligencias practicadas por el Señor Marcou para recuperar esas muestras para que yo las pudiera estudiar, parecen haber quedado sin éxito.

Por consiguiente, para mis estudios sobre la perforacion de Agua Fresca disponia únicamente de las comunicaciones poco seguras que los participantes recordaban, de algunas copias de informes expedidos por el Señor D. H. Mac Millen, quien efectuó el sondaje, i de la inspeccion ocular que hice del terreno de Agua Fresca.

La inspeccion del terreno tuvo por resultado la comprobacion de la existencia de emanaciones gaseosas, que ya conocia de ántes, emanaciones que son constantes, pero poco considerables. De la perforacion, visible aun en la superficie i llena de agua, no emana gas, tampoco se observan indicios de petróleo. No se han conservado muestras de las rocas del sondaje alrededor del pozo. En la quebrada del rio Canelos, a mas o ménos 2 km. de distancia del pozo, se encuentran arcillas margosas duras de color gris, pero a causa de la tupida vejetacion no se podían comprobar las condiciones tectónicas ni la edad de esas capas.

Segun lo que recuerda el señor Marcou, solo se pudo comprobar con seguridad que el sondaje se llevó hasta los 1090 piés de profundidad, sin que en él se hubiera encontrado petróleo. Las indicaciones dadas por dicho señor sobre la naturaleza de las rocas perforadas, son de escasa importancia, ademas que no son las de un técnico, i por el hecho que no las pude comprobar por faltar los libros de sondaje i los mencionados tres únicos sacos de muestras.

Por consiguiente, únicamente los informes del señor Mac-Millen pueden dar alguna luz sobre el sondaje de Agua Fresca, pero, estos informes son tan contradictorios, que no se pueden tomar en cuenta. Este caballero escribe por ejemplo:

*Rio de los Canelos, 25 de agosto de 1907.*

«Encontré mas gas a 510 piés; tambien he encontrado a 570 piés piedras de cal, la cual considero mui buena i en otras palabras, encontrando esta piedra, quiero decir que la indicacion pertenece a la edad carbonífera, i si esto es verdad, las probabilidades de encontrar aceite i gas en cantidades comerciales, parecen mui probables i favorables a una profundidad mayor».

En un informe sobre el sondaje petrolífero de Agua Fresca, escribe este mismo señor por el contrario:

*Santa Rosa de los Andes, July 22, 1909.*

«How as regards Punta Arenas the well which I drilled for the Sindicato Petroleo de Agua Fresca at Rio de los Canelos *had just reached the top of the terciary formation when I encountered the flow of water* (NB. 1090 piés de profundidad!)».

Tales son los resultados jeológicos del sondaje de Agua Fresca, i sienta decir que dicho sondaje no ha tenido ninguna utilidad, ni para reconocimientos petrolíferos, ni para el estudio del terreno. Tambien el lado comercial de la empresa, parece haberse llevado a cabo de idéntica manera. Ya el 27 de abril de 1907 (3 meses ántes del comienzo del sondaje de Agua Fresca), se presentó un presupuesto del señor Mac-Millen para una instalacion para proveer a Punta Arenas con el gas de Agua Fresca. A pesar de estos dilatados planes, no se encuentran datos algunos que durante el sondaje se hubiera medido la cantidad del gas que emanaba del pozo, cosa que era tanto mas necesaria, cuanto que la masa del gas que brota en la playa es relativamente tan pequeña, que ni siquiera puede tomarse en cuenta para una empresa comercial.

Fuera de estas emanaciones gaseosas, en los últimos años se ha conocido sólo un nuevo hecho de interés para la cuestion petrolífera, es decir, la presencia de un *asfalto, al parecer metamorfoseado*, junto al rio San Juan, al sur de Port Famine. En esta parte del territorio, las olas del estrecho arrojan frecuentemente a la playa pedazos de un material negro semejante al carbon, el cual se creyó que provenia de algun vapor carbonero encallado. Pero ahora me comunica el señor Fortunato Ciscutti, cuyas indicaciones merecen toda mi fé, que él ha encontrado el mismo material en un punto al interior de la rejion, pero únicamente en bloques sueltos, sin que hasta ahora haya podido comprobar el yacimiento primitivo de ese material a causa de la espesura de la selva virjen de Patagonia.

Un análisis de esta sustancia, practicado en el laboratorio R. H. Harry Stanger, 2 Broadway, Westminster. London S. W. el 29 de junio de 1909, ha dado el siguiente resultado:

Gravedad específica a 60° Fahr.: 1,1342.

Humedad.....	1.64 %
Materia volátil a un calor rojo.....	73,51 »
Coke, conteniendo cenizas.....	24.85 »
	<hr/>
	100,00

Cenizas, materia mineral fijada..... 3,74 %

Análisis absoluto sobre la materia libre de humedad:

Carbon.....	76,47 %
Hidrógeno.....	7,91 »
Oxígeno.....	8,73 »
Nitrógeno.....	1,93 »
Azufre.....	0,97 »
Cenizas.....	3.99 »
	<hr/>
	100,00

Poder calorífico: 8875 calorías.

Las muestras mismas indican claramente un material laminado, en parte brillante, en parte deslustrado. Además, es duro (dureza > 3, contra dureza 2 del asfalto i  $2\frac{1}{2}$  del carbon), de manera que probablemente no representa un asfalto comun. Pero muy bien puede tratarse de un asfalto metamorfoseado por presión o calor.

Como el asfalto es siempre un producto de oxidación i polimerización del petróleo, la presencia de este asfalto demuestra que el petróleo ha existido, sin que se pueda decir si eso ha sido en grandes cantidades, i si aun existe hoy día. Tiene cierta importancia el hecho de que estos trozos de asfalto fueron encontrados en la región de las capas cretáceas del Mount Tarn. Podría así comprobarse también el resultado final, al cual he llegado en la primera parte del presente informe, i que dice que en el caso de encontrarse petróleo sólo podría suceder en el cretáceo.

Con esto creo haber explicado suficientemente los dos primeros puntos de mi informe preliminar que dicen:

1.º Nada se puede decir sobre la *existencia* de yacimientos petrolíferos en Magallanes, como tampoco acerca de la *certidumbre* científicamente basada, de que posteriormente puedan encontrarse tales yacimientos.

2.º Pero, por otra parte, existen indicios que aconsejan practicar sondajes petrolíferos, sondajes que en la actualidad solo deben considerarse como estudios, pero de ningún modo como empresas comerciales.

El Supremo Gobierno podrá ver, por consiguiente, que no puedo patrocinar las declaraciones del señor Gobernador de Magallanes, acerca de la existencia de yacimientos petrolíferos, declaraciones que él hace en sus notas de fecha 15 de octubre de 1910 i 18 de marzo de 1911, en los siguientes términos:

«... porque en vista de los análisis que se han hecho de tierras de Agua Fresca i de Tres Puentes, que manifiestan la existencia de sustancias aceitosas i de gases de hidrógeno, parece que en este territorio la existencia de petróleo en lagos subterráneos es una realidad,.....»

«...De la fecha indicada hasta ahora, se han hecho nuevos descubrimientos de yacimientos petrolíferos en otras partes del territorio, produciéndose con tal motivo mayor entusiasmo i seguridad en la existencia de dicha substancia....»

Aun cuando en el interes nacional seria mui deseable que esas aseveraciones se realizaran algun dia, resulta de mi informe que hasta ahora no se han encontrado sustancias aceitosas junto a Punta Arenas, de modo que en ningun caso se podrá aseverar como realidad la existencia de yacimientos petrolíferos.

Resulta tambien positivamente de este informe que el trabajo mas inmediato será el de practicar sondajes para explorar la formacion jeológica de la rejion, especialmente para conocer las capas que están situadas debajo de la molase patagónica. A este fin van encaminados los sondajes que iniciará la Compañía de Sondajes Petrolíferos, cuya solicitud para que se le entregue en calidad de préstamo una de las nuevas sondas grandes, fué la causa de mi envío a Punta Arenas.

No he podido recomendar esa solicitud:

1.º Por cuanto la nombrada Compañía está en posesion de la antigua sonda de Agua Fresca, suficiente para los primeros sondajes necesarios para los estudios, i

2.º . . . . . queda completamente escludido un trabajo simultáneo con dos sondas, mientras que los primeros sondajes no haya dado la base jeológica necesaria para la apreciacion de la cuestion. Estos primeros sondajes, naturalmente solo pueden practicarse uno despues del otro para utilizar los resultados del sondaje anterior para fijar el punto en el cual debe practicarse el sondaje siguiente, i

3.º por el hecho de que el capital efectivo de la Compañia ascendente a \$ 30,000, es tan reducido que solo podrá obtenerse algun resultado con la poco costosa sonda de Agua Fresca, trabajando con gran economía, mientras que la nueva sonda grande de propiedad del Gobierno, solicitada por la Compañia, consumiría en poco tiempo el capital de ella.

La Compañia tiene intencion de no proseguir los sondajes en Agua Fresca, sino que—en parte por las condiciones de propiedad del terreno, i en parte por los gastos de trabajo mas reducidos—efectuará el primer sondaje en la orilla sur-poniente del Rio de las Minas, junto a la ciudad de Punta Arenas. A mi juicio, se puede aceptar la eleccion de este punto:

1.º Porque las emanaciones gaseosas están tan repartidas en el territorio (desde Agua Fresca al sur hasta Pecket Harbour al norte, i desde Otway Water en el oeste, hasta Cabo Boqueron en el este), que no hai necesidad de sujetarse a un lugar determinado. El Rio de las Minas formará mas o ménos el centro de la rejion de emanaciones conocidas i se dice que en el mismo se presentaron emanaciones gaseosas al practicar sondajes por carbon (núm. 4 de la lista de las emanaciones gaseosas, página 157).

2.º Porque en este primer sondaje se trata principalmente de conocer las capas situadas debajo de la molase patagónica, debiendo por consiguiente preferirse la rejion en la cual conocemos con mayor exactitud la molase patagónica. Hai que agregar a esto que en la vecindad inmediata del punto elejido para el sondaje he encontrado en las escavaciones de los filtros del agua potable de Punta Arenas, capas fosilíferas que pueden servir como punto de partida para la determinacion de las capas por perforar. Se trata de rocas areniscas i conglomerados que contienen gastrópodos (*Natica*, *Turritella*) e impresiones de hojas, que se pueden comparar con el terciario de la Tierra del Fuego (páj. 154), perteneciendo por consiguiente al pishum. 1, del perfil del Rio de las Minas (páj. 154). Segun lo espuesto, el punto escojido es favorable para los fines de la exploracion jeológica, por cuanto el sondaje no tendria necesidad de atravesar primeramente todo el espesor de la conocida molase patagónica, sino



que comenzaria inmediatamente en las partes mas profundas de ella.

3.º Porque este primer sondaje lo considero tan esclusivamente como estudio jeológico, que, por de pronto, no tomo mucho en cuenta las condiciones tectónicas, que pueden influir sobre la mayor o menor riqueza del yacimiento petrolífero por encontrar. Además, la tectónica de esa rejion nos es tan desconocida como su estratigrafía, de manera que la posibilidad de un sinclinal (en conexion con el anticlinal de la mina de carbon, mencionado en la páj. 156), junto a Punta Arenas, no es tan importante para que pudiera prevalecer a los momentos favorables que aconsejan la eleccion del punto mencionado para el primer sondaje. Mas tarde, una vez que se hubieran encontrado puntos de partida para la existencia de petróleo, naturalmente las condiciones tectónicas serían de importancia para los futuros sondajes. Pero también para el conocimiento de la tectónica se tiene que crear la base mediante los primeros sondajes.

Como los trabajos que intenta realizar la Compañía Sondajes Petrolíferos, ejecutados de una manera concienzuda, lo que es de esperar, pueden contribuir eficazmente para esclarecer las cuestiones aqui tratadas, he espresado en mi informe preliminar mi opinion en el sentido de que es de interes público que el Supremo Gobierno ayude convenientemente a dicha Compañía. Me he permitido al mismo tiempo proponer al Gobierno que a modo de subvencion entregue a la Compañía, 900 piés de tubos, para que pueda invertir su reducido capital completamente en sondajes, sin que tenga que invertir parte de él en la adquisicion de nuevos tubos.

Espero, señor Ministro, haber espuesto con estos racionios el estado actual de la cuestion petrolífera de Magallanes de una manera objetiva, i de haber cumplido la mision que el Ministerio de su digno cargo tuvo a bien encomendarme.

Dios guarde a US.

DR. ERNESTO MAIER.

Profesor de Jeología de la Universidad de Chile.

Santiago, 25 de abril de 1911.



## La fundicion de cobre <sup>(\*)</sup>

Parece, segun diarios de Suecia, que la fundicion de cobre está próxima a sufrir un trastorno, que casi puede llamarse una revolucion.

Los ingenieros Beskow i Ramen han logrado construir un horno mecánico, con el que se podrá economizar hasta 75 % en los gastos del trabajo, al mismo tiempo que se evita el peligro para la salud de los actuales hornos de mano. Con el nuevo método se consigue, como ya queda dicho, no solamente una gran economía en jornales, sino tambien en combustible, al mismo tiempo que de los minerales se aprovecha mayor cantidad de cobre i de productos accesorios. El método ya ha sido practicado un par de años por via de ensayo en la fundicion de cobre de Helsinborg.

El nuevo método ha llamado mucho la atencion en el extranjero i con este motivo ha sido la fundicion visitada últimamente por representantes de sociedades extranjeras, que han presenciado las pruebas. El resultado de estas visitas ha sido numerosas ventas de la patente i contratos de construccion de hornos. Que se trata de grandes sumas se comprende, sabiendo que una sola fundicion inglesa, que ha comprado el método, espera alcanzar una economía anual en los gastos de produccion de 25,000 libras esterlinas.



## El procedimiento de Clancy para beneficiar minerales auríferos i arjentíferos

En este procedimiento el mineral se tritura en pisones, cilindros, molinos de bolas o cualesquiera otra forma eficiente de molinos para trituracion preliminar. .

El grado de pulverizacion necesario para el procedimiento es como de 100 mallas.

---

(\*) Traducido del «Morgenbladet».

El mineral se tritura en la solución de cianuro que contiene cianámidas de calcio, sulfocianuro i sales haloideas, de modo que se encuentra bajo la influencia del tratamiento directo de cianuro practicamente despues de salir de los trituradores hasta que llega al estanque de agitacion.

En el estanque de agitacion es sometido a la accion de la electrolysis que obra sobre el cianuro que contiene los productos químicos adicionales en solución, que son solventes poderosos para los metales valiosos.

Antes de describir la solución para el tratamiento, deberia conocerse la manera de disolver la cianámidas. El cianuro de calcio del comercio se encuentra en estado de polvo negro del cual es soluble en agua como 58 a 65 por ciento.

Por lo tanto, es necesario disolver la cianámidas en un estanque separado i filtrarlo separándolo de su residuo insoluble.

Un pequeño estanque para agitar a fuerza de aire es perfectamente apropiado a este objeto, i al mismo tiempo, servirá como un estanque de depósito para el cianuro.

Puede hacerse la solución de cianámidas tan saturada como se desee, i sacarse cuando se requiera la cantidad calculada, i agregarse a la solución que contiene el cianuro. La solución del tratamiento se aumenta a 2,000 libras de agua que contienen una libra de cianuro, dos libras de cianámidas de calcio i media libra de yodo alcalino.

Si se emplean despues de los quebrantadores de roca los cilindros trituradores, por ejemplo, el producto como de 12 mallas que sale de los cilindros, se carga al molino de tubo i se convierte en arenas, alimentando al molino de la solución de tratamiento i mineral en la proporción de una parte de mineral por una parte de solución.

Las arenas descargadas se trasladan, despues de separada la porción de tamaño demasiado grande, al estanque agitador para que se le sujete a tratamiento eléctrico. Si se cree que conviene sacar los sulfuros ántes, despues o durante el beneficio, el siguiente método se encontrará ideal.

Cuando la solución que lleva en suspensión mineral en estado de pulverización mui completa, se contiene en el estanque cónico mui bien conocido, i se ajita en la proporción de 2 de solución por 1 de mineral o en la proporción de 3 de solución por 1 de mineral, si la agitacion se interrumpe por unos pocos minutos, las partículas de sulfuro mui pulverizadas se asientan en el fondo del cono, i descarga en el ápice del cono; puede sacarse el sulfuro completamente, en

union de una proporcion pequeña de las arenas que no sean sulfuradas.

Este producto sulfurado puede hacerse correr sobre jénero o cosa semejante recojiendo los concentrados mui pulverizados, haciendo pasar el exceso de la solucion de las arenas al estanque agitador para el beneficio. Presento en lo anterior medios para eliminar el uso de las mesas concentradoras i obtener un producto mui valioso en volúmen mui pequeño.

Ademas, existiendo las arenas en estado de division mui fina, la porcion sulfurada o de piritas no se acompaña de guija o de ganga, de modo que dan unos concentrados limpios de mui alta lei, resultado que no se puede obtener por el uso de las mesas concentradoras, sin emplear una cantidad de solucion mui grande, con sus gastos consiguientes.

Ahora las arenas en el estanque agitador contienen la alcalinidad correcta que ya se habrá establecido en el molino de tubo añadiendo cal, de manera que contenga de 1—10 libras a 2—10 libras de alcalinidad protectora por tonelada de solucion.

La conductividad de las arenas se obtiene agregando sal comun hasta que se llegue al voltaje requerido; 20 libras de sal por tonelada de solucion disminuirán como ya se ha manifestado, la resistencia de las arenas de modo que el voltámetro registrará como 5 o 6 voltios. En la mayoría de los casos una corriente como de 50 amperios por tonelada de mineral es suficiente.

Fácilmente se comprenderá que el costo de la fuerza eléctrica no es de ninguna manera prohibitivo. Con los electrodos de óxido de fierro es posible obtener una densidad de corriente considerablemente mayor de 50 amperios por pié cuadrado de superficie de anodo, de modo que un electrodo de 3 piés de largo por 3 pulgadas de diámetro será suficiente para el tratamiento de 3 a 4 toneladas de mineral o en otros términos, se necesitarian aproximadamente 30 de estos electrodos de óxido de fierro para el tratamiento de 100 toneladas de mineral por dia.

Si el estanque de tratamiento está hecho de fierro, puede usarse como el catodo el mismo estanque.

Tal arreglo disminuiria considerablemente por supuesto, el costo de la instalacion.

El jenerador eléctrico es el elemento principal del costo. Puede obtenerse un jenerador de pequeño voltaje, por ejemplo una máquina de 10 voltios, capaz de dar el amperaje necesario, en cualesquiera de las casas abastecedoras de maquinaria eléctrica.

Por lo tanto, queda evidente que el procedimiento puede aplicarse a cualquiera planta existente para pulverizar que esté provista de estanques agitadores; todo lo que necesita es sencillamente introducir los electrodos en las arenas de mineral circulantes que contengan los productos químicos necesarios i abrir la corriente.

Es esencial en todo caso el mantener la alcalinidad; es decir, la alcalinidad protectora de 1—10 libras de alcali por tonelada de solucion, para permitir la formacion de yoduro de cianógeno i yoduro de cianamidógeno.

Usualmente ocho horas de tratamiento bajo la electrolisis bastan para obtener la extraccion necesaria.

Despues del tratamiento de ocho horas con la corriente, la solucion de las arenas se aumenta en proporcion de una libra por tonelada de alcalinidad protectora, agregando sosa cáustica i el contenido de cianuro se renueva aumentándolo como a 1/2 libra de cianuro por tonelada de solucion.

