Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis de Posgrado

Las salinas de Epecuén : su explotación técnica

Leguizamón, Martiniano M.

1908

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Leguizamón, Martiniano M.. (1908). Las salinas de Epecuén : su explotación técnica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0055_Leguizamon.pdf

Cita tipo Chicago:
Leguizamón, Martiniano M.. "Las salinas de Epecuén : su explotación técnica". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1908.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0055_Leguizamon.pdf

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

LAS SALINAS DE EPECUÉN

SU EXPLOTACIÓN TÉCNICA

TESIS

PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR EN QUÍMICA

POR EL EX-ALUMNO

Martiniano M. Leguizamon

Profesor de Tecnología Química en la Escuela Industrial de la Nación,
Químico de 1ª de la Oficina Química Nacional,
Técnico de la "Compañía Argentina de Caseína"
Miembro corresponsal
de la
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale de France

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
21 ABR 1909
BIBLIOTECA
DE LA UNIVERSIDAD NAL DE B. AIRES

BUENOS AIRES
IMPRENTA PABLO GADOLA - RIVADAVIA 775
1908

La Facultad no se hace solidaria de las opiniones manifestadas en las tésis.

Facultad de Ciencias Exáctas, Físicas y Naturales

DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

DECANO

Ingeniero OTTO KRAUSE

VICE-DECANO

Ingeniero JUAN F. SARHY

CONSEJEROS

ING. LUIS A. HUERGO
» EDUARDO AGUIRRE
» OTTO KRAUSSE
» JUAN F. SARHY
» EMILIO PALACIO
» JULIAN ROMERO
» LUIS J. DELLEPIANE
» EDUARDO LATZINA
ING. AGUSTIN MERCAU
Dr. CARLOS M. MORALES
» ATANASIO QUIROGA
» ILDEFONSO P. RAMOS MEJIA
» ANGEL GALLARDO
ING. JULIO LABARTHE
» LORENZO AMESPIL.

DELEGADOS AL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO

Ing. LUIS J. DELLEPIANI, Ing. AGUSTIN MERCAU
Suplentes Dr. CARLOS M. MORALES

SECRETARIO

Ingeniero PEDRO J. CONI

PROFESORES TITULARES

Complementos de Aritmética y Algebra.	Ingeniero Juan de la Cruz Puig
Trigonometría y Complementos de Geometría	» José S. Sarhy
Complementos de Física y Manipulaciones	Doctor Manuel B. Bahia
Complementos de Matemáticas	» Ignacio Aztiria