Luego, la reposicion del cianuro se efectúa sujetando las arenas a la corriente por dos horas mas aproximadamente. Se comprenderá que la razon de añadir el alcali adicional es que la reformacion del cianuro no puede efectuarse en la presencia de un compuesto haloideo, a ménos de que la solucion que contiene sulfocianuros i cianámidas se haga alcalina.

Se comprenderá que todo el valor del procedimiento depende de la recuperacion del compuesto haloideo. A pesar de que es usual emplear dos partes de solucion por una de mineral, sin embargo, puede emplearse ventajosamente una proporcion de tres partes de solucion a una parte de mineral, es decir, usando tres partes de solucion a una parte de mineral, puede, emplearse una cantidad mucho menor de haloideo alcalino por tonelada de solucion, dando así la misma proporcion de sal haloidea por tonelada de mineral como en las arenas de la proporcion de dos partes de solucion a una de mineral, i consecuentemente, hai menor proporcion de haloide soluble para desemplazarse por las aguas del lavado en el cuajaron final.

En esta descripcion del procedimiento, necesariamente algo incompleta o breve, se ha descrito el uso de corriente i de productos químicos, pero no se ha referido costo alguno.

Por lo tanto, supondré que la siguiente solucion represente la solucion de operacion típica; 2,000 libras de agua que contiene 1 libra de cianuro, 2 libras de sulfocianuro, 2 de cianámidas de calcio y  $\frac{1}{4}$  de libra de yoduro alcalino.

Esto parece ser una mezcla formidable a la primera vista, pero

en el análisis no se demuestra tan costosa que prohíba el tratamiento económico. Por ejemplo:

1 libra de cianuro.....	36 cs.
2 libras de cianámidas.....	12 »
2 libras de sulfocianuro alcalino.....	24 »
1/4 libra de yoduro alcalino.....	70 »
	<hr/>
Suma.....	142 cs.

Esta suma no representaría el costo total de una tonelada de solución, pues no obstante el efecto de la electrolisis, prácticamente toda la sal o sales haloideas agregadas anteriormente, en unión del sulfocianuro, se encontrarán no averiadas al fin de la operación, alterándose en la descomposición necesaria el cianuro y la cianámidas solos. Por lo tanto es evidente que, sea cual fuere la proporción de solución o mineral, ha de tomarse en cuenta solo el consumo de cianuro i de cianámidas por tonelada de mineral.

El consumo de cianuro por tonelada en presencia del cianámidas resulta como de 1 libra de cianuro por tonelada de mineral beneficiado. Este consumo de cianuro se repone al gasto de seis centavos por la cianámidas i a lo mas de seis centavos por corriente, calculando el costo de corriente; calculando el costo de corriente en 2 centavos por hora de kilovatio, sumando el costo total 12 centavos por tonelada de mineral.

Ademas del costo mencionado ha de agregarse el de la fuerza eléctrica necesaria para la electrolisis de las arenas de mineral.

La fuerza eléctrica para este objeto cuesta segun cálculo, como 25 centavos por tonelada de mineral tratada; añadiendo este costo al material que contiene cianógeno i de reposición resulta un costo de 32 centavos por tonelada de mineral.

Estas cifras representarían el costo total si se recuperaran todas las soluciones sin pérdida mecánica. De esto es evidente que la recuperación de las soluciones para volver a usarlas constituye un asunto de sumo interés en este procedimiento. Por lo tanto, la recuperación mecánica de las soluciones depende enteramente de la eficiencia del filtro que se emplea.

El filtro de Moore sirve perfectamente para la recuperación de la solución, pues que proporciona un cuajarón de espesor i porosidad uniformes, lo que significa resistencia perfecta, i la resistencia perfecta garantiza el desplazamiento perfecto.

Este procedimiento de filtrar se conoce tan bien que no hace necesario una descripción detallada; basta decir que al llegar al paso final en el ciclo del tratamiento, es decir, cuando se ha lavado con soluciones estériles el cuajaron, la humedad que contiene sales solubles, que satura el cuajaron a este punto, puede ser lavado completamente con agua, dándole la cantidad de agua requerida para el desplazamiento.

La cantidad de agua necesaria para el desplazamiento se determina fácilmente sin cálculo, por la disminución del nivel del agua en el estanque de lavar.

Además, esto puede regularse perfectamente a voluntad del operador.

Debería entenderse que las cifras ya proporcionadas están basadas en el beneficio de los minerales resistentes o refractarios, i que probablemente se reducirían mucho en el tratamiento de los minerales dóciles.



## Estudios sobre escorias procedentes de fundiciones de cobre (\*)

Jeneralmente se discute entre los prácticos la costumbre que observan los hombres de ciencia al discutir i estudiar las escorias sin dar reglas fijas sobre la conveniencia de hacer tal o cual escoria en una fundición dada o bien fijar los límites extremos á que prácticamente se puede llegar en el porcentaje de cada uno de los componentes de la escoria. Este estudio tiene por objeto llenar este vacío i para ello el autor elimina toda consideración teórica y se confina única i exclusivamente a datos prácticos i aun mas usa un lenguaje de gran certidumbre que cuadraría talvez mejor a un estudio mas estenso i mas académico.

Tambien de la discusión se descarta el asunto de la cantidad de cobre contenida por tal o cual escoria i solo se enumerarán las razones por las cuales las escorias contienen cobre; ellas son tres, a saber:

---

(\*) Traducido por Ignacio Diaz Ossa, Ingeniero de Minas i Metalurgista, del libro en preparación «Madera Copper Smelting».

a). Cobre contenido como eje en suspension en las escorias, obedece a escorias mui pesadas i el remedio está en hacer escorias mas livianas o en proveer al horno de un buen aparato de decantacion o antecrisol (o bien crisol interno alto).

b). Cobre oxidado contenido en la escoria como silicato de cobre o bien como óxido de cobre en disolucion; el remedio reside en el cambio de la atmósfera del horno, usando ménos aire o mas coke o con el uso de una base fuerte.

c). Cobre en la forma de sulfuro de cobre disuelto por la escoria; este asunto depende de la no bien estudiada solubilidad de los sulfuros metálicos en ciertos silicatos o en ciertas bases i por lo consiguiente se aparta por completo del plan trazado en este estudio i pasa de lleno al dominio de la metalografía.

La clasificacion de la escoria segun sea su grado de «silicacion» parece el mas conveniente i la manera de espresar este grado por la relacion que existe entre el oxígeno de las bases i el de la sílice es la mas acertada: para hacer mas clara esta distincion los que escriben sobre metalurgia debian poner el cuidado que se observa en este estudio i que consiste en escribir la fórmula completa sin sumar los oxígenos sino colocándolos separados para que así resalten mas a la vista; un breve ejemplo ilustrará este caso; el bisilicato de fierro en vez de escribirse «Fe SiO<sub>3</sub>» que nada sujere a la vista, debia escribirse FeO SiO<sub>2</sub> que trae a la mente, de una manera rápida y gráfica la relacion que existe entre el oxígeno (O) de la base i el de la sílice.

La lista de las sustancias que entran en la formacion de las escorias es relativamente corta i se limita a un solo constituyente ácido, la sílice; las sustancias básicas son: el óxido de fierro, el de manganeso, la cal, la barita, la alúmina, la magnesia, i el óxido de zinc.

Como la manera de conducirse del óxido de fierro es igual al del manganeso, se le puede eliminar i considerarlo como si fuera únicamente óxido de fierro.

Como la aceptabilidad o bondad de una escoria guarda relacion mui estrecha con la temperatura a que se forma hai que preservar en la memoria el hecho de que dicha temperatura de formacion no tiene relacion alguna directa con la temperatura a que es necesario elevar el medio ambiente en que dicha escoria se forma para rendir a la escoria enteramente líquida i permitir así su salida fuera del horno.

Hablando primariamente sobre las funciones del horno de viento, se puede decir que ellas son dos: (a) convertir la carga lo bastante líquida para efectuar una separacion entre el eje i la escoria que



la carga contiene; i (b) permitir a la escoria su salida fuera del horno, a la par que el eje se asienta, de manera que la columna de carga vaya descendiendo en el pique del horno.

En la zona activa de combustion o foco del horno, situado sobre las toberas, se obtiene jeneralmente una temperatura de  $1,500^{\circ}$  C.; segun los esperimentos del profesor Hoffmam, una escoria, que contenga 58 % de sílice; 28 % de óxido de fierro i 14% de cal, se forma a la temperatura moderada de  $1,130^{\circ}$  C.; esta escoria podia ser considerada como igual para el trabajo del horno, cuya zona de combustion está a  $1,500^{\circ}$  C.; sin embargo dicha escoria «encallaria» cualquier horno de fundicion que no consumiese una gran cantidad de combustible. Pasada la zona de combustion la temperatura del horno baja y esta escoria, que se forma a los  $1,130^{\circ}$  C. necesita por lo ménos una temperatura constante de  $1,500^{\circ}$  C. para conservarse líquida, una temperatura mas baja la pone viscosa de tal manera que no corre en absoluto i produce el rápido encallamiento del horno.

Un caso peculiar i talvez escepcional, que ilustra mui bien la discrepancia que reina en la temperatura de formacion de una escoria, i la temperatura necesaria para ponerla en estado líquido, es el del Doctor Carpenter en la fundicion de minerales de oro en Cripple Creeck, estado de Colorado. Estos minerales tienen una ganga feldespática i contienen por consiguiente una cantidad considerable de soda i potasa.

Esperimentando en crisoles encontró que una escoria de la composicion siguiente, tenia una temperatura de formacion sumamente baja:

Si O <sub>2</sub> .....	50 %	Cao.....	10.5 %	
Feo.....	10 »	MgO.....	5.5 »	Na <sub>2</sub> O....1.6 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ....	14.1/2 %	K <sub>2</sub> O....	7.1 »	

Sin embargo, esta escoria no servia para el trabajo del horno i su único defecto era su extrema fusibilidad; se formaba la escoria a una temperatura mui baja i abandonaba el foco del horno mui lijero sin sobrecalentarse, poniéndose bajo el nivel de las toberas sumamente viscosa, es decir fria. El remedio naturalmente estaba en agregar algo que la hiciera mas infusible es decir, que levantara su temperatura de formacion; lo que él efectuó agregando magnesia hasta poner el horno en trabajo regular. Este es sin embargo un caso extremo i raro, pero sirve mui bien para ilustrar el hecho, comunmente descuidado, de que la temperatura de formacion no forma, por ningun

pretesto, motivo de eleccion por sí solo, sino rodeado de las consideraciones necesarias del caso que se tiene entre manos.

El horno de manga en su condicion mas simple, es decir, fundiendo minerales calcinados con gran cantidad de coke i poco viento ofrece un campo mas apropiado que el horno de reverbero para el estudio preliminar de la formacion de la escoria, aunque la atmósfera reducente del horno oscurece un tanto el punto en estudio. La razon porque el horno de manga es mas apropiado para este estudio es debido a que en el horno de reverbero la formacion de la escoria carece por completo de espontaneidad, cualidad que caracteriza la formacion de escorias en horno de viento.

El horno de reverbero puede considerársele como un crisol inmenso, en el cual, cualquiera cantidad de ingredientes razonablemente mezclados tienen que formar una escoria bajo la influencia de una cantidad suficiente de calor. Los ingredientes descansan sobre el piso del crisol o lavatorio del horno espuestos a un calor que sube i baja constantemente, alcanzando las temperaturas de formacion de casi todos los silicatos; hasta que «eventualmente» los ingredientes refractarios son forzados por los ya fundidos a formar alguna combinacion química o a ser simplemente disueltos, formando el todo entónces una masa líquida homogénea; esto se lleva a cabo con lentitud pero forzosamente se llega a la licuefaccion completa de la carga. El horno de manga ofrece a los constituyentes una única oportunidad de union i disolucion, que es su contacto mas o ménos rápido en el foco del horno, la formacion de la escoria depende en este punto de las afinidades que estos cuerpos, muertos a la temperatura normal, desarrollan a la temperatura en dicho foco reinante.

Esta libertad de accion caracteriza notablemente las fundiciones neumáticas (oxidantes) i aun la fundicion reducente en hornos de manga, participa de esta lei de «seleccion individual» de una manera que asombra a los que detenidamente estudian estas cuestiones.

El horno de viento considerado simplemente como un gran aparato de licuefaccion ofrece el siguiente desarrollo en la marcha de la fundicion: las partes mas fusibles de la carga se funden en la parte de arriba del pique del horno i en forma de glóbulos caen pasando rápidamente por entre los pedazos de carga no fundida, atraviesan el «esqueleto de carga incandescente, semi-fundida», que forma el foco del horno, aquí a la alta temperatura reinante ejercitan sus afinidades i, despues de sufrir las variaciones químico-físicas, resultantes de estas afinidades, siguen descendiendo hasta colocarse de-

bajo de las toberas en la zona neutral donde ya no sufren cambio alguno.

La operacion de licuefaccion pide, como es natural, un soporte en que descansa la carga no fundida, mientras la parte fundida sigue el drenaje ya indicado; en los hornos comunes de fundicion este soporte lo forma el coke no consumido que descansa al nivel de las toberas mezclado con pedazo de mineral refractario, i por sobre el cual el observador puede constantemente ver caer una lluvia incesante de gotas de eje i de escoria; estas últimas variando constantemente en su composicion, al contacto entre sí mismas o con los pedazos de mineral no fundidos aun, pero que poco a poco van siendo destruidos, ya sea por la aplicacion de sus afinidades químicas, ya por el desarrollo de sus cualidades físicas.

En el horno verdaderamente pirítico la carga descansa sobre un esqueleto de cuarzo no fundido, semi-pastoso, lleno de canales por entre los cuales se hace el drenaje de los glóbulos de sulfuro de fierro, los que bajo la accion del oxígeno del aire que en abundancia se inyecta al horno, e impelidos por la accion catalíptica del cuarzo incandescente, desarrollan su afinidad por el oxígeno transformándose en glóbulos de óxido de fierro, los que a su vez satisfacen su afinidad por el cuarzo, mientras lo atraviesan, combinándose con una cantidad de él que, ya líquido, i en forma de silicato de fierro, atraviesa la zona de las toberas i busca refugio en la parte neutral del horno o sea bajo el nivel de las toberas. El esqueleto de cuarzo del horno pirítico es tan sólido que las toberas están jeneralmente negras i una barra que atraviesa el horno no encuentra escoria ni deja ver grados de calor de alguna intensidad, indudablemente el foco del horno está mucho mas arriba que el nivel de las toberas.

Si el horno se carga con mas cuarzo que el que puede *dijerir* el óxido de fierro que se forma por la oxidacion de la pirita, se llenará el foco del horno, poco a poco con él hasta hacer imposible su funcionamiento; si lo contrario acontece, sucederá que *la pirita no se oxida* i por lo consiguiente se producirá un eje bajo, se tendrá fuego arriba del horno i, eventualmente, escorias que contienen «magnetita», precursoras del encallamiento del horno.

En la práctica las condiciones ántes dichas son raramente visibles en toda su magnitud pues, es casi imposible, por la naturaleza misma de las cosas, que el hecho de fusion del horno sea únicamente compuesto de cuarzo i de pirita. Siempre se tiene presente otros ingredientes conjuntamente con una cantidad mas o ménos grande de coke que oscurecen los fenómenos ya aludidos.

Esta introduccion la considera el autor necesaria para explicar la manera de conducirse i formacion de las escorias en las dos clases de fundicion que se practican en hornos de viento i que el autor considera como fundicion de reaccion i fundicion de licuefaccion.

Por fundicion de reaccion se entiende la que resulta en la combinacion de sustancias que anteriores a la fundicion no estaban químicamente combinadas i que dé lugar, durante el curso de ella, al desarrollo de las afinidades químicas de los constituyentes de la carga que forma el lecho de fusion. La fundicion pirítica es un ejemplo extremo de esta clase de fundiciones, ménos pronunciados, pero aun ejemplos de este tipo de fundicion, son los casos comunes de fundicion de minerales sulfurados de ganga silíceas con flujos calcáreos i ferrujinosos, con adiciones de pirita, que comunmente vemos llevar a cabo en la mayoría de los establecimientos beneficiadores de minerales de cobre.

Por fundicion de licuefaccion se entiende la simple fusion de sustancias minerales en que ya existe una combinacion química en la ganga mineral i que solo exige un levantamiento de temperatura para la fusion i para el desarrollo de cualidades físicas, tales cuales son, por ejemplo, la absorcion de un poco mas de cal, óxido de fierro, etc., para rendir la escoria mas liviana o mas fusible, o ménos viscosa, etc.

Naturalmente la mas fácil, la mas sencilla de las dos fundiciones es la de licuefaccion que no tiene como la de reaccion cambios súbitos de temperatura debido a las reacciones endo i exotérmicas provocadas; sin regla ninguna i en cualquiera parte; dentro del pique del horno, por la descomposicion de los cuerpos i formacion de otros nuevos.

Principiando a estudiar la composicion de las escorias, acompañado siempre por una consideracion cuidadosa de su grado de silicacion, nos encontramos con una «grave dificultad, que nuestros conocimientos no pueden resolver», me refiero al papel jugado por la alúmina en las escorias; es imposible para un profesional el recomendar la aceptacion de la teoría de que la alúmina juega el rol de ácido o de base o bien de que es simplemente disuelta por el resto de la escoria; el autor se limita a recomendar que *sea cualquiera la escoria que se hubiese elegido, si ella ha de contener alúmina, el grado de silicacion, previamente aceptado, se lo debe modificar en razon inversa de la cantidad de alúmina que la escoria contiene*; hablando un lenguaje comun, el autor diria que *si la alúmina sube, la sílice debe*

*bajar*. Con todo, el autor en este estudio considerará a la alúmina como una base.

Principiaremos ahora a considerar las escorias producidas bajo condiciones comerciales i que constituyen el producto inútil actual de la mayoría de los hornos de fundicion que se dedican al beneficio de los minerales de cobre.

Como la sílice es el único ácido que entra en la formacion de la escoria, exceptuando el caso rarísimo i escepcional del empleo del óxido de titanio, fácilmente queda estudiado el lado cualitativo de la parte ácida de la escoria; por lo que respecta a la cantidad de sílice, la mejor escoria es el *sesqui silicato de alta lei en fierro*, en el cual la sílice el único de fierro i la cal forman el 90% del peso total de la escoria; el resto es un 8 % hecho de BaO. Al 2 o<sub>3</sub>, MgO, MnO; F<sub>n</sub>O i K<sub>2</sub> P i el 2% restante de CuO, Cu<sub>2</sub> O, Cu<sub>2</sub> S, Fe S, Ba S, Ca S, etc. El último 2 % se puede fácilmente omitir por cuanto no tiene relacion ninguna con la formacion propiamente dicha de la escoria.

El 8 % a que aludimos tiene una importancia que no cuadra a su pequeña cantidad, no tan solo en lo que se refiere a la fusibilidad de una escoria polibásica, sino a las cualidades de fluidez i capacidad de corriente, que se desprenden de los elementos que forman este 8 %. Con los grandes hornos, estas cualidades mencionadas no tienen necesariamente la importancia que hai que atribuirles en la fundicion practicada en los pequeños hornos circulares.

El tipo de escoria a que me refiero es demasiado familiar al metalurjista para que me estienda en grandes consideraciones sobre él; su composicion puede variar desde la del silicato casi puro de fierro con escasa cantidad de cal u otras bases, hasta el que contenga tan poco fierro que ya forme escorias raras i difíciles i sobre las que de-see en especial dilucidar en este estudio.

Refiriéndome primero a la escoria que se puede hacer con la cantidad mínima de sílice i con fierro como base i asumiendo que este silicato de fierro forme el 95 % del peso total de la escoria, diré que el *mono-silicato* (2 FeO, SiO<sub>2</sub>), es la escoria mas practicable de esta clase, pero ofrece en práctica tres grandes dificultades, a saber:

a) su peso específico alto que impide una separacion distinta del eje;

b) su fuerte accion disolvente sobre los sulfuros que forman el eje;

c) su facilidad o propension al enfriamiento rápido que encalla los crisoles i ante-crisoles de los hornos.

Talvez el hecho mas curioso que se nota en estas escorias básicas es que tienen una temperatura de formacion bastante alta, temperatura que va decreciendo a medida que su grado de silicacion aumenta; este hecho escapa a la penetracion i observacion del práctico por dos razones, que son: la primera, la facilidad i fuerza con que corren las escorias mas básicas, dando la impresion de algo mui fundido mui sobre-calentado; i la segunda que las escorias mas ácidas, teniendo una temperatura de formacion mas baja, no corren i son viscosas a no ser que la temperatura del medio ambiente, en que se mueven, sea aun mucho mas alta que la de formacion. En la práctica la escoria de esta especie que da mejores resultados es un silicato de 3 : 4 de la siguiente composicion:

SiO <sub>2</sub> .....	36 %
FeO.....	59 %
Otras bases.....	5 %

Un aumento de sílice a esta escoria, aunque comercialmente de mucha ventaja disminuye rápidamente su facilidad de correr i su fluidez i hace la operacion de fundir mucho mas trabajosa i ya el horno exige ciertos cuidados; se recomienda no traspasar los límites que abajo se indican:

SiO <sub>2</sub> .....	41 %
FeO.....	54 %
Otras bases.....	5 %

Un caso interesante en que se prueba (conjuntamente con el hecho de que *la escoria que se forma en un horno depende enteramente de temperatura reinante en el lugar de su formacion*), que *las temperaturas altas promueven la formacion de los silicatos básicos de fierro*, es el de Monte Lyell en Australia.

La fundicion pirítica aquí antiguamente practicada con cantidad insuficiente de viento daba lugar a la formacion de un silicato de 4:3 que contenia 37% de sílice; el levantamiento de la temperatura por la introduccion de mas aire resultó en la formacion de un silicato que contiene 30% de sílice i que permite escorificar una gran cantidad de fierro con la ayuda de pequeña cantidad de sílice libre.

Es casi imposible hoi dia encontrar ejemplos de escorias de silicato puro de fierro; pero yo recuerdo que, en los años primeros de mi profesion, fundiendo minerales platosos de ganga casi únicamente

cuarzosa con pirritas auríferas, el horno andaba perfectamente bien con escorias del tipo que he indicado i que al llegar al límite de 40% las dificultades en la marcha se sucedían unas tras otras. Los hornos modernos pueden levantar este límite prohibitivo a un 42 o 43%, pero las consideraciones jenerales que dejó establecidas sirven con todo para esta última clase de hornos. No será necesario disertar mas sobre este tipo de escoria, ya que su formacion en la práctica es, se puede decir, enteramente nula o rarísima.

Las grandes fundiciones de cobre del mundo reciben diariamente una gran cantidad de mineral sulfurado en ganga sílicea i concentrados. Estos concentrados a primera vista aparecen como flujos que pueden ceder su fierro al mineral síliceo i promover la formacion de una escoria moderadamente ácida; sin embargo no es así, ellos, escasamente proporcionan el fierro necesario para neutralizar la sílice que contienen. Debo citar aquí la fundicion de los concentrados en el establecimiento de Anaconda porque este ejemplo viene a ilustrar la conveniencia que hai; aunque se sacrifiquen un poco las condiciones económicas, de formar el tipo de escorias que metalúrgicamente cuadre a la situacion i que asegure una marcha continua de la fundicion.

Para producir con estos concentrados una escoria que contenga 40 % de sílice, en hornos de reverbero, ellos se mezclan con 5 % de su peso de cal. Este flujo estéril asegura el mayor tonelaje del horno i rinde el trabajo mucho mas fácil i a la larga mas económico; una escoria de mayor silicacion, aunque tiene una temperatura mas baja de formacion, ha probado en Anaconda, ser ménos económica i ha disminuido notablemente la capacidad del horno por el retardo o lentitud con que la fundicion se ha llevado a cabo.

Igual cosa acontece con los hornos de viento de este gran establecimiento que con una escoria de este grado de silicacion (3:4) funden 64 toneladas por metro cuadrado de peso en las 24 horas; sin embargo, para llegar a este resultado verdaderamente bueno se agrega 22% del flujo calcáreo completamente estéril; aquí el fierro es ya reemplazado en parte por la cal i ya es difícil seguir a estas escorias en que entran otras bases estrañas; sin embargo, diré que, miéntras el óxido de fierro forme parte considerable de las bases, el 35 % de ellos, por ejemplo, i la sílice i la alúmina agregados no pasen del 47 % del peso total, la escoria es enteramente practicable, i da lugar a una buena fundicion. Si la sílice sube, la escoria que se forma, aunque lo hace a una temperatura menor que las mas básicas, causa graves dificultades i disminuye considerablemente la capacidad del horno. Es entónces mas ventajoso recurrir al flujo estéril para bajar

el grado de silicacion de la escoria; hasta qué punto conviene reducirlo es cuestion enteramente económica que se resolverá teniendo en vista las condiciones locales.

La práctica mundial me acompaña en mis observaciones sobre el grado de silicacion de la escoria i ademas de los ejemplos citados referentes a las escorias del gran establecimiento de Anaconda, quiero aun citar otro que es el de «Argo» en Denver, Estado de Colorado.

Este establecimiento, fundiendo en hornos de reverbero, minerales comprados en diferentes partes bajo las mas estrechas condiciones económicas, condiciones que exijan casi la formacion de escorias ácidas ha funcionado por un largo período de años formando escorias del tipo indicado (3:4).

Por lo espuesto verá el «práctico» i el «Metalurjista Novel» que lo mejor que han podido hacer nuestros técnicos mas avanzados es fundir un 40 % de sílice i, contando con alúmina como base, no subir las escorias del tipo de silicacion de 3:4 o, en el peor de los casos, jamas pasar el sesqui-silicato; con esto ellos verán que es inútil hacer *alarde de una pericia exajerada en la manipulacion de hornos i no irse resueltamente al escabroso camino que existe entre el sesqui i el bisilicato sin estudiar mui bien la condicion económica que, a la larga lo he dicho ya resulta en peor situación, al tratar de hacer un ahorro en flujos sin considerar los perjuicios inherentes a una marcha irregular de la fundicion i a una capacidad reducida del horno*. Si despues de considerar esto se ve en la imposibilidad (económica o local) absoluta de restringir el grado de silicacion de la escoria, no queda otro camino que la formacion de escorias ácidas, que entro en seguida a considerar.

Las escorias silíceas de baja lei en fierro i alta en bases térreas son poco comunes, sin embargo, se jeneralizan mas día a día i forman un tema interesante de estudio.

Principiaré por dar dos análisis de estas escorias; ámbas corresponden a la fundicion de Mansfeld.

	I.	II
Si O <sub>2</sub> .....	48. 6 %	48. 56%
Ca O.....	17. 1	21. 81
Al 2 O <sub>3</sub> .....	16. 2	17. 6
Mg O.....	3. 6	3
Fe O.....	5	2. 46
K 2 O.....	5.2	4. 18
I n O.....	I	I



Ambas escorias son del grado de silicacion del sesqui-silicato i contienen una cantidad pequeñísima de óxido de fierro; su practicabilidad depende de dos cosas, a saber:

a). La cantidad de bases presentes que tiende a la formacion de lo que en metalografía se llama «mezclas entécticas» significando mezclas de varios componentes que tienen temperatura de fusion mas baja que cualquiera de sus constituyentes; i

b). El encontrarse la mayoría de la sílice presente ya unida químicamente con las bases, pues ella formaba de esa manera el mineral que se fundió.

Estas escorias han sido producidas por el sistema de fundicion que a principios de este artículo llamamos «*fundicion de licuefaccion*».

Donde quiera que estas condiciones imperen es indudable que se puede fundir formando escorias parecidas a la de los análisis insertados.

Otro tipo de escorias síliceas, bajas en fierro i altas en bases térrreas, que guarda mucha analogía con las ya descritas es la resultante «*de fundiciones de reaccion*» en que se dispone de mineral sulfurado en ganga sílicea con escasa cantidad de sulfuro de fierro avaluable como flujo i que es preciso recurrir a la cal o espejuelo para neutralizar el exceso de sílice de los minerales; este caso de escorias es mui comun (especialmente en las fundiciones de Chile (1) i merece un estudio mas prolijo que el que puedo por ahora dedicarles.

Examinando las temperaturas de formacion de los silicatos de fierro de alta lei de cal, se llega a la conclusion de que la fusibilidad de ellos aumenta a medida que el grado de silicacion sube. Este estado de cosas favorece notablemente al fundidor colocado en la situacion que estudiamos, pues la restriccion del grado de silicacion de su escoria significa una adicion grande del flujo calcáreo comunmente desprovisto de valores metálicos, que importa un gasto que a veces hace fracasar el negocio por completo.

Aquí el fundidor no solo se ve forzado a contemplar la formacion de escorias ácidas de alta lei en cal que exigen un aumento considerable de temperatura en su horno, sino que tambien está obligado a estudiar la manera de oxidar el poco sulfuro de fierro de que dispone como proveedor de óxido de fierro, aunque mas no sea en pequeña cantidad, para su escoria. *Es, indudablemente, esta fundicion la mas difícil de todas i que exige sumo cuidado i estrema habilidad por parte del metalurjista; todo el problema reside en usar sufi-*

(1) Nota del traductor.

*ciente coke para producir la temperatura que la escoria calcárea exige i no pasar al extremo de usar un poco mas del necesario, pues este trae tres fatales consecuencias que significan la ruina de la fundicion; ellas son:*

a). Gran cantidad de eje de baja lei, pues el sulfuro de fierro no se oxida debido a la accion reducente que reina en el horno, resultante de la alta cantidad de coke quemado dentro de él.

b). Infusibilidad de la escoria, la que ya estaba calculada con el fierro que debia oxidarse i que no se oxida a un alto grado de silicacion i que sin el fierro no se liquida en absoluto; i

c). Levantamiento de la zona de fusion o foco del horno a la alta del pique del horno por la gran difusion del fuego que produce la cantidad considerable de coke usada.

Con todo, i como se ha dicho anteriormente, esta clase de fundicion es practicable i las escorias resultantes de ella son a veces calificadas de sospechosas por el metalurjista que no está acostumbrado a reemplazar el óxido de fierro por la cal (1).

El primer tipo de estas escorias que deseo someter a la consideracion de mis lectores, es el de la fundicion de Deadwood, del Estado de Dakota del Sur, ella analiza:

Si O <sub>2</sub>		51 %	Fe O	12 %
CaO	Mg O	32%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 %

Esta escoria necesitaba 16 % de buen coke sobre el peso neto la carga i su practicabilidad se creia residida en la cantidad de magnesia que ella contenia para introducir esta magnesia en la escoria se echaba mano de un espejuelo dolomítico.

Sin embargo esa idea, sostenida por mucho tiempo, probó ser errónea con el trabajo hecho por Charles H. Fulton, en la fundicion de este mismo mineral en Rapid City usando espejuelo purísimo.

Siento que el espacio de que dispongo no me permita entrar a detallar esta interesante fundicion, quiero sin embargo, consignar el análisis de esta escoria que es el siguiente:

(1) El traductor desea traer a la memoria del lector la esperiencia en esta clase de fundicion detallada en el Boletin de la Sociedad Nacional de Minería, correspondiente al número de diciembre de 1910, en un artículo titulado «Fundicion de cobre platoso en hornos de soplete en un solo fuego. Establecimiento de Rio Blanco», por Ignacio Diaz Ossa i llama la atencion de la escoria allí producida que contiene 50 a 52 % de sílice con 30 % de cal con solo 10 de óxido de fierro. Tambien llama la atencion al medio que el autor en dicho artículo propone para evitar el sinnúmero de dificultades que se presentan en la oxidacion del sulfuro de fierro en esta clase de fundiciones, oxidacion que segun él es a veces imposible.

Si O <sub>2</sub>	49 %	Fe O	II. 1/2 %
CaO	33 %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5. 1/2%

La fundicion aquí se practicaba con 16 % de coke i el horno exijia cada 6 dias una «limpia» que se efectuaba agregando pirita i produciendo escorias un poco mas ferrujinosas.

Recapitulando se llega a las siguientes conclusiones:

1.º—Que las escorias resultantes de la fundicion de las piritas son básicas, que su contenido de sílice debe fluctuar entre 30 i 32 %, mientras que su contenido de fierro debe subir de 50 % i las bases térrreas se deben mantener tan bajas como sea posible. Las condiciones necesarias para obtener estos resultados, suponiendo el cálculo de la carga hecha, son: introduccion de gran cantidad de aire que levante la temperatura, por una combustion rápida, la que a su vez promueve la formacion de escorias poco fusibles que, en este tipo dado de escorias, son las mas básicas; i restriccion en la cantidad de coke empleada para provocar la accion oxidante del horno i centralizar el fuego en un punto dado que participe de los caractéres de una combustion violenta i que se denomina foco del horno.

2.º—En la fundicion de minerales sulfurados esparcidos en una ganga silícea, se debe tratar de formar una escoria que contenga a lo mas 40 % de sílice, todo el fierro oxidable i el resto de la sílice debe ser neutralizada con cal; estas escorias jeneralmente contienen hasta 27 % de cal.

Las condiciones necesarias aquí para producir esta escoria son las mismas que en la anterior, aumentadas con la adiccion del suficiente espejuelo para proporcionar la cantidad de cal necesaria para bajar la lei de sílice a 40 %.

3.º—En la fundicion de ciertos minerales sulfurados con ganga compleja, se puede formar una escoria que contenga hasta 50 % de sílice i sea tan baja en fierro que solo contenga 6 %, siempre que su grado de silicatacion no sea mayor que el sesqui-silicato.

La fusibilidad i fluidez de esta escoria depende de las numerosas bases que entran en su formacion.

Las condiciones necesarias para esta fundicion son mui semejantes a la de los altos hornos para fundir fierro, i el uso de viento, calentado es mui recomendable,—i

4.º—En casos difíciles de fundicion una escoria ácida con bastante cal es enteramente practicable; hai que tener cuidado que la sílice mas la alúmina no sumen mas del 52% de la carga; el óxido de fierro puede ser tan bajo que llegue a 8 %.

Las condiciones necesarias para esta fundicion son: 14 a 16 % de coke de mui buena calidad, introduccion moderada del viento; cuidado especial en cargar o en mantener siempre la carga del horno a la misma altura i modificaciones periódicas del alto contenido de sílice i cal del horno agregando, cada vez que el horno marche mal, fierro para producir una escoria mas básica.

Para concluir, quiero sujerir la idea a los metalurjistas noveles, que tengan a su cuidado un caso difícil de fundicion, el comenzar formando la escoria mejor que se pueda i poco a poco ir entrando a cambiar las cargas hasta dar con lo de antemano resuelto; esta manera de proceder da tiempo, tanto a él mismo, como a su mayordomo i jente de habituarse, paso a paso, en las muchas dificultades inherentes a una fundicion difícil i se hace despues mucho mas fácil la manipulacion del horno, aun en medio de todas esas dificultades (1).

EDWARD D. PETERS,  
 Profesor de Metalurjia de la Universidad  
 de Harvard, E. U. de N. A.



## Métodos Rápidos de Análisis Técnicos

(Conclusion)

MERCURIO (Hg.)

127. (Método modificado de Eschka). Al fondo exterior de una capsulita de porcelana o de níquel, de un tamaño de mas o ménos 3 cms. de altura por 4 1/2 cms. de diámetro, se ajusta una lámina delgada de plata o de oro, se la coloca encima de otra capsulita de tamaño de mas o ménos 4 cms. de altura por 3 1/2 de diámetro, así que la capsulita superior, con lámina, forma una tapa a la capsulita inferior. La lámina debe estenderse mas o ménos 1 cm. arriba de la orilla de la capsulita inferior, i se la dobla para abajo i fuera de la orilla de la capsulita inferior así formando una tapa bien ajustada. En una lámina gruesa de asbesto se hace una perforacion del diámetro de 3 cms.

(1). Este artículo es un capítulo del libro del Dr. Peters, en preparacion, intitulado «Modern Copper Smeltings».

mas o ménos, en la cual se coloca la capsulita inferior de tal manera que mas o ménos la mitad estienda abajo del asbesto. El tamaño de la lámina de asbesto es mas o ménos  $15 \times 15$  cms. se la coloca sobre un trípode bajo el cual se puede colocar una lámpara de soplete.

128. Para el ensaye se pesa la lámina de plata u oro, i en la capsulita inferior se mezcla medio gramo de la muestra con mas o ménos  $1/2$  gramo de tiza i 2 gramos mas o ménos de limaduras de hierro libre de polvo que pase un tamiz de 80 mallas; se tapa la capsulita con la lámina de metal, se colocan dos gotas de agua encima de la lámina i entre el fondo i la capsulita superior, se llena esta última con agua para mantener fria la lámina de metal i se calienta suavemente el fondo de la capsulita inferior para destilar el mercurio, el que debe condensarse sobre la lámina de metal. Despues de mas o ménos 10 minutos se aumenta el calor de la lámpara i al mismo tiempo cuidando de reemplazar el agua perdida por evaporacion en la capsulita superior i las gotas entre el fondo i la lámina de metal. En mas o ménos 20 minutos se encontrará todo el mercurio destilado i unido a la lámina de metal en forma de amalgama; se la enfria, se la lava con agua i despues con alcohol, se la seca i se la pesa; el aumento del peso de la lámina es Hg. Para preparar la lámina para otro ensaye se la quema hasta completa volatilizacion del mercurio, se la pesa nuevamente ántes de seguir con otro ensaye.

#### CADMIO (Cd.)

129. Se emplea la misma solucion de ferro-cianuro de potasio mencionada en el párrafo 62. Para titularla se pesa 100 miligramos de cadmio puro i se disuelve i titula de la misma manera ya descrita para zinc, en el citado párrafo.

130. Para el ensaye se disuelve medio gramo de la muestra en una cacerola con 10 c. c. de agua e igual cantidad de ácido nítrico; despues de la primera accion violenta se agregan 2 gramos de clorato de potasio i se le evapora hasta sequedad; se agregan mas o ménos 4 gramos de hidrato de potasio i 30 c. c. de agua, se le hierve, se le filtra lavándolo con agua caliente i solucion débil de hidrato de potasio. El zinc queda disuelto en el filtrado i se puede determinarlo de la manera ya descrita en el párrafo 59.

131. Se traspasa el precipitado que contiene el cadmio a un vaso, se agregan 2 gramos de cloruro de amonio, 10 c. c. de amoníaco i 30 c. c. mas o ménos de agua, se le hierve, se le filtra, se le lava con agua

caliente i amoníaco i se concluye el ensaye del cadmio tal como se ha descrito para el zinc en los párrafos 59 i 60, pero usando el título obtenido con el cadmio, según procedimiento descrito en el párrafo 129.

### PLATA (Ag.)

132. Se pesan 10 gramos de la muestra i se les coloca en un crisol de arcilla con 40 gramos mas o menos de litarjirio i 30 gramos mas o menos de bicarbonato de sodio. Si la muestra no contiene sulfuros se agregan mas o menos  $1\frac{1}{2}$  gramos de harina, si contiene mucho óxido de hierro se agregan mas o menos 3 gramos de harina, pero si es sulfurado se agrega nitro (nitrato de potasio) en proporcion a la cantidad de sulfuros contenida. Por ejemplo, un mineral con casi nada de sulfuros no necesita nitro, un mineral con regular cantidad de sulfuros necesita mas o menos 6 gramos i un mineral de pura pirita necesita hasta 20 gramos. Se mezcla el contenido del crisol, se le tapa con 5 gramos mas o menos de bórax vidrificado i se le funde en un horno de viento o mufla, principiando con calor regular para aumentarlo hasta la mayor temperatura posible, dejándolo unos cinco minutos despues que haya cesado toda accion química; se le vacia en un molde de hierro de forma cónica, se le enfria i se separa el boton de plomo de la escoria. El tamaño conveniente del boton es de 10 a 16 gramos, i si es blando i libre de mata, se le machuca sobre una bigornia dándole una forma cúbica para librarlo de la escoria i se le copela. Si el boton es chico se repite el ensaye variando la cantidad de harina o nitro para obtener boton mas grande, recordando que un gramo de harina reduce mas o menos 10 gramos de plomo i un gramo de nitro *impide* la reduccion de mas o menos cuatro gramos de plomo. Si el boton es mui grande o contiene mata o cobre, se le coloca, sin machucarlo, en una escorificadora, se agrega plomo granulado para formar con el boton un peso total de mas o menos 30 gramos, se agrega medio gramo de bórax i se le funde en una mufla obteniendo así un boton puro i de un tamaño reducido.

133. En la copelacion del boton o de los botones, se emplea una copela de mas o menos 2 cms. de altura por 3 cms. de diámetro. En jeneral, la copela debe pesar de 20 a 30 % mas del boton. Se colocan las copelas en filas en la mufla con una fila de copelas usadas al frente de todo, se las calientan 20 minutos ántes de introducir los botones. Una vez colocados los botones, se cierra la puerta de la mufla hasta que la superficie de todo esté limpia i brillante, entónces

se abre la puerta, se reduce la temperatura un poco por medio de crisoles o escorificadoras vacías que se introducen a la mufla atrás de las copelas. Antes de la conclusion de esta operacion, se sacan los crisoles, se cierra la puerta i se hace subir la temperatura para eliminar todo el plomo del boton de plata. En caso de enfriarse los botones durante la copelacion, es absolutamente necesario repetir los ensayes desde el principio. Concluida la copelacion, se abre la mufla, se baja la temperatura, se sacan las copelas poco a poco de la mufla para evitar la *vejetacion* de los botones de plata, se les limpia i se les pesa; cada milígramo corresponde a un D. M. (diez milésimo). Se aconseja efectuar los ensayes por duplicado i los dos granos de plata obtenidos deben conformar en peso.

134. El D. M. tiene los siguientes equivalentes:

0.01 % (Un centésimo de uno por ciento).

2.917 onzas troy por tonelada americana de 2000 libras.

3.215 » » » » métrica de 1000 kilos (2204.6 libras).

3.267 onzas troy por tonelada inglesa de 2240 libras (1016 ks.)

135. Se emplea el método de escorificacion sobre las matas (eje) i otras sustancias mui cupríferas. Se pesan, en cuadruplicado, dos i medio gramos de la muestra, se mezcla en una escorificadora con 30 gramos de plomo granulado, se tapa con otros 30 gramos de plomo i 1 gramo de bórax vidricado, se las colocan en una mufla caliente, se cierra la puerta hasta que los contenidos se hayan fundido i las superficies aparezcan brillantes, se abre la puerta bajando un poco la temperatura, se dejan escorificar hasta que la escoria haya cubierto la superficie del plomo, se cierra la puerta i se hace subir la temperatura todo lo posible para efectuar la completa licuefaccion de la escoria ántes de vaciar las escorificadoras; se separan los botones de la escoria, se les colocan en otras escorificadoras con plomo granulado i se les reescorifican como ántes; se copelan los botones i se les pesan por separado para confrontar los pesos un grano i los otros.

#### ORO (Au.)

136. En un matraz de capacidad de 30 c. c. mas o ménos se colocan 5 c. c. de ácido sulfúrico concentrado, se le hierve varios minutos i durante el hervor se agregan uno o varios de los granos de plata obtenidos en el ensaye para plata ya descrito; se continúa el hervor para disolver toda la plata, se enfria el matraz, se decanta el contenido, se

lava el residuo de oro con agua caliente, se la decanta, se agregan 10 c. c. de ácido nítrico diluido (2 volúmenes de ácido a 3 de agua), se le hierve, se llena el matraz con agua caliente libre de cloro, se la decanta, se le llena otra vez con agua caliente conteniendo amoníaco i se le invierte en una capsulita de porcelana, se deja asentarse el oro, se decanta por última vez, se seca el oro, se le quema i se le pesa; cada milígramo correspondiendo a 10 C. Ms. (cien milésimos).

137. Se deduce el peso del oro del grano de plata para obtener el verdadero peso de la plata.

En caso que el grano de plata no se disuelva en el ácido, es indicacion que el grano contiene mas de 25 % de oro i es menester proceder a la *incuartacion*, es decir, fundir el grano en una copela o por medio de un soplete con tres veces su peso de plata pura, para en seguida separar el oro de la plata con el ácido, tal como se ha descrito.

## ANALISIS ESPECIALES

### PLATA EN BARRA

138. *Método por via seca.*—Se pesa un gramo de plata, químicamente puro, i un gramo, por duplicado, de la muestra; se agregan a cada una 5 gramos de plomo puro laminado, sobre peso, i se copelan los tres lado a lado en el centro de una mufla a la temperatura mas alta que sea posible. Concluida la copelacion se enfria la mufla, se retiran las copelas poco a poco para evitar la *vegetacion* de los granos de plata, se les pesan i al peso del grano de la muestra se agrega el peso que perdió el gramo de plata pura. Se determina el oro en la manera ya descrita en el párrafo 136 empleando 15 c. c. de ácido sulfúrico.

139. *Método por via húmeda.*—Se hace una solucion de sulfo-cianuro de amonio, disolviendo 750 miligramos de la sal en un litro de agua. 1 c. c. vale mas o ménos un milígramo de plata i para titularlo se disuelven 50 miligramos de plata pura en 5 c. c. de ácido nítrico libre de cloro i 10 c. c. de agua tambien libre de cloro, se le hierve para espeler humos rojos, i se le diluye hasta 100 c. c. con agua, se agregan 5. c. c. de una solucion de nitrato férrico (5 gramos mas o ménos de la sal en 200 c. c. de agua), i se le titula con la solucion de sulfo-cianuro; la terminacion es indicada por un color rosáceo débil.

140. Se hace otra solucion disolviendo 12.6 gramos de sal co-



mun en un litro de agua i para titularlo se pesan exactamente dos gramos de plata pura, se les disuelve en un matraz en 10 c. c. de ácido nítrico i 20 c. c. de agua, siempre libres de cloro, se espelen los humos rojos, se enfria el matraz, se agregan de una pipeta *Dafert* exactamente 100 c. c. de la solución de la sal común, se sacude el matraz vigorosamente despues de taparlo bien, se diluye el contenido hasta un volúmen de 200.5 c. c., se le sacude otra vez, se deja asentarse el precipitado de cloruro de plata i por medio de una pipeta se sacan 100 c. c. del líquido claro que corresponden a un gramo de la muestra, que se titulan con la solución de sulfo-cianuro de amonio despues de agregar 5 c. c. de la solución de nitrato férrico. La cantidad de plata que corresponde a la solución del sulfuro-cianuro de amonio consumida, se multiplica por dos, se deduce el peso así obtenido de dos gramos i la diferencia representa la cantidad o peso de plata precipitada por 100 c. c. de la solución de sal común. Se debe variar la concentración de esta solución de tal manera que 100 c. c. precipitarán mas o ménos 1.99 gramos de plata o un poquito ménos que la cantidad de plata fina contenida en las barras que se ensayan, así que casi la totalidad de la plata de la muestra quedará precipitada por la solución de sal, dejando solamente una pequeña parte de la plata en solución para concluirse con la mas delicada titulación con la solución de sulfo-cianuro de amonio.

141. Para ensayar la muestra de plata en barra se pesan dos gramos i se procede de la manera ya descrita para titular la solución de sal común, concluyendo el ensaye lado a lado con el título de los dos gramos de plata pura, de manera que el color rosáceo de la terminación del ensaye, sea de la misma intensidad que el del título.

#### ORO EN BARRA

142. Se prepara oro químicamente puro, del siguiente modo:— Se disuelven 10 gramos mas o ménos de residuos o granos o lámina de oro en agua rejia, se le evapora hasta desprendimiento de cloro libre, se le diluye con agua destilada hasta un volúmen de mas o ménos 10 litros, se deja asentarse durante una semana, se decanta el líquido claro sobre un filtro por medio de un sifon para que no sea ajitado el residuo, se agregan a la solución 2 libras de ácido oxálico previamente disuelto en agua i filtrado, se revuelve la mezcla, se deja asentarse el oro durante una semana, se decanta el líquido claro, se lava el oro dos veces por decantación con agua caliente, se le ataca

con ácido nítrico diluido, se le lava dos veces mas con agua caliente, una vez con amoníaco y por ultima vez con agua caliente, se le seca i se le funde en un crisol de plombajina.

143. Para el ensaye de la muestra de oro en barra, se la pasa por rodillos laminadores, observando estricta limpieza en esta como en todas las operaciones. De la lámina se pesa por duplicado medio gramo, i tambien medio gramo del oro puro (oro de prueba), empleando una balanza mui delicada. A cada uno se agregan 20 miligramos de cobre puro, 1.25 gramos de plata i 4 gramos de plomo puro laminado, pesando todo. Se calientan de antemano, las copelas durante 20 minutos mas o ménos, a todo calor posible, se introducen los ensayes i el oro de prueba, copelándolos lado a lado con todo calor posible; concluida la copelacion se sacan las copelas, se limpian los granos de plata que contienen el oro, se les reduce a láminas delgadas, se les templea en la mufla a una temperatura roja, se les atacan con ácido nítrico de 22 B. (3 volúmenes de agua a 1 de ácido concentrado) durante cinco minutos, se decanta el líquido claro, se les ataca con ácido de 32° B. (1 volúmen de agua a 1 de ácido concentrado) hirviéndolos otros cinco minutos, se decanta otra vez el líquido claro, se lavan los granos de oro cuatro veces con agua caliente, se les seca, se les templea hasta que se obtenga el color brillante del oro y se les pesa, agregando a cada ensaye la cantidad de oro perdida del oro de prueba. (La pérdida es mas o ménos 1/2 milígramo.) Se indica la pureza de la plata i del oro en tantas partes finas por mil, por ejemplo: 998.5 fina, quiere decir 99.85 %.

#### COBRE EN BARRA

144. *Plata i oro.*—Se colocan 20 gramos de la muestra en un vaso de capacidad de mas o ménos 700 c.c., se agregan 150 c. c. de agua fria y 50 c. c. de ácido nítrico, despues que haya cesado la accion violenta, se agregan 30 c. c. de ácido concentrado, o bastante mas para disolver todo el cobre, se diluye la solucion con agua caliente hasta un volúmen de mas o ménos 1/2 litro, se deja asentarse durante una hora i se le filtra lavando el residuo, que contiene el oro, con agua caliente i unas gotas de ácido nítrico; en el filtrado se precipita la plata con ácido clorhídrico, agregando la cantidad mínima posible i revolviendo la solucion despues de la adicion de cada gota del ácido. Se deja asentarse durante una noche, se filtra el precipitado de cloruro de plata lavándolo con agua caliente i pocas gotas de

ácido nítrico, se coloca el filtro con el precipitado en una escorificadora junto con el filtro que contiene el oro, se seca el papel, se le quema, con adición de un gramo de litarjirio, a poco calor, se agregan mas o ménos 20 gramos de plomo granulado i se determinan la plata i el oro por escorificación, tal como se ha descrito en el párrafo (135).

145. *Cobre.*—El filtrado obtenido del precipitado de plata es diluido con agua fria hasta un volúmen de 1 litro en un matraz calibrado con cuidado por medio de una pipeta «Dafert» de 25 c. c. de capacidad. (Se describe esta pipeta en el catálogo de la casa Eimer & Amend, de New York, aparato N.º 4267). Se trasfiere la solución a un vaso grande para mezclarla con una varilla de vidrio, se saca 25 c. c. por medio de la misma pipeta «Dafert» i sin lavar su interior; los 25 c. c. sacados corresponden a medio gramo de la muestra i se determina el cobre por la electricidad, segun el método ya descrito en el párrafo (84). Se sacan otros 25 c. c. de la solución como reserva, para el análisis de cobre.

146. *Hierro.*—Del resto de la solución se saca medio litro que corresponderá a 10 gramos de la muestra, se agrega amoníaco en exceso, se le hierva durante mas o ménos dos minutos, se deja asentarse i se le filtra, lavándolo con agua caliente i amoníaco, se redissuelve el precipitado de hierro en un poco de ácido clorhídrico, se le precipita otra vez con amoníaco, se le filtra, se le lava, se le disuelve por segunda vez con ácido clorhídrico i se determina el hierro de la manera ya descrita en el párrafo (12).

147. *Residuo Insoluble.*—Se colocan 6 gramos de la muestra en un matraz con mas o ménos 6 gramos de clorato de potasio i 30 c. c. de agua caliente se agregan poco a poco 15 c. c. de ácido clorhídrico i despues de 15 minutos se agregan poco a poco 30 c. c. mas de ácido clorhídrico, se le calienta sin hervor durante 20 minutos i se deja asentarse un rato para enseguida decantar el líquido claro. Si queda todavía un poco de cobre en el residuo se le disuelve con ácido clorhídrico i clorato de potasio i se reunen las dos soluciones, se agrega otro gramo de clorato de potasio, se hierva la solución para espeler olor a cloro libre, se agregan 10 c. c. de ácido clorhídrico, se lavan los costados del vaso, se hierva la solución otra vez i se la filtra, lavando el filtro con agua caliente i unas gotas de ácido clorhídrico, se remueve el filtrado, guardándolo para la determinación del azufre, párrafo (148), y se lava el filtro con agua caliente i ácido nítrico, i en seguida con amoníaco, botando los últimos dos lavados; se seca el papel del filtro, se le calcina i se le pesa el residuo insoluble, dividiendo el número de miligramos por 60 para obtener el porcentaje. (En algu-

nas partes es posible obtener «cloro líquido» i su uso, en lugar de clorato de potasio, es ideal para disolver cobre metálico).

148. *Azufre*.—Al filtrado del residuo insoluble, se agregan 200 miligramos mas o menos de cloruro de bario i en caso de que se produzca precipitado notable de sulfato de bario, se agregan 300 miligramos mas; se hierve i se filtra, lavándolo con agua caliente i unas gotas de ácido clorhídrico, se seca el filtro, se le calcina i se pesa el sulfato de bario, multiplicando el peso en miligramos por 0.00229 para obtener el porcentaje de azufre sobre los 6 gramos de la muestra tomados.

149. *Arsénico*.—Se evapora el filtrado del azufre, hasta un volumen de mas o menos 100 c. c. se le trasfiere a un matraz de destilacion de capacidad de mas o menos 250 c. c., se agregan exactamente 4 gramos mas de la muestra de cobre i 20 c. c. de ácido clorhídrico, se conecta el matraz a un condensador ya descrito en el párrafo (99) i se procede a la destilacion del arsénico sin agregar el sulfato ferroso, pues los 4 gramos de cobre disuelven en la solucion de cloruro cuprico formando cloruro cuproso que reduce el arsénico a cloruro arsenioso. Se continúa la destilacion hasta que se haya disuelto todo el cobre i tambien hasta que principie la solucion a saltarse, entónces se agregan 20 c. c. mas de ácido clorhídrico, se continúa la destilacion hasta que el contenido del matraz salte otra vez, se quita el destilado i se determina el arsénico de la manera ya descrita, principiando con la línea duodécima del párrafo (100). Como se ha tomado un total de 10 gramos de la muestra, entónces 1 c. c. de la solucion de yodo vale un centésimo por ciento de arsénico

150. *Antimonio*.—Al matraz de destilacion se agregan 10 c. c. de ácido clorhídrico i agua caliente para disolver el contenido que se trasfiere a un vaso grande diluyéndolo a un volumen de mas o menos 400 c. c., se le satura con gas de ácido sulfuroso que se prepara en otro matraz, hirviendo cobre metálico puro con ácido sulfúrico concentrado. Una vez saturado, se saca el tubo de entrega ántes de quitar la lámpara; al vaso se agregan 11.80 gramos de sulfo-cianuro de amonio para precipitar casi todo el cobre en forma de «Cu CNS», se revuelve la solucion, se deja asentarse i se le filtra, lavándolo con agua caliente; ahora el filtrado contiene las impurezas como antimonio, plomo, bismuto, níquel, cobalto i un poco no mas de cobre; se le hierve para expeler todo el exceso de ácido sulfuroso, se precipita los metales pesados por medio del hidrójeno sulfurado, se calienta un poco, se filtra, se lava con agua caliente i agua conteniendo hidrójeno sulfurado i se guarda el filtrado para la determinacion de níquel i cobalto (párrafo 153). Se coloca bajo el filtro un vaso i se disuelve

el sulfuro de antimonio con una solución de hidrato de potasio i se concluye su determinación de la manera ya descrita en el párrafo 93) principiando con la novena línea. (En este caso el precipitado no contiene arsénico.)

151. *Plomo*.—Se disuelve el precipitado, que contiene todavía el plomo i bismuto, en un poco de ácido nítrico, separándolo del filtro; se agregan 3 c. c. de ácido sulfurico, se le hierva hasta desprendimiento de humos densos blancos, se le enfria, se agregan 100 c. c. de agua i se concluye la determinación del plomo de la manera descrita en el párrafo (76).

152. *Bismuto*.—Se neutraliza el filtrado del plomo, con amoníaco, se agregan en exceso una solución de carbonato de amonio i se concluye la determinación del bismuto de la manera descrita en el párrafo (119) principiando con la quinta línea.

153. *Níquel i cobalto*.—El filtrado mencionado en el párrafo (150) se evapora para espeler todo el olor a hidrógeno sulfurado, se agregan mas o menos 3 c. c. de ácido nítrico, se le hierva 3 minutos, se agrega en exceso una solución de hidrato de potasio, se hierva, se deja asentarse i se filtra, lavándolo con agua caliente; se disuelve el precipitado con 30 c. c. mas o menos de amoníaco diluido con agua, se le hierva un rato, se filtra por el mismo filtro lavándolo con agua caliente i amoníaco, se agregan al filtrado 5 c. c. de ácido sulfúrico previamente diluido en agua fria i 20 c. c. mas de amoníaco, se diluye la solución hasta un volumen de mas o menos 130 c. c. i se precipita el níquel i cobalto en forma metálica por medio de la electricidad.

154. *Oxígeno*.—No se determina directamente el oxígeno que contiene el cobre en barra, sino por diferencia, entre 100 % i la suma de las leyes de Cu., Ag., Au., Residuo Insoluble, Fe., S., As., Sb., Pb., Bi., Ni. i Co. Dicha diferencia consiste en su mayor parte en oxígeno, pero tambien puede consistir en pequeñas cantidades de telurio i selenio.

#### COBRE REFINADO

155. Las principales impurezas son arsénico, bismuto, antimonio i plata, i como existen en pequeñas cantidades se les determina sobre 50 gramos de la muestra. Primeramente se disuelven 30 gramos de la manera descrita en el párrafo 147, empleando cinco veces las cantidades de reactivos indicados; una vez disuelto se agregan 20 gramos mas de la muestra i 30 c. c. de ácido clorhídrico i se destila el arsénico, empleando un matraz de capacidad de mas o menos me-

dio litro. Despues del arsénico se determina el antimonio, segun lo descrito en el párrafo 150, pero en este caso es menester agregar 60 gramos de sulfo-cianuro de amonio. En la determinacion de la plata, se disuelven 50 gramos en ácido nítrico i agua, empleando mas o ménos 200 c. c. del ácido i se concluye la determinacion de la manera ya descrita en el párrafo 144, sin prévia filtracion del oro.

#### CARBON DE PIEDRA I COKE

156. *Humedad*.—A una capsulita pesada se agrega 1 gramo de la muestra, se coloca la capsulita sobre una plancha caliente de hierro, dejándola mas o ménos 20 minutos a una temperatura entre 100° i 120° cent.; la pérdida es la humedad.

157. *Materia volátil*.—Se tapa la capsulita con su tapa de platino bien ajustada, se la coloca adentro de un crisol de arcilla, se llena el crisol con pedacitos limpios de coke, se tapa el crisol con una escorificadora tambien ajustada a la orilla del crisol i se calienta todo fuertemente en una mufla durante 20 minutos; en seguida se saca el crisol i en cuanto esté frio se le abre para sacar la capsulita de platino que se pesa; la diferencia en peso, o mejor dicho, la pérdida adicional es la materia volátil.

158. *Carbon fijo*.—Se destapa la capsulita i se la quema en una mufla o sobre una lámpara de soplete, hasta que quede completamente consumido el carbon. La ceniza debe ser casi blanca, i se enfria la capsulita, se la pesa, i esta última pérdida de peso representa el carbon fijo. Tambien se obtiene en el acto el peso de la ceniza, i las leyes de humedad, materia volátil, carbon fijo i ceniza deben sumar 100%.

159. *Análisis de la ceniza*.—Se queman mas o ménos 10 gramos de la muestra hasta obtener ceniza bien blanca; de esta ceniza se pesa  $\frac{1}{2}$  gramo i se determinan sílice, hierro, alumina, cal i magnesia de la manera ya descrita en los párrafos 7 hasta 25 i 31, se omite el tratamiento con hidrójeno sulfurado i se determina la cal sobre el precipitado mencionado en el párrafo 24.

160. *Azufre*.—Se coloca  $\frac{1}{2}$  gramo del combustible en una cacerola de porcelana, se agregan 1 c. c. de agua i poco a poco 5 c. c. de ácido nítrico i se la tapa; despues de la cesacion de la accion violenta, se agregan poco a poco otros 5 c. c. del mismo ácido i un gramo de clorato de potasio i se concluye la determinacion del azufre de la

manera ya descrita en el párrafo 78. Algo del azufre es incluido en la lei de la materia volátil i el resto en la lei del carbon fijo.

#### ANÁLISIS DE AGUA

161. *Residuo sólido*.—Se evapora medio litro de la muestra de agua hasta un volúmen de mas o ménos 30 c. c., se le trasfiere a una capsulita o cacerola de platino pesada, se le evapora hasta la sequedad, dejándolo unos 20 minutos a una temperatura de 100° hasta 140° cent., se le pesa i el aumento del peso de la capsulita representa el residuo sólido.

162. *Materia orgánica i volátil*.—Se quema el residuo i se le pesa otra vez; la pérdida representa la materia orgánica i volátil.

163. Del residuo sólido se pesa medio gramo i se determinan sílice, alúmina, hierro, cal i magnesia de la manera descrita en los párrafos 17 hasta 25, pero sin la necesidad de fundirlo con carbonato de sodio, ni de tratarlo con ácido fluorhídrico, ni hidrógeno sulfurado.

164. *Azufre en estado de sulfato*.—A 100 c. c. se agregan 5 c. c. de ácido clorhídrico, se hierve, se agrega solucion de cloruro de bario, se hierve, se filtra, se lava i se pesa el sulfato de bario i el peso multiplicado por 0.3435 da  $SO_2$ .

165. *Cloro*.—A 100 c. c. de la muestra se agrega un poco de la solucion de cromato de potasio i se titula con nitrato de plata de la manera descrita en el párrafo 113, sin deducir la cantidad de la solucion consumida en un ensaye en blanco.

Se indican las varias leyes en gramos por litro i se determina el peso específico por medio de un hidrómetro, i entónces será fácil calcular las leyes e informarlas en cualquiera manera.

#### ELECTROLITOS DE LAS REFINERÍAS DE COBRE

166. *Acido libre*.—Se prepara una solucion de cobre amoniacal, disolviendo mas o ménos 20 gramos de sulfato de cobre en agua caliente para en seguida agregar 150 c. c. de amoníaco concentrado i diluirlo con agua fria hasta un volúmen de 1 litro. Para titularlo se prepara otra solucion de ácido sulfúrico; de un ácido de 65.9° B. (peso específico de 1.84) se toma 54.4 c. c., equivalente a 100 gramos i se les diluye con agua fria hasta un litro; un c. c. contiene 0.1 gramo de  $H_2SO_4$ . Se toman 10 c. c. del ácido i se titula con la solucion de cobre amoniacal, agregándole de una bureta poco a poco; se la revuelve despues de cada adicion para disolver el precipitado blanco

formado i la titulacion ha terminado, en cuanto queda un pequeño precipitado blanco persistente.

167. Para el análisis se toman de la muestra del electrólito, desde 5 hasta 100 c. c. (jeneralmente 10 c. c.) i se les titulan de la misma manera con la solucion de cobre amoniacal. Se calcula el número de gramos por litro i se les divide por diez i despues por el peso específico para obtener el porcentaje de ácido libre.

168. *Cobre.*—Se agregan 10 c. c. de amoníaco a 5 c. c. de la muestra que se ha peroxidado previamente con ácido nítrico; se agregan 100 c. c. mas o ménos de agua fria i se titula con una solucion de cianuro de potasio.

169. *Cloro.*—Se tratan 5 c. c. de la muestra, de la manera ya descrita en el párrafo 116 despues de neutralizarlo con hidrato.

170. *Hierro.*—Se tratan 10 c. c. de la manera descrita en el párrafo 146, principiando con la segunda línea.

171. *Arsénico.*—En un matraz de destilacion de capacidad de mas o ménos 30 c. c. (una onza), se colocan 10 c. c. de la muestra, 5 c. c. de ácido clorhídrico i un gramo de sulfato ferroso i se determina el arsénico por destilacion, titulándolo con la solucion de yodo mencionada en el párrafo 96.

172. *Antimonio, bismuto, níquel i cobalto.*—Sobre el residuo del matraz de destilacion se determinan los cuatro elementos indicados segun los métodos descritos en los párrafos 150, 152 i 153; en vez de los 11.83 gramos de sulfo-cianuro de potasio mencionados en el párrafo 150, se agregan solamente la cantidad suficiente para precipitar el cobre.

#### PLOMO REFINADO

173. Se disuelven 108.4 gramos en 600 c. c. de agua i 130 c. c. de ácido nítrico, se agregan 35 c. c. de ácido sulfúrico, se diluye hasta un litro, se deja asentarse i se sacan 900 c. c. del líquido claro, los que corresponden a 100 gramos del plomo. Se evapora hasta humos densos blancos, se enfria, se diluye i se filtra lavándolo con agua i ácido sulfúrico diluido. Al filtrado se pasa una corriente de hidrógeno sulfurado que precipitará Cu., As., Sb. i Bi., los que se determinan segun los métodos ya descritos. En el filtrado se determinan el Fe., Ni., Co. i Zn., tambien de la manera ya descrita.

La plata i oro se determinan, copelando 10 gramos en cuadruplicado.



## Decreto que crea varios Consejos encargados de reorganizar la enseñanza profesional en el país

*Santiago, 15 de Marzo de 1911.*

S. E. decretó hoy lo que sigue:

Seccion 1.<sup>a</sup> Núm. 676.—Considerando que las diversas Escuelas de carácter técnico i profesional dependientes del Ministerio de Industria i Obras Públicas tienen deficiencias manifiestas con relacion a las necesidades actuales de las industrias, i algunas de ellas se alejan de los fines para que fueron creadas, no justificándose por los resultados obtenidos los cuantiosos gastos que originan;

Que se impone, en consecuencia, su reorganizacion dándoles una direccion superior que imprima un rumbo determinado a la enseñanza, consultando las necesidades de las diversas industrias que deben servir, a la vez que las condiciones pedagógicas que todo establecimiento de enseñanza debe satisfacer;

Que esta direccion no puede estar a cargo de una sola persona, ni de un solo Consejo por la multiplicidad de tareas que se le encomienda, ya que debe precisar las condiciones de preparacion elemental con que los niños deben ingresar a las diferentes escuelas; confeccionar los planes de estudio adaptables a ellas segun los fines de la enseñanza i las necesidades rejionales de las diversas zonas del país; comprobar los resultados de esta enseñanza que debe de ir hasta determinar los medios de mejorar i fomentar en cada momento el servicio que se le encomienda, por la adopcion o adaptacion de las reformas aconsejadas por la esperiencia de países mas adelantados;

Que toda la enseñanza dependiente de este Ministerio puede dividirse en cuatro grupos que la abarcan por entero: Enseñanza Agrícola, en la que se comprenden desde el Instituto Agrícola hasta las diversas Escuelas Prácticas de Agricultura i de otras industrias, como la pesquería, etc.; Escuelas Prácticas de Minería; Escuelas Técnicas de Artes i Oficios e Industriales de Hombres i Profesionales de Mujeres;

Que cada uno de estos grupos debe estar bajo la supervijilancia de un Consejo Superior de Enseñanza Especial que atenderá al me-

joramiento de esta enseñanza en todo el país, a los cuales el Ministerio dejará la iniciativa en la confección de los Reglamentos según los cuales se organice la enseñanza a su cargo, teniendo siempre presente que el éxito de toda enseñanza profesional depende de la preparación intelectual del alumno que a ella ingresa i de la necesidad de que éste haya cursado toda la enseñanza primaria; i

Que en estos Consejos deben estar representadas las necesidades industriales a que responden la existencia de la Sociedad Nacional de Agricultura, la Sociedad Nacional de Minería i la Sociedad de Fomento Fabril, i las exigencias pedagógicas de todo establecimiento de enseñanza.

#### DECRETO:

Créase un Consejo de Enseñanza Técnica para cada uno de los grupos de establecimientos i se designa como miembros de ellos a los siguientes señores:

Escuelas Técnicas de Artes i Oficios e Industriales de Hombres: señores Alberto Alibaud, Joaquín Cabezas, Julio Pérez Canto, Armando Quezada i Jorge Vargas Salcedo.

Instituto Agrícola i Escuelas Prácticas de Agricultura: señores Guillermo Aguirre Luco, Alberto Alibaud, Maximiliano del Campo, Carlos Maira, Darío Salas i Manuel García de la Huerta.

Escuelas Prácticas de Minería: señores Ignacio Díaz Ossa, Fernando Dorion, Orlando Ghigliotto, Manuel Guzmán Maturana, Ernesto Maier i Guillermo Yunge.

Escuelas Profesionales de Niñas: señores José Alfonso, Ramón Fernández Bañados, María W. de Jenschke, Elicenda Parga, Abraham Ovalle, Enrique Oyarzún i Carlos Sánchez Cruz.

Estos Consejos, inmediatamente después de su constitución, deberán proceder a la confección de los Reglamentos Orgánicos i especiales por los cuales deberá rejirse la enseñanza, cuya tuición superior les está respectivamente encomendada e informarán periódicamente al Ministerio sobre las medidas que deban tomarse tendientes al mejoramiento de dicha enseñanza.

Los locales en que se reunirán los Consejos indicados son los siguientes:

El de las Escuelas Técnicas de Artes i Oficios, en la Sociedad de Fomento Fabril;

El del Instituto Agrícola i Escuelas Prácticas de Agricultura, en la Sociedad Nacional de Agricultura;

El de las Escuelas Prácticas de Minería, en la Sociedad Nacional de Minería; i

El de las Escuelas Profesionales de Niñas, en la Escuela Profesional Superior de Niñas de Santiago.

Tómese razon, comuníquese i publíquese.

BARROS LUCO.—*J. Gandarillas.*



## El desarrollo de la hidrometría en Suiza

ESTUDIO ELABORADO I PUBLICADO POR LA OFICINA HIDROMÉTRICA FEDERAL, POR ENCARGO DEL DEPARTAMENTO FEDERAL DEL INTERIOR.

### PREFACIO

«El desarrollo de la hidrometría en Suiza» fué el tema de una conferencia dada por el que suscribe, el 18 de marzo de 1904, en el seno de la «Sociedad de los Ingenieros i Arquitectos de Berna». En esta ocasion fueron tambien espuestos los instrumentos de medicion de que disponia el suscrito, al iniciar su actividad en la Oficina Hidrométrica Federal, a los cuales se vinieron a contraponer los nuevos aparatos, perfeccionados con el trascurso de los años, conforme a la larga práctica adquirida. Durante el desarrollo del tema tuve, en diversas ocasiones, oportunidad de referirme a los trabajos ejecutados por la Oficina Hidrométrica Federal desde su institucion hasta en adelante.

A fines de 1904 el autor del presente volúmen recibió del Consejero federal doctor L. Forrer, entónces director del Departamento Federal del Interior, el honroso encargo de tomar parte en la Exposicion Internacional de Milan de 1906. En la ejecucion del mandato recibido habia que partir de dos puntos de vista diferentes, pero relacionados entre sí; es decir, por un lado habia que poner claramente en evidencia los instrumentos de mensura i los métodos de estudio actualmente usados en la Oficina Hidrométrica, i por otro,

poner en conocimiento de las colectividades interesadas el trabajo verificado durante los últimos 10 años por la oficina indicada.

El Consejero federal M. Ruchet, actual director del Departamento federal del Interior, que sucedió al señor L. Forrer en la direccion de este departamento, se hizo un deber en otorgar su apoyo moral y material a los diversos trabajos que habian sido emprendidos sin dilacion, de modo que el compromiso asumido pudo ser cumplido en buen tiempo. Séanos permitido espresar aquí a los Consejeros federales señores doctores L. Forrer i M. Ruchet nuestros mas vivos agradecimientos, tanto por su iniciativa i su apoyo, como por haber puesto a disposicion de la Oficina Hidrométrica los medios i el personal necesarios para la elaboracion de todo lo indispensable para figurar con honor en la Esposicion Internacional de Milan. De esta manera se presentó la ocasion propicia para rendir cuenta detallada al público, de cómo fueron aprovechadas las facilidades que durante varios años concedieron las autoridades a la oficina nombrada la que siempre, desde sus comienzos, ha ido desarrollándose mas i mas.

No podemos eximirnos de dedicar algunas palabras a la presentacion con que la Oficina Hidrométrica Federal concurrió a la Esposicion de Milan, habiendo sido distinguida con el Gran Premio. Se componia principalmente de cierto número de modelos, de instrumentos i aparatos de mensura, de mapas, de dibujos, de fotografías en colores i de numerosas obras impresas. Al fin del presente volumen se encuentra una lista que suministra todas las esplicaciones del caso.

Cuando se trató de la confeccion de los presupuestos de gastos, nuestra intencion era publicar un opúsculo ilustrado de pequeñas dimensiones; que contuviera, ademas de algunos apuntes sobre el desarrollo i el estado actual del servicio hidrométrico en Suiza, las esplicaciones necesarias sobre los objetos espuestos en Milan. El folleto, pues, habria tenido el carácter de un catálogo ilustrado de Esposicion.

Despues de maduras reflexiones, i como desde mucho tiempo ántes habian sido tomadas las principales disposiciones para la ejecucion de los trabajos, aun mas, cuando éstos se encontraban bien adelantados, se fué abriendo camino la conviccion de que publicando, como queda dicho, nada mas que una especie de catálogo de la Esposicion, que por otra parte habria ocasionado un gasto de algunos miles de francos, no seria posible obtener un resultado del todo satisfactorio. Dadas estas consideraciones, pareció mejor indicado hacer converjer los esfuerzos para crear una obra que, correspondiendo no sólo a las

exijencias prácticas sino tambien a las científicas, tuviera un valor duradero. Por lo tanto surgió la idea de adoptar como base de la obra el manuscrito de la conferencia mas arriba indicada. A raiz de conienzudo exámen, esta idea fué llevada a cabo.

Para adaptarlo a su nuevo destino, el manuscrito tuvo que ser transformado i enriquecido con las indicaciones concernientes a la literatura antigua i reciente, que estaba a nuestra disposicion i que fué aprovechada. Igualmente, hubo que tomar en consideracion, hasta donde fuera posible, los progresos obtenidos, no sólo en Suiza sino tambien en el extranjero, en la construccion de instrumentos hidrométricos, en los métodos de trabajo i en la elaboracion de los relativos resultados, i en la utilizacion de las fuerzas hidráulicas; ademas, se tomaron en cuenta las prescripciones i la lejislacion correspondientes. Pero no fué posible terminar de un solo aliento, como hubiera sido de desear para el mejor éxito de la obra, todos los respectivos trabajos, de por sí estensos i que requerian mucho tiempo. Por otra parte, las ocupaciones ordinarias siempre crecientes ocasionaron interrupciones de varios meses, lo que naturalmente no redundó en favor de la unidad de la obra. Júzguela el lector como se la presentamos.

---

Se dió especial importancia a la lujosa presentacion del volúmen, con ilustraciones, dibujos i tablas; en la preparacion tomó parte el personal completo de la Oficina Hidrométrica Federal, que trabajó con todo el entusiasmo que era de esperar.

En la ejecucion de los dibujos orijinales para las copias hidrográficas tomaron parte: los ingenieros J. Bräm i E. Gilgem, los dibujantes A. Anker, W. Stumpf i J. Sartory.

La mayor parte de las fotografías fueron ejecutadas por el ingeniero O. Lütschg, algunas son debidas al ingeniero E. Ghezzi.

Los cálculos analíticos, los cuadros sinópticos i los diagramas son obra de los ingenieros A. Jaggi, O. Lütschg, C. Ghezzi, J. Näf i A. Misteli.

La traduccion francesa de la parte testual de las tablas es debida al ingeniero A. Jaggi, la impresion de la obra en el texto original aleman, estuvo a cargo del secretario F. Wepf i en el texto italiano—revisado por el ingeniero Juan Rusca,—al del ingeniero C. Ghezzi.

Las distintas tablas llevan la indicacion del personal que veri-

ficó la medicion, cuyos resultados fueron ampliamente aprovechados en este volúmen.

Las Casas a que habian sido confiados los trabajos de reproduccion, es decir, la tipografía Rösch & Schautzmann, el establecimiento artístico-químico-fotográfico de R. Henzi & Cía., los establecimientos artístico-litográficos de K. Lips, Armbruster Söhne i Kümmerli V. Frey de Berna hicieron todo lo posible para cooperar al éxito de las reproducciones.

Berna, diciembre de 1908.

INJ. DR. J. EPPER,  
Jefe de la Oficina Hidrométrica Federal.

---

## PRIMERA PARTE

### JENERALIDADES

El conjunto de las aguas que alimentan la estensa red de nuestros cursos corrientes i que en mayor o menor abundancia llenan las cuencas de los numerosos lagos, o se encuentran al estado sólido acumuladas en las cumbres i en los ventisqueros de los Alpes, constituyen un importantísimo, si nó el principal factor de las condiciones económicas naturales de nuestro pais. No obstante, la investigacion ordenada de los fenómenos con él relacionados, en especial de aquellos que conciernen a la determinacion de las fuerzas inmanentes de los cursos de agua i su aprovechamiento, fué iniciada relativamente tarde, podríamos decir recientemente.

### OSCILACIONES DEL NIVEL DE AGUA

Ya los primeros habitantes de nuestro pais habrán sido sorprendidos por los *cambios* a menudo, mui rápidos del *nivel de las aguas*.

En especial las *alturas extraordinarias de los ríos i de los lagos*, produciendo en muchos lugares positivos i considerables perjuicios a los primitivos habitantes, deben haber llamado particularmente la atencion.

Es posible que los habitantes de las palizadas, (1) cuyo sistema de vida debia estar en íntima relacion con las oscilaciones de las alturas de los lagos, tuvieran la idea de marcar las alturas extraordinarias como tambien las extraordinarias bajas con cortes tales que, no obstante, sus rudimentarios instrumentos, podian efectuar fácilmente en sus habitaciones de madera. Desgraciadamente, nada ha quedado de tales señales como tampoco de numerosas otras que sin duda fueron hechas despues.

En las *crónicas* encontramos las primeras noticias sobre las alturas extraordinarias de las aguas; pero, si consideramos el largo período de tiempo trascurrido desde la colonizacion de nuestro país, las informaciones que nos han llegado de este modo son de escasa antigüedad.

Por regla jeneral, las informaciones que al respecto nos suministran los cronistas pueden ser usadas a lo mas para los cálculos sobre la frecuencia, i los resultados deben ser acogidos, por razones fáciles de comprender, con la mas grande circunspeccion, especialmente cuando se quisieren confrontar con la frecuencia de las alturas extraordinarias de hoi dia. Pero, en cuanto se trata de establecer con precision la altura de las antiguas creces, las crónicas, salvo mui raras excepciones, nos dejan a oscuras.

Las *señales mas remotas* que nos dan informaciones sobre las alturas máximas i mínimas extraordinarias de los cursos de agua suizos, datan, segun lo que nos constan, desde principios del siglo XVI. Sobre una placa de piedra en Lindan, por ejemplo, entre otras cosas se encuentran indicadas las creces del lago Constanza en los años de 1511 i 1566. Esta última se encuentra tambien en el «Kornhaus» de Rorschach.

En el llamado «Lanfensteins», escollo de gneiss en la hoya del Rin a 90 metros mas abajo del puente de Lanfenberg, se encuentra esculpida una señal que indica la baja extraordinaria del año mil quinientos cuarenta i uno.

El número de las marcas de avenidas i de bajas extraordinarias en el siglo XVII es bastante mayor; pero ellas son siempre escasas para este siglo i el siguiente.

Por otra parte, estas señales que nos informan sobre las alturas

---

(1) El orijinal italiano dice: «abitatori delle palafitte»; palafitta significa estacada o palizada, de lo que se deduce que el autor se refiere a los habitantes de las riberas de los lagos, quienes clavaban estacas para asegurar la estabilidad de esos terrenos riberaños. (Nota del T.)

estremas de las aguas, sea máximas o mínimas, de los pasados siglos, no pueden considerarse a ojos cerrados como absolutamente atendibles, porque gran número de ellas mudaron su ubicacion primitiva habiendo sido trasportadas a otras partes; por lo tanto, es posible que se hayan cometido errores no despreciables acerca de su altitud. Algunos objetos sobre los cuales habian sido esculpidas dichas señales indicadoras, han sufrido ademas depresiones graduales i continuas; para citar un solo ejemplo, el «Kornhaus» de Rorschach, nombrado mas arriba, se hundió durante el siglo XIX, como fué constatado, por lo ménos de 30 centímetros.

#### HIDRÓMETROS

Un paso mui importante en el estudio de las oscilaciones del nivel de nuestros cursos de agua fué dado en seguida, mediante la colocacion de *hidrómetros* i su observacion regular.

Los hidrómetros, en calidad de tales, se instituyeron en época remotísima i en Egipto estuvieron en uso al tiempo de los Faraones en varios puntos del Nilo, como, por ejemplo, en la isla *Rodah*, cerca del Cairo, i en la isla Elefantina cerca de Assuan situada en la estrechidad mas baja de la primera catarata.

El *milómetro de Elefantina*, representado en la *tabla I* tal como se encontraba en 1799 i que en un tiempo contaba con un edificio propio, está constituido en su parte principal por una gradería rectangular encorvada, compuesta de numerosos peldaños, rodeadas de paredes verticales de albañilería; la mitad inferior se encuentra inmediatamente detras del muro de sosten de un resto del antiguo tajamar del Nilo, que aun se conserva. En el murallon se practicaron diversas troneras para dar luz a la escalinata antiguamente cubierta. El extremo inferior de esta última está en comunicacion con el Nilo. A lo largo de las paredes laterales de la escalinata fueron grabadas en la época romana numerosas inscripciones, casi borradas en la actualidad, referentes al nivel de las aguas en diversos períodos, i precisamente en los espacios libres dejados por indicaciones todavía mas antiguas sobre alturas máximas, medias i mínimas del Nilo. Una de estas inscripciones fué destruida en parte en los primeros tiempos de la era mahometana (622 despues de J. C.) por la colocacion de una graduacion limnimétrica. Segun el cróquis tomado en el año de 1799 por un miembro de la espedicion francesa i que se ha reproducido en la *tabla I*, a lo largo de la pared cerca del suelo



en la parte inferior de la gradería se encontraban tres graduaciones limnimétricas, colocadas una al lado de otra, que juntas median de altura siete brazas árabes (graduaciones I, II i III, de la tabla I). En la segunda mitad del siglo XIX la escalinata sufrió tales ruinas que en 1893 no quedaba absolutamente nada de la mitad superior. Bajo el reinado de Ismail Pachá, el astrónomo egipcio Mahmond Bey fué encargado en el año 1870 de practicar una verificación en el nilómetro de Elefantina. En esta ocasión se embutieron en la pared por el lado inferior de la escalinata hácia el río seis nuevas graduaciones grabadas en mármol. Se dejó constancia de este acontecimiento por medio de dos inscripciones redactadas en diversas lenguas, de las cuales una es del tenor siguiente:

«Aprés plus de mil ans d'abandon et d'oubli, ce Nilomètre a été complètement déblayé. Les anciennes divisions son respectées. Une nouvelle coudée est adopté et remise a l'usage public en 1870 de J. C. sous le bon souverain, régénérateur de l'Égypte, le Kédivé Ismail, par un des ses fidèles serviteurs, l'Astronome Mahmond Bey».

Contemporáneamente con la restauración del muro exterior del Nilómetro de Elefantina, se emprendió un levantamiento del antiguo tajamar del Nilo que allí existía, sobre el cual se encuentran numerosos jeroglíficos; las piedras necesarias fueron obtenidas de la demolición de muchos templos antiguos egipcios.

No es posible deducir de la literatura de que se dispone si los nilómetros tenían en su origen graduaciones limnimétricas propiamente dichas; probablemente los peldaños citados mas arriba desempeñaban ese papel.

Las crecidas del Nilo, eran observadas anualmente en dicho Nilómetros. Apenas el río había alcanzado una altura dada, la noticia de este acontecimiento de capital importancia para la cosecha i que era esperada ansiosamente por toda la población egipcia, se anunciaba a todo el país. No se ha podido establecer si en este nilómetro se hacían observaciones continuas i registradas, como se usa hoy en día, o algo ménos.

Observaremos todavía que hace 4,000 años mas o ménos, un rei egipcio, Amenemhat III (rei Maris de los Griegos, que hizo escavar el lago artificial que lleva este nombre), durante todo su reinado i ántes que estuviera en uso la medición de las avenidas del Nilo mediante el nilómetro de Elefantina, hacia marcar anualmente la altura de las inundaciones del Nilo en las paredes de rocas cerca de las fortalezas nubias de Semne i Kumne (ántes de la segunda catarata).

Los sucesores de este rei conservaron esta costumbre durante mucho tiempo despues. Fundándose en esas señales que aun en nuestros dias deben encontrarse bien conservadas, se ha podido establecer que el Nilo, durante un período de tiempo de 4,000 años, ha desgastado su lecho constituido de roca cristalina, por lo ménos de 8 metros. Lo que corresponderia a una erosion media anual de 2 milímetros.

En la *tabla* II está representado el nilómetro (El Meqyàs) de *Rodah* (4 km. al sur del Cairo) conforme a un dibujo tomado hácia fines del siglo XVIII.

Como puede observarse en la tabla, el nilómetro propiamente dicho está constituido por una columna octogonal coronada por un capitel. La altura de su fuste, compuesto de roca calcárea compacta i provisto de graduaciones en relieve es de 8,64 metros (correspondiente a 16 brazas árabes antiguas de 24 pulgadas cada una, o sea, de 0,54 metro). Encima del capitel, de una braza i 4 pulgadas de altura, fué construido en el año IX (1800-1801) por órden de la república francesa, un macizo cuadrangular de piedra calcárea que media una braza i dos pulgadas de alto, como prolongacion del hidrómetro, porque desde el año 1798 las creces del Nilo habian sobrepasado dicho capitel, a causa del solevantamiento siempre creciente de su lecho.

La columna limnimétrica está colocada en un pozo con peldaños mui vasto, en el cual desembocan dos canales provenientes del Nilo, a distintos niveles.

Mas arriba se encuentra ademas un edificio con un pórtico que sostiene una alta cúpula, lo que comunica un carácter monumental al conjunto del nilómetro.

Con el trascurso de los siglos i especialmente despues del regreso de la expedicion francesa, la columna limnimétrica sufrió grandes averías por haberse derribado; en abril de 1889 presentaba dos fracturas, de las cuales una, que ya existia en 1798, se encontraba en la novena braza, i la otra entre la 13<sup>a</sup> i 14<sup>a</sup>; ámbas fueron recubiertas por anchos anillos de plomo.

Las creces del Nilo eran observadas por el *scheik* del nilómetro i proclamadas públicamente al pueblo. Pero los datos obtenidos no correspondian a las alturas efectivas del agua sobre la columna dividida en 16 brazas, sino que se referian a una graduacion ideal, que aunque presentaba la misma dimension total, estaba dividida en 24 brazas (24 pequeñas brazas de 0,36 m. = 16 brazas de 0,54 m. = 8,64 m). Pero es estraño que las alturas del Nilo proclamadas no fueran

establecidas segun un número proporcional constante; basándose, por el contrario, como descubrió el Dr. R. Reiss, en medidas efectuadas por el scheik del nilómetro conforme a una vieja tradicion de familia, atendiendo a señales imperceptibles en las paredes de nilómetro sin ninguna relacion con la division de la columna.

La iniciacion de la fiesta del Nilo estaba íntimamente ligada a sus creces i era igualmente proclamada por el scheik del nilómetro; pero, tambien en esto parece que haya existido cierta arbitrariedad porque la apertura de la fiesta en diversos años consecutivos no coincidía de manera alguna con una altura limnimétrica fija establecida de una vez por todas.

Con respecto a la época de la primera instalacion del nilómetro de Rodah, no fué posible encontrar datos precisos. En la literatura que a él se refiere se manifiesta, sin embargo, que a este nilómetro fueron hechas numerosas reparaciones. Segun el doctor W. Yordan, la columna limnimétrica todavía existente (El Meqyas) debe haber sido construida en el año 97 de la Hegira (719 despues de J. C.) por órden del kalifa Sulemán i refaccionada en el año 199 (821 despues de J. C.) por el califa Manun.

Volviendo a nuestras condiciones limnimétricas, deberemos recordar primeramente que, segun nos consta, la *primera estacion hidrométrica suiza* fué erijida en el año 1781 en Vevey, sobre el lago de Jinebra. A partir de este año, hasta fines de 1817, dicha estacion fué tambien regularmente observada.

Pero, solo a principios del siglo pasado los hidrómetros llegaron a ser de uso jeneral en Suiza. Así, en 1806 en Jinebra, sobre el lago del mismo nombre, surgió una segunda estacion limnimétrica. I en el año siguiente se colocaron limnímetros en Wessen sobre el lago de Wallenstadt, i en Ziegelbrücke sobre el Linth. Las observaciones limnimétricas del Rhin en Basilea fueron iniciadas regularmente el 12 de marzo de 1808; las del lago de Zurich en esta ciudad el 24 de febrero de 1810, i en Neufchatel, las del lago del mismo nombre el 29 de marzo de 1817. Tambien en el lago de Constanza i en el Rhin cerca de Waldshut surjieron estaciones hidrométricas en el segundo decenio del siglo pagado, pero esta iniciativa pertenece a los estados limítrofes. En Waldshut las observaciones limnimétricas comenzaron regularmente el 1.º de marzo de 1818 i en Constanza el 1.º de enero de 1817. P parece que en Lindau, cuyos habitantes se interesaban hacia mucho tiempo por la oscilacion del nivel del lago de Constanza, se colocó un hidrómetro en 1797.

Si justamente a principios del siglo pasado se iniciaron en mu

chas localidades de nuestro país la erección i regular observación de los hidrómetros, se debe a la sucesión de *avenidas sumamente devastadoras*, ora en ésta, ora en aquélla región de la Suiza, entre las que son célebres las de los años 1801, 1802, 1807, 1809, 1816, 1817.

En jeneral, en los primeros 7 decenios del siglo pasado abundaron extraordinariamente las creces funestas que se sucedían con frecuencia i con breves intervalos. Como años de grandes avenidas tendríamos que mencionar además de los que hemos citado: 1819, 1821, 1824, 1831, 1834, 1846, 1851, 1852, 1856, 1860, 1864, 1866, 1867 i 1868.

Estas creces dieron también ocasión para que se tomaran las providencias necesarias para ponerles atajo, lo que a su vez tuvo por consecuencia el estudio del régimen de los respectivos cursos de agua. De este modo, en un período de tiempo relativamente corto, se recojió un material considerable de observaciones hidrométricas, de perfiles longitudinales i transversales, de planos topográficos de diversos cursos de agua. La parte más importante de este trabajo se encuentra en los muy estensos *estudios preliminares para los proyectos de las grandes obras de correcciones fluviales de la Suiza*, entre las cuales deben recordarse por lo ménos: la corrección del Aar entre Meiringen i el lago de Brienz i desde Thun a Berna, del Linth i del canal Escher, de las aguas del Jura superior e inferior, como también la corrección del Rin en el Canton de Saint Gallé. Solo una pequeña parte de este material se publicó, poniéndolo al alcance de todos. Viceversa, la mayor parte ha quedado sepultada casi totalmente en los archivos i aunque se dispusiera del tiempo necesario para utilizar este material como objeto de estudio, en la mayoría de los casos i después de detallado exámen, se debería abandonar la tarea, no siendo posible establecer una relación entre el estado actual del curso del agua i el anterior, por carecer de bases seguras de referencia. Numerosas series de observaciones hidrométricas muy instructivas deben dejarse a un lado, como si no tuvieran valor alguno, porque, no obstante todo esfuerzo, no es ya posible establecer la altura absoluta de los cerros de las graduaciones anteriores.

Hacia la mitad del siglo pasado comenzó a jeneralizarse también en Suiza la construcción de las vías férreas. Siguió un período que pudiéramos llamar de fiebre ferroviaria. Los cursos de agua superior sufrieron por esto la misma suerte que los grandes caminos reales: ámbos fueron descuidados i olvidados; muchas estaciones limnimétricas bien organizadas i regularmente observadas desde tiempo

atras, cayeron víctimas de la indiferencia de entónces hácia las vias de agua.

Sin embargo, esta fiebre ferroviaria produjo tambien sus benéficos efectos para el desarrollo de la hidrometría; por una parte se dejaba sentir la necesidad de *mapas detallados* i los mas exactos que fuera posible, por otra se echaba de ver la falta de una estensa red de *nivelaciones de precision*. De esta manera se aceleró considerablemente la publicacion de la *Carta Siegfried* (la primera entrega salió el 12 de diciembre de 1870) i la impresion del Catálogo de los puntos de referencia altimétricos. Sin estas dos obras importantísimas para nuestro pais, los levantamientos i los estudios hidrométricos actuales serian, en parte de imposible actuacion i en parte de difícilísima ejecucion.

#### AFORO

Pero en cuanto se trata de corregir un curso de agua, de sistematizar el nivel de un lago i en modo especial de utilizar las fuerzas hidráulicas, las curvas limnimétricas, los perfiles longitudinales i transversales ya no son suficientes, sino que en primer lugar se debe estudiar en todos sus detalles el caudal del mismo. Este trabajo presenta, por lo jeneral, las mayores dificultades i los resultados son muchas veces dudosos.

Aun para los cursos de agua menores, no es posible establecer con certeza los resultados de las mediciones sin minuciosos trabajos: cuando se trata, ahora, de rios de considerable importancia, estas mediciones exigen largos preparativos i los gastos consiguientes son mucho mayores. Hasta que las profundidades de las aguas no pasan los 5 o 6 metros i al mismo tiempo las velocidades máximas no superan los 2 m. por segundo, las mensuras pueden ser efectuadas relativamente bien con los aparatos de que ahora se dispone. Mas, si las velocidades alcanzan los 3 metros o mas, i en especial en los perfiles de medida que tienen considerable ancho i donde es necesario usar embarcaciones, el aforo resulta en extremo difícil i algunas veces peligroso. Si el agua no arrastra consigo materias sólidas que estorben, nada impide proceder a tales medidas mediante el molinete, pero si, como sucede jeneralmente durante las avenidas los rios, movilizan palos, matorrales, etc. ya no resulta posible el empleo del susodicho molinete i es preciso recurrir a otros métodos de aforo, aunque menos exactos.

## FÓRMULAS SOBRE EL MOVIMIENTO DEL AGUA

Se comprende fácilmente como desde mucho tiempo atrás se hubiera dejado sentir la necesidad de establecer una *ley matemática*, que determinara las mutuas relaciones entre el caudal de agua, la pendiente del plano de agua i el perfil de medida de un río. Los primeros esfuerzos para resolver este problema fueron hechos a fines del siglo XV en Italia, donde insignes ingenios como Leonardo de Vinci (1452-1519), Galileo Galilei (1564-1642) i Torricelli (1608-1647) se ocuparon de la teoría del movimiento del agua en ríos i canales. Hacia fines del siglo XVII, Guglielmini escribió su obra: «De la naturaleza de los ríos»; pero tanto éste como Torricelli ignoraban que la velocidad del agua es mayor en la superficie que en el fondo. Parece que Brahms haya sido el primero mas o ménos en 1753 en tener una idea exacta de cómo la velocidad del agua depende de las existencias que opone el cauce, de la pendiente i de la seccion. A él se debe el concepto del «radio medio». Brahms i de Chézy establecieron en el año 1755 la tan conocida fórmula:  $v=c \sqrt{R I}$ . en que C es considerado erróneamente como constante. Eytelwein, con ayuda de los resultados de cierto número de observaciones efectuadas por Brünings, Dubuat, Funk i Woltman, encontró mas tarde que este coeficiente C tiene un valor de 50,9. La fórmula apuntada mas arriba estuvo en uso durante mucho tiempo, aunque se reconoció luego que el coeficiente C no podia tener un valor constante.

De allí en adelante, numerosos hidrotécnicos dirijieron sus esfuerzos a encontrar la solución de dicho problema, mediante nuevas fórmulas; pero en la mayoría de los casos se llegaba a la espresion:  $v=c \sqrt{R I}$ , de donde se infiere que se trató especialmente de establecer las relaciones del coeficiente c con los factores relativos al movimiento del agua, i entre éstos el grado de aspereza de las paredes, debia ser el mas importante. Tambien se ensayó deducir las leyes sobre el movimiento del agua en ríos i canales por métodos abstractos, puramente matemáticos, sin recurrir para nada a la práctica.

Si debiéramos mencionar aquí las innumerables fórmulas que se han propuesto hasta ahora i sus autores, nos estenderíamos demasiado; aquellos que se interesen por ellas en modo especial, pueden consultar la obra tan instructiva: *Das Gesek der Translation des Wassers in regelmässigen Kanälen, Flüssen und Röhren*, (Leipzig,

Verlag von Wilhelm Engelmann), publicada en 1903 por el inspector forestal en jefe T. Christen.

Las fórmulas usadas comunmente en la práctica hoy día en Suiza son dos, a saber, la de Darcy-Bazin

$$v = \sqrt{\frac{R \cdot I}{d + \frac{\beta}{R}}}$$

i la de Gauguillet i Kutter:

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{R \cdot J}$$

Todavía podemos agregar la nueva fórmula:

$$v = \frac{87 \sqrt{R \cdot J}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

que H. Bazin publicó en 1897 i para cuya elaboracion aprovechó los resultados de numerosos i recientes aforos, suizos algunos de ellos.

Cuando se trata de cursos de agua como los nuestros, la fórmula de Gauguillet i Kutter es, a nuestro juicio, una de las mejores para cálculos teóricos, mui especialmente si al establecer los perfiles normales de las correcciones de los rios para canales, etc., se toma la precaucion de determinar directamente en cada caso, el grado de aspereza  $n$ , por medio de mediciones practicadas anteriormente en cursos de agua que presenten en cuanto sea posible, las mismas condiciones:

Ultimamente la fórmula:

$$v'' = v' + \frac{T - T_n}{\alpha} + \frac{J - J_n}{\beta (J + J_n)} + v' \frac{T_n - T}{\nu}$$

del Consejero Superior de Construcciones, Richard Siedek de Viena, i esta otra.

$$v = \sqrt[2]{K^3} \cdot \sqrt[8]{T \cdot J} \cdot \sqrt[8]{B}$$

del *inspector forestal en Jefe* T. Christen en Zweisimmen, han llamado sobre si la especial atencion de los hidrotécnicos. La esperiencia dirá en seguida, si prácticamente estas fórmulas pueden llegar a ser de uso jeneral.

Por lo que sabemos, en la R. I. Oficina Central Hidrográfica de Viena, se aforan las corrientes de agua sirviéndose esclusivamente de la fórmula de Siedek, dando resultados bastante satisfactorios bajo todo punto de vista. Por otra parte, el consejero superior municipal Siedek ha explicado de un modo mui concluyente la aplicacion práctica de sus fórmulas en dos tratados especiales, a saber: «Die Natürlichen normalprofile der fließenden Gerwässer» (Wien, Wilhelm Braumüller, 1902) i Studie über die Bestimmung der Normalprofile geschiede führender Gewässer (Wien Wilhelm Braumüller, 1905).

Esta última publicacion contiene en la lámina IV diversas representaciones gráficas, de las que se puede deducir el valor de  $\alpha$  para pequeñas i grandes profundidades (sacando  $\alpha$  de T, si  $T > T_n$ , i al contrario sacándolo de  $T_n$  si  $T_n > T$ ), el coeficiente  $\beta$  para  $J > J_n$  i  $J < J_n$  i el coeficiente  $\gamma$  para  $T > T_n$  i  $T < T_n$  (donde se tendrá que distinguir todavía si  $J < J_n$  i  $< 0,001$ , o bien si  $J < J_n$  i ademas en este último caso si  $J < J_n$  i  $> 0,001$ ).

En la adjunta lámina 4 están determinadas segun'las cinco fórmulas que hemos indicado, las velocidades medias i el gasto segun tres perfiles de mensura enteramente diferentes entre sí—entre ellos uno es artificial—para los cuales se hicieron tambien mediciones exactas con molinete (Rhin en Rheinfelden; Ródano en Turtmann i canal industrial en Hochfelden). Lo anterior fué efectuado mas bien para esponer lo mas claramente posible el modo de proceder en los cálculos, que para comparar los resultados obtenidos, sea entre sí, sea con los resultados análogos obtenidos por medio de mediciones. Semejante comparacion de velocidades i caudales, obtenidas, en parte teóricamente empleando diferentes fórmulas, i en parte mediante mediciones directas, no tiene ningun significado positivo miéntras se limite a pocos casos tomados arbitrariamente del natural. Si en la *tabla* 4 las velocidades medias no están relativamente mui en desacuerdo unas con otras, salvo raras excepciones,



mas aun, si muchas de ellas concuerdan bastante bien con los resultados de las mediciones, se debe en gran parte a la circunstancia de ser conocidos anteriormente estos resultados, i por lo tanto la eleccion de los diversos coeficientes no podia estar exenta de cierta influencia, como hubiera sucedido en el caso de ser ignorados aquellos resultados.

#### INSTRUMENTOS PARA EL AFORO

Sumamente numerosos son los *útiles e instrumentos* que sucesivamente fueron imaginados para medir la velocidad de los cursos de agua, tanto en la superficie como a distintas profundidades. La enumeracion i descripcion de todos estos aparatos nos llevarian demasiado léjos; séanos permitido, pues, referirnos brevemente a aquellos que hoi dia están todavía en uso.

El primer mecanismo utilizado para la medida de la velocidad del agua debe haber sido el *flotador simple*. Deben haber venido en seguida el *flotador compuesto* i el *flotador de varilla*. Este último adquirió cierta celebridad en los círculos hidrotécnicos suizos por obra del distinguido ingeniero del Linth, G. H. Legler. Tanto el flotador compuesto como el de varilla fueron raramente utilizados en los últimos tiempos, habiéndose constatado mediante esperiencias verificadas con estas dos clases de flotadores, sobre todo con el último, que la velocidad resulta jeneralmente muy grande. Por el contrario, el flotador simple, por la facilidad de adquirirlo i manejarlo, constituye un precioso aparato en todos aquellos casos en que no sea posible el uso de instrumentos de precision i no sea menester una grande exactitud en los resultados de la medicion.

El *tubo de Pilot*, que se comenzó a usar en 1732, sufrió importantes perfeccionamientos por obra de Dancy i, mas tarde, de Ritter i de Amsler. En ciertas investigaciones científicas en que de ordinario solo se puede operar con pequeños caudales i pequeñas secciones, el tubo de Pilot modificado, es un instrumento de muchísima utilidad; en cambio, deja de prestar servicios cuando se tenga que operar con velocidades i profundidades considerables. Para citar un solo ejemplo, diremos que tambien se recurrió a este instrumento en la galería del Simplon para medir las enormes masas de agua que brotaban de la parte sur, pero segun algunas medidas de comprobacion practicadas en agosto de 1902, en las que se constataron velocidades hasta de 3,1 metros por segundo (véase *tabla 66*), resultó que el gasto real sobrepujaba en mucho al que se habia determinado por

medio del tubo de Pilot. (Gasto real el 28 de agosto de 1902=1,131 m<sup>3</sup> por segundo. Resultado de la medicion con el tubo de Pilot=0,891 m<sup>3</sup>. El gasto real es, por consiguiente. un 26,9 % mayor).

Recientemente el *tubo de Frank* dió mucho que hablar de sí. Este instrumento comparado con el molinete presentaria, segun el inventor, una importante ventaja consistente en que la velocidad media en una vertical puede quedar determinada con una sola observacion, miéntras que con el uso del molinete es necesario un gran número de diversas observaciones. Ademas se hace valer en favor de este instrumento el hecho de que sus constantes son invariables, siendo supérfluas, por consiguiente, las mensuras del tiempo empleado i los cálculos de las velocidades. En la «Echweizerische Bauzeitung» (página 26 del tomo XLIII, 1904) el profesor Dr. J. Amsler-Laffon demostró, por el contrario, que la teoría del tubo de Frank descansa sobre un principio falso. Nosotros mismos hemos experimentado este aparato, pero los resultados obtenidos no nos satisficieron plenamente.

Por otra parte, todos los tubos hidrométricos presentan el mismo defecto con motivo del manejo que depende de su construccion; ellos no suministran el valor medio de las velocidades que siempre varian a causa de las pulsaciones del agua, sino solamente una velocidad momentánea; muchas veces se suceden oscilaciones de la velocidad tan bruscas e irregulares que se hace imposible seguir exactamente las variaciones i, por lo tanto, cerrar la llave en el momento oportuno. A menudo es preciso efectuar mediciones a temperatura del agua inferior a 0°. En estos casos queda escludido el uso de los tubos hidrométricos no pudiéndose evitar convenientemente la congelacion del agua en los tubos de vidrio i de goma.

El *molinete eléctrico* descubierto por el director de las construcciones hidráulicas de Hamburgo, *Woltman*, imitando un anemómetro de *Schober*, debe ser considerado como el instrumento mas adecuado para el exacto aforo de los rios i para la determinacion i estudio de las leyes sobre el movimiento del agua. El descubrimiento fué hecho poco ántes de 1790. El molinete de *Woltman* sufrió en seguida numerosas modificaciones i perfeccionamientos, ninguno de los cuales, sin embargo, le pudo quitar los dos defectos principales. Por una parte, debia ser estraido del agua despues de cada observacion de velocidad con el fin de leer en el contador el número de vueltas del molinete. Por otra, sucedia a menudo que el mecanismo destinado a poner en movimiento el contador no funcionaba mas, especialmente si se trataba de grandes velocidades.

Las figuras 1-6 de la *lámina 5* representan cuatro molinetes de Woltman, con el mecanismo correspondiente al funcionamiento del contador; como se usaban ántes i como aun se emplean con frecuencia en la actualidad. Los dos molinetes representados en las figuras 3, 5 i 6 fueron usados para aforos por el personal de la Comision hidrométrica suiza hácia el año de 1870.

A fines de 1872 o a principios de 1873 el profesor Dr. J. Amsler Laffon de Schaffshonse a impulsos del profesor A. R. Haclacher, construyó un mecanismo que permite sustituir al contador mecánico del molinete por la *indicacion eléctrica*, puesto que por medio de experiencias adecuadas se demostró que el contacto eléctrico, aunque *no esté encerrado* i con una corriente mui débil, funciona perfectamente en el agua; es decir, que el agua no puede desviar la corriente eléctrica, en contraposicion con lo que ántes se tenia. Los hidrotécnicos deben en primer lugar a la solucion de construccion del problema indicado anteriormente, encontrada por el prof. Dr. J. Amsler Laffon, que el molinete haya llegado a la perfeccion de hoi dia, llegando a ser así un instrumento de fácil manejo i mui práctico.

El problema de proveer a un molinete de un mecanismo de contacto eléctrico, al que el agua no tenga acceso, ha sido resuelto recientemente de una manera mui ingeniosa i elegante por el ex-capitan de marina Adolfo Messing, por medio de una invencion que consiste en que la estremidad del eje del molinete está provista de un doble iman, cuya corriente puede atravesar la pared frontal de la pequeña caja, que, encerrando el mecanismo de contacto, la aisla completamente del agua.

Si el eje del molinete jira, el iman hace rotar una pequeña áncora mui liviana, tambien encerrada, que produce a su vez el contacto eléctrico en cada vuelta del molinete. El número total de vueltas correspondiente a un espacio cualquiera de tiempo (100, 200 segundos, etc.) puede ser determinado cómodamente de esta manera por medio de un contador eléctrico. Con esta disposicion del mecanismo de contacto de Mensing se evita completamente la oxidacion de la superficie de contacto, que de otra manera se produce en poco tiempo, no sólo en el agua salada del mar, sino que a menudo tambien en el agua dulce ocasionando perturbaciones en el funcionamiento del aparato.

El primer molinete de esta clase, todavía de dimensiones bastante considerables, fué fabricado en el «taller matemático-mecánico» de A. Ott de Kempten (Baviera) bajo las instrucciones del mismo director técnico Ad. Steis.

El instrumento fué sometido tambien, durante la misma fabricacion, a minuciosos i continuados ensayos que dieron óptimos resultados.

La figura 5 de la *lámina* 57 representa detalladamente la disposicion del contacto del «molinete patentado de Mensing-Ott». El molinete Mensing-Ott fué perfeccionado todavía despues de la elaboracion de esta figura: fué incrementado el efecto del iman i en la cámara de contacto se agregó un mecanismo que indicara las 25 o 50 vueltas.

En una carta del 8 de junio de 1906, la casa A. Ott de Kempen anuncia que el molinete de iman resistió en Berlin a entera satisfaccion la «prueba del fuego». En los ensayos inherentes fueron empleadas aletas de pequeña inclinacion i de grandes velocidades, habiéndose podido registrar sin lugar a dudas todas las distintas vueltas hasta 16,5 por segundo.

#### PRIMERA APLICACION DEL MOLINETE DE WOLTMAN EN SUIZA

Segun los datos que poseemos, el molinete de Woltman fué empleado por primera vez en Suiza hácia fines del año de 1807, precisamente en los estudios preliminares para la construccion del canal del Linth a cargo del inspector de los diques del Rhin en el gran ducado de Baden, ingeniero Tulla.

Hasta 1870 se ejecutaron numerosas mediciones con molinete en diversas rejiones, como, por ejemplo, en el Aar, entre Thun i Berna, i especialmente en los rios de la zona de correccion de las aguas del Jura, i en el Rhin en el valle del Rhin sangalense; (1) pocos de estos resultados llegaron al conocimiento del público.

*La mensura internacional del Rhin.*—Fué llevada a efecto en Basilea del 6 al 12 de noviembre de 1867 con el principal objeto de experimentar los diversos instrumentos que entónces estaban en uso, i en la que tomaron parte especial los ingenieros Grebenan (Baviera), C. Culmann, i G. H. Legler; ella despertó gran interes.

Entre las mensuras sucesivas cuyos resultados fueron en parte aprovechados para fines científicos i en parte fueron de mucha utilidad práctica, habria que mencionar todavía las siguientes:

a) Del Reuss en Lucerna, desde febrero a julio de 1873 (ingeniero

---

(1) de Saint Galle (N. del T.)

G. H. Legler) i de abril a julio de 1879 (ingeniero J. Epper); estudios preliminares sobre el régimen de flujo del lago de los Cuatro Cantones;

b) Del Ródano en Jinebra; octubre de 1883 (ingenieros. G. H. Legler i J. Epper); estudios preliminares para el abajamiento de las alturas de las creces del lago de Jinebra, i para la instalacion de la oficina hidráulica de la Coulouvernieri;

c) Del Rhin cerca de Flurlingen i en el Nol, marzo de 1887 (ingenieros G. H. Legler i J. Epper); comparacion de los resultados de las mensuras con el flotador de varilla i con el molinete;

d) Del Rhin en Basilea, enero i febrero de 1889 (ingeniero J. Epper); determinacion del caudal mínimo del Rhin.

#### MEDIDAS DE LAS PROFUNDIDADES DE LOS LAGOS

Dediquemos todavía pocas palabras a los lagos suizos en lo referente a sus condiciones hidrométricas. Conjuntamente con la estension i con la configuracion de la superficie de un lago, *sus profundidades i su volúmen* interesan a todos; por consiguiente, desde hace mucho tiempo se practicaron en diversos puntos sondajes aislados. No obstante, las mensuras sistemáticas de las profundidades se iniciaron solo en los años 1853 i 1854 en el lago de Zurich por el ingeniero J. H. Denzler, por indicacion del profesor J. Wild. En 1866 continuaron los sondajes en los lagos de Brienz, de Thun i de Bienne i mas tarde los estudios análogos i mui estensos de los otros lagos suizos mayores i menores, todo esto bajo la direccion de la oficina topográfica federal. Las *tablas 6 i 7* contienen un resúmen de los datos morfométricos de los mayores lagos alpinos. Para la compilacion de *la tabla 6*, fué utilizado un prospecto publicado por el profesor Dr. Albrecht Penck en su «*Morphologie der Erdoberfläche*».

En cambio, los datos de la *tabla 7* fueron todos sacados de la «*Morphometrie der europäischen Seen*» publicada por el profesor Dr. Wilhelm Halbfass en 1903 i 1904 en la «*Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde*» de Berlin. En el caso de que hubiera que practicar una nueva compilacion de estos prospectos, es recomendable que apénas sea posible, se proceda a determinar los datos morfométricos relativos, referidos no solo al nivel *medio* de la napa de agua, sino tambien al nivel *máximo* i al *mínimo*.

Las *curvas de nivel de las cuencas lacustres* constituyen un mérito especial de la Carta Siegfried, por cuanto nos da una imájen clara

de rejiones que el ojo humano no puede explorar. Mui instructivas resultan, por ejemplo, las representaciones de los relieves de las cuencas del lago de los Cuatro Cantones i de Cérésio i para los hidrotécnicos son particularmente importantes las prolongaciones *sub ácueos* del lecho del Ródano cerca de su desembocadura en el lago de Jinebra, i del Rhin en su antigua desembocadura en el lago de Constanza.

#### DELTAS

Nuestros lagos también, que considerados bajo el punto de vista jeológico, en las rejiones dominadas por los Alpes no son sino fenómenos pasajeros, como todo lo que se encuentra en la superficie de nuestro globo, deben luchar duramente por su existencia. En primer lugar son los afluentes que, arrastrando a menudo grandes cantidades de materiales, contribuyen incesantemente a rellenar poco a poco las hoyas lacustres. Esto sucede tanto por el levantamiento gradual del fondo del lago como mui principalmente por la formacion de los *deltas*.

Desde hace tiempo, algunos jeólogos, como el profesor Dr. E. Brückner, el profesor Dr. A. Heim, el Dr. Th. Steck, i otros se preocuparon asiduamente de buscar las nociones exactas sobre el continuo aumento del delta, como tambien sobre la cantidad de sedimento depositado en el fondo del lago; tales importantísimos resultados se encuentran ya a nuestra disposicion; pero seria de desear que las respectivas investigaciones fueran llevadas mas sistemáticamente i repetidas con regularidad, despues de un cierto período de tiempo, por ejemplo, cada diez o veinte años, publicando tambien los resultados.

No faltarian por cierto los temas de estudio sobre la formacion de los deltas; bástenos recordar solamente los depósitos formados por el Lütchine en el lago de Brienz, por el Kauder en el de Thun, por el Aar en el lago de Brienz, por el Melchaa en el lago de Sarnen, por el Reuss en el lago de los Cuatro Cantones por el Linth en el lago de Walleushadt i por el Tecino i por el Maggia en el Lago Mayor. Tambien puede ser que despues de la apertura de la trinchera de Fussach, el Rhin haya comenzado a transformar el relieve del seno de Bregens porque es posible que, ademas del sedimento sobre el fondo del lago, se forme un nuevo delta; i tambien es probable que el Rhin se socave, como en su antigua desembocadura en el lago de Constanza, un cauce sub-áqueo cerca de la nueva boca.

Especialmente la Francia, la Italia i el Austria se distinguen entre nuestros estados limítrofes por una gran abundancia de lagos, i así se comprende fácilmente que en estos estados el estudio de los mismos haya hecho progresos importantísimos.

Las obras publicadas sobre la materia, tanto en Suiza como en el extranjero, presentan, bajo diversos puntos de vista, una gran riqueza de preciosos resultados; es sensible que por la tiranía del espacio, no nos sea aquí posible entrar en detalles.

En Otoño de 1906 el «*Lac des Brenest*» alcanzó un nivel extraordinariamente bajo. Este hecho dió lugar a la ejecucion de vastos estudios, cuyos resultados serán publicados próximamente en una monografía. Una gran parte de estos resultados está representada en *las tablas 31<sup>a-m</sup>* anexas.

#### «SEICHES» O VARIACIONES DEL NIVEL DEL AGUA (I)

Los habitantes del Léman, particularmente los pescadores i barqueros habian notado desde mucho tiempo atras ciertas alzas i bajas rítmicas del nivel del lago, pero quedando plana la superficie del agua; estas oscilaciones tomaron allí el nombre de «*seiches*».

Este extraño fenómeno se verifica con mayor o menor frecuencia i mas o ménos intensamente en todos nuestros mayores lagos suizos. En una crónica de Constanza, encontramos ya apuntado que el 25 de febrero de 1549 durante casi todo el dia i hasta 4 a 5 veces por hora, el nivel del lago osciló de arriba abajo cerca de una braza. Estas oscilaciones no pueden haber sido otra cosa que «*seiches*» de extraordinaria amplitud. El estudio de este fenómeno es de una importancia mas científica que práctica; en Suiza se ocuparon de él principalmente el profesor doctor F. A. Forel, Ph. Plautamour i Ed. Sarasin. Como «*seiches*» extraordinarios el profesor doctor F. A. Forel en «*Handbuch der Seekunde*» (páj. 80) recuerda la del 3 de octubre de 1841 que alcanzó una amplitud de 1,87 metros i la del 20 de agosto de 1890 de 0,63 mts. La *lámina 8* contiene la representacion gráfica de cierto número de seiches de diversas amplitudes que se manifestaron del 9 al 15 de julio i el 1.º de agosto de 1902 i reproducidas con las curvas orijinales marcadas por el limnógrafo de la estacion de Sècheron (lago de Jinebra).

---

(1) No hemos encontrado equivalente en castellano a la palabra «*seiches*» (N. del T.)

## VENTISQUEROS

Es sabido que en los últimos decenios todos los ventisqueros suizos, salvo raras escepciones, fueron disminuyendo gradualmente. Se deduce como consecuencia que nuestras importantes reservas de agua acumuladas en las cumbres al estado sólido se han reducido notablemente de modo que, en especial durante los meses de verano, el réjimen de nuestros rios glaciales lo acusa de una manera mui apreciable. Si los ventisqueros continuaran retirándose todavía o si este fenómeno ha alcanzado en la actualidad el límite máximo, no es posible afirmarlo con certidumbre.

Desde hace mucho tiempo, por iniciativa de la Sociedad Helvética de Ciencias Naturales, se procedió a observar de un modo sistemático las variaciones de un gran número de ventisqueros suizos. Pero, por regla jeneral, fueron medidas únicamente las dimensiones lineales del avance o del retroceso de las lenguas de hielo i hubo que prescindir, por causas fáciles de comprender, de la mensura de la disminucion acaecida en la superficie de los ventisqueros i con mayor razon de la reduccion sufrida en su volúmen. *Los levantamientos del ventisquero del Ródano* comenzados bajo la direccion del Club Alpino suizo i continuados por cuenta de la Oficina topográfica federal, suministran al respecto importantísimas informaciones. Por la tanto, no solo los hidrotécnicos sino tambien los jeólogos i jeógrafos verian con agrado que ahora se prestara mayor atencion a los ventisqueros que como se ha hecho hasta hoi, por cuanto parece que en la actualidad ellos hayan alcanzado su estension mínima.

## SEGUNDA PARTE

## Periodo de 1863-1886

## INSTITUCION DE LA COMISION HIDROMÉTRICA SUIZA

Hace muchos años, por indicacion del consejero G. B. Pioda, la *Sociedad Helvética de Ciencias Naturales*, inscribió en su programa de accion las investigaciones relativas a la altura i al rendimiento de los cursos de agua suizos, i en su 47.<sup>a</sup> reunion verificada en Saman-



den el 24 de agosto de 1863, nombró con ese objeto una *Comision Hidrométrica Suiza*. Esta comision se componia al principio de los profesores Ch. Dufour (presidente), Ch. Kopp i A. Escher v. de Linth.

Segun un informe del profesor Ch. Dufour fechado en 18 de agosto de 1864, en su primera sesion preparatoria, la Comision Hidrométrica Suiza trató preferentemente tres asuntos referentes a los *hidrómetros*, a los *pluviómetros* i a los *puntos de referencia altométricos*. En cuanto a los hidrómetros, el entónces jefe del Departamento federal del interior, consejero federal G. B. Pioda, habia ya evacuado una conceptuosa circular sobre este capítulo a la Asamblea Federal.

#### RED LIMNIMÉTRICA PRIMITIVA

Como la mayor parte de los cantones contestó a esta circular, agotando la materia, desde su primera sesion, la Comision Hidrométrica Suiza pudo formarse una idea exacta de la situacion i del estado de los hidrómetros existentes, como asimismo de las series de observaciones disponibles, de la altura altimétrica de los ceros limnómetros, i de los niveles extraordinarios de la napa de agua, etc.

En efecto, de esta informacion, ordenada por el consejero federal G. B. Pioda, resultó que un número considerable de cantones como Argovia, Berna, Grisons, Lucerna, Ticino i particularmente Vand i Zürich poseian una red limnimétrica bien organizada i tambien, aunque en parte, que las observaciones habian sido bien hechas o que estaban en vias de establecerse estaciones de esta especie, si bien desde mucho tiempo atras i, por su cuenta (3,000 francos), la Confederacion mantenia una red propia de limnómetros sobre los tres principales lagos del Jura i sobre muchos cursos de agua que afluyen a ellos, confiada al cuidado del ingeniero Fr. Leemann, la Comision juzgó conveniente que las otras estaciones limnimétricas, tanto las que ya existian como las que estaban en vias de construccion, quedaran bajo la vijilancia i la administracion de los cantones i que solamente una oficina central fuera la encargada de recojer el material de observacion.

Ademas la Comision, en su primera sesion expresó el deseo de que no solo se dedicaran los esfuerzos a las observaciones hidrométricas. sino tambien, i de una manera preponderante, a los *aforos* de los cursos de agua; este último designio hacia necesario un considerable aumento de los *pluviómetros* de propiedad de la *comision meteoroló-*

jica Suiza. Todavía, la comision resolvió dedicar especial atencion a la mensura frecuente de los *materiales* arrastrados por los torrentes.

Habiendo reconocido con mucha razon que las observaciones limnimétricas son una *seguridad de control de los ceros limnimétricos*, fácil de encontrar en todo tiempo, no pueden tener sino un valor mui limitado; por iniciativa del profesor Ch. Dufour la Comision hidrométrica suiza propuso tambien en su primera sesion de colocar un gran número de puntos de referencia de metal que con el trascurso del tiempo no pudieran ser destruidos ni por obra del hombre ni por los fenómenos naturales. Como ejemplo típico de semejantes puntos de referencia fué recordada la placa de bronce (N. F. R. P. N.) incrustada en la «*Pierre du Niton*» en el puerto de Jinebra el año 1820 por indicacion del jeneral W. H. Dufour. Este punto de referencia ha prestado ya enormes servicios como, por ejemplo, para las observaciones de las alturas del lago de Jinebra i especialmente tambien para las comprobaciones de las nivelaciones de acordamiento.

El traductor ha adoptado la espresion «*punto de referencia*» para traducir la palabra «*caposaldo*»; sin embargo, el concepto no es del todo equivalente porque punto de referencia tiene un significado abstracto, mientras que caposaldo espresa de una manera jeneral, toda señal colocada para realizar los puntos de referencia.

El profesor Ch. Dufour llamó especialmente la atencion hácia el hecho de que mediante tales puntos de referencia se podrán constatar mas tarde con certidumbre los posibles solevantamientos o hundimientos producidos en las riberas de nuestros mayores lagos. Desgraciadamente, la proposicion del prof. Ch. Dufour no pasó de ser un buen deseo; segun nos consta la Comision hidrométrica Suiza solo hizo colocar dos de estos puntos de referencia, a saber, uno en un lugar difícilmente accesible como es la roca que está al pié del castillo de Chillon i el otro en el extremo rocoso al extremo noreste del «*Lac de Joux*». Talvez sucedió esto a causa de que la *Comision jeodésica Suiza*, que tambien comenzó su actividad en 1864, decidió—igualmente por indicacion del profesor Ch. Dufour—ejecutar una nivelacion de precision desde Jinebra (punto de partida N. F. R. P. N.) hasta Basilea, Lucerna i Romanshorn, i probablemente hasta el Ticino, i colocar ciertos número de puntos de referencia a lo largo de estas líneas de nivelacion. El modelo elejido fué la placa de bronce incrustado en la «*Pierre du Niton*».

Del 17 de diciembre de 1865 al 20 de febrero de 1869 la Comision hidrométrica Suiza, que contó con un nuevo miembro por la elec-

cion del ingeniero R. Lauterburg verificada el 2 de agosto de 1865, celebró en total 8 sesiones.

Algunos miembros, como el prof. A. Escher v. d. Frinth i el prof. Ch. Copp se retiraron el primero en noviembre de 1865, i el último a principios de 1869.

Entre los miembros que despues se sucedieron en la Comision, recordaremos a los siguientes: inj. C. Fraschuia, inj. F. Henzi, profesor C. Culmann, prof. Benteli i el inj. G. H. Legler, de la correccion del Linth. Al profesor Ch. Dufour sucedió como presidente de la Comision el inj. R. Lauterburg i mas tarde el prof. C. Culmann.

Naturalmente, el primer esfuerzo de la Comision hidrométrica Suiza se ocupó de obtener de las Cámaras federales la aprobacion de los fondos necesarios para lá ejecucion de los trabajos proyectados. Por la intervencion de los Consejeros federales Dr. J. Dubs i Dr. K. Schenk, que tomaron mucho interes por este asunto, la Comision recibió entónces un crédito de 10,000 francos para la primera mitad del año de 1865 i para todo el de 1866, i otro crédito igual para 1867.

Mas adelante, estos créditos fueron acordados basándose en balances aproximados que se presentaron i, por lo ménos hasta 1873, las correspondientes subvenciones anuales jamas sobrepasaron mucho de los 10,000 francos.

*Oficina Central Hidrométrica Federal.*—Si quisiéramos reproducir aquí estensamente todas las resoluciones i disposiciones tomadas sucesivamente por la Comision hidrométrica suiza, como tambien los resultados obtenidos, alargáramos demasiado este trabajo; en vista de esta circunstancia, recomendamos consultar al respecto las actas de las sesiones i las memorias anuales. Por lo ménos, recordaremos que desde 1865 se habia proyectado una *Oficina Central Hidrométrica Federal* con sede en Berna. La direccion de esta Oficina fué conferida oficialmente el 14 de abril de 1866 al ingeniero R. Lauterburg. Ademas, cada uno de los cinco miembros de la Comision hidrométrica Suiza debia estudiar aparte una hoya hidrográfica que se le habia designado especialmente, cuyos límites estaban indicados en un mapa a propósito. Esta idea no era mui feliz i pronto tuvo que ser abandonada. Por el contrario, el estudio sistemático de las *hoyas llamadas normales*—para las que fueron elejidos el Gürbe, el Linth, el Laudquart i el Reuss Superior—habia sido coronado de éxito seguro, si los estudios correspondientes hubieran podido llevarse uniformemente i durante un largo período de años.

La Oficina Central de la Comision hidrométrica Suiza, en la que primeramente estaban ocupados el inj. A. v. Morlot (1866-1867) i el

inj. A. Benteli (1868-1869), despues i principalmente el inj. J. Glauser (1870-1871) i el dibujante F. Bram (1871-1872) en calidad de colaboradores, desplegó una viva actividad despues que en el verano i otoño de 1866 el inj. R. Lanterburg hubo inspeccionado gran número de las estaciones limnimétricas suizas existentes entónces. Nos falta el espacio indispensable para describir uno a uno los trabajos ejecutados i las publicaciones hechas; de estas últimas indicaremos aquí sucintamente las principales:

1) Resúmen sinóptico de las *superficies de diversas hoyas hidrográficas*;

2) Prospecto de los *ventisqueros* suizos;

3) Prospecto de los *lagos* suizos;

4) Prospecto de las *longitudes de los rios* suizos;

5) Carta sinóptica de la red de las *estaciones hidrométricas i meteorológicas*;

6) *Boletines* con las representaciones gráficas de las alturas limnimétricas a las que se han agregado algunas curvas medias térmicas i la representacion gráfica de las alturas pluviales.

*Boletines de las alturas limnimétricas.*—Al principio estos boletines se publicaron mensualmente, el primero para el mes de agosto de 1866. Mas tarde, a partir de 1867, ademas de los boletines mensuales, cuya publicacion cesó a fines de noviembre de 1872, se imprimieron boletines anuales en láminas sueltas de formato de 34×52 cm. (dobladas una sola vez).

Desde 1873 los boletines fueron publicados siempre semestralmente. Las 6 láminas que forman el boletin de 1867 comprenden las alturas limnimétricas de 47 estaciones (hoya del Rhin = 10; hoyo del Aar = 11; hoyo del Reuss = 8; hoyo del Limmat = 9; hoyo del Ródano = 5; hoyo del Ticino = 4), i ademas las temperaturas del aire i las alturas de lluvias correspondientes a 6 estaciones meteorológicas elejidas oportunamente.

Los boletines contienen ademas muchos datos numéricos, a saber:

a) la longitud de las estaciones limnimétricas;

b) la latitud de las estaciones limnimétricas;

c) la cota absoluta del cero del hidrómetro;

d) la superficie de la hoyo hidrográfica;

e) la altura máxima conocida de la napa de agua;

f) la altura mínima conocida de la napa de agua;

g) la altura media anual;

h) la altura máxima anual con la fecha;

i) la altura mínima anual con la fecha.

Ademas se encontraban, indicadas por las estaciones meteorológicas, las temperaturas medias, máximas i mínimas anuales con las fechas respectivas; las alturas totales pluviales anuales como tambien las alturas máximas pluviales diarias con su fecha.

Mas tarde se inició tambien el *canje* de publicaciones con el extranjero, en especial con el Gran ducado de Baden, en Wurtemberg, con Baviera, con Alsacia, con Austria, con Francia i con Italia; este canje se mantuvo siempre, siendo ampliado despues con lo que se benefició grandemente nuestra hidrometría.

*Introduccion de los limnigrafos.*—La oficina central de la Comision hidrométrica suiza, despues de profundo exámen resolvió introducir los *instrumentos limnimétricos de registro automático* i se ocupó inmediatamente del negocio. El aparato inventado por el Dr. G. Hasler, de Berna fué reconocido como el mejor. Se colocaron diez de estos instrumentos en varios puntos i en diversos cursos de agua (sobre el lago de Constanza en Lindau Friedrischafen i Constanza, sobre el Rhin en Basilea, sobre el Aar en Thun, Berna, Aarberg, Büren i Döttingen i sobre el Gürbe, en Belp).

*Caudales de los cursos de agua.*—El «*Ensayo de compilacion de un índice jeneral de los caudales de los cursos de agua suizos deducidos de la estension i de las condiciones de las hoyas hidrográficas, fundado sobre las observaciones meteorológicas e hidrométricas de la Suiza, segundo de una introduccion al estudio en jeneral de esta cuestion*», constituye la obra principal del inj. R. Lanterburg. Si debiéramos entrar en los detalles de esta obra que tanto tiempo exijió, nos estenderíamos demasiado; pero no podemos eximirnos de hacer observar que los esfuerzos del inj. R. Lanterburg tendian a calcular teóricamente los gastos *mínimos, medios i máximos* de cualquier curso de agua i en un punto cualquiera, basándose en las llamadas *condiciones principales*, en la *estension* i en la *cantidad de precipitacion meteórica* de la correspondiente hoya hidrográfica. Con el objeto de poder caracterizar las condiciones principales, entre las cuales deben contarse especialmente la estension de los lagos i de los ventisqueros, la pendiente, las condiciones de cultivo i la porosidad de las vertientes, el inj. Lanterburg tuvo que usar en sus fórmulas un gran número de coeficientes mui elásticos.

*Estadística de las fuerzas hidráulicas suizas.*—Muchos años despues, cuando el inj. Lanterburg se entregó nuevamente al esclusivo ejercicio de su profesion, se ocupó activamente de la *estadística de las fuerzas hidráulicas suizas* i en 1890 dió fin a su «*Prospecto de las*

*fuerzas hidráulicas suizas* consideradas dentro de los límites del probable desarrollo de la industria nacional i calculadas con relacion a los caudales del estado medio de las alturas medias i de los estiajes.»

En este prospecto, cuyo orijinal quedó a disposicion del autor, se calcularon para 386 *secciones* de la red fluvial suiza, tanto los totales *P* de las *fuerzas hidráulicas brutas* como las *fuerzas brutas productivas* totales *p*.

Una gran parte de estas secciones, especialmente las que están situadas en las rejiones alpinas, eran consideradas por el ingeniero R. Lanterburg como «*ilusorias*», es decir, de ningun provecho industrial, ó bien como no recomendables por razones legales: estos valores de las *fuerzas brutas P* los colocaba entre paréntesis para distinguirlos. El ingeniero Lanterburg determinaba las *fuerzas brutas productivas*, sirviéndose de coeficientes de reduccion mui variables i en la mayoría de los casos elejidos a ojo de buen varon (1).

En el siguiente cuadro está reproducido el resultado total de las fuerzas hidráulicas suizas, calculado por el ingeniero R. Lanterburg:

Núm. de las distintas secciones de los cursos de agua	HOYAS HIDROGRAFICAS PRINCIPALES	TOTAL DE FUERZAS HIDROGRÁULICAS BRUTAS EN H. P.		TOTAL de las fuerzas hidráulicas brutas productivas en H. P.
		en las secciones llamadas <i>ilusorias</i>	en las secciones prácticamente utilizables	
1-97 a	Rhin .....	1.209 017	434.298	229.741
98-224	Aar .....	594.582	216.652	128.309
225-255	Reuss .....	276.236	52.764	55.705
256-282	Limmat .....	77.748	84.710	25.632
283-336 y 386	Ródano (Doubs inclusive)	586.804	328 244	115.475
337-365	Ticino ..	54.934	256.362	34.589
366-385	Inn (Maira, Poschiavino, y Ram inclusives).....	2.057	307.805	34.363
		2 801.378	1 680.835	623.814
TOTAL .....		4.482.213		

(1) Talvez la espresion apuntada, sea la que mas se aproxime a otra espresion de uso vulgar que figura en el texto italiano.

(Continuará)

Boletín de precios de minerales, productos metalúrgicos, salitre, combustibles, fletes i tipo de cambio internacional durante el mes de abril de 1911.

COTIZACIONES EN LONDRES  
COBRE — PLATA — SALITRE

FECHAS	COBRE EN BARRA	PLATA EN BARRA	SALITRE
	a 3 meses	a 2 meses	
	La ton. inglesa	Peniques p/. onza troy	Chelines por qq. español
Abril 6.....	£ 54.17.6	24.7/16	8.6
» 13.....	54.6.3	24. 1/2	8.6
» 20.....	54.5.0	24. 3/4	8.5.1/2
» 27.....	54.5.0	24. 7/8	8.7.1/2
Término medio del mes.....	54.8.5. 1/4	24. 5/8	8.6 1/2

COTIZACIONES EN VALPARAISO

COBRE

FECHAS	Cotizacion europea	Cambio	PRECIO DE LOS 100 KS. LIBRE A BORDO			FLETES POR VAPOR	
			Barra	Ejes 50%	Minerales 10%	A Liverpool o Havre, sh. p./t.	A New York dollars p/ ton.
Abril 7.....	£ 54.15	10.25/32	\$ 109.80	46.27. 1/2	5.82	35	\$ 8.75
» 21.....	54.10	10.21/32	110.55	46.55	5.86	35	8.75
Término medio del año. ...	.....	10.23/32	110.17 1/2	46.41.1/4	5.84	.....	.....

PLATA—SALITRE—CARBON

FECHAS	PLATA	SALITRE		CARBON		
	Kgm. fino libre a bordo m/c.	95% al costado del buque, sh. por qq. español	Flete por buque de vela sh. por ton.	Cardiff Steam	Hartley Steam	Australia
Abril 7.....	\$ 75.64	6.11. 1/2	17.6	36 a 38	28 a 31	27 a 30
» 21.....	77.60	7.0	18.6	36 a 38	28 a 31.6	27 a 30
Término medio del mes.....	76.62	6.11.3/4	18.0	.....	.....	.....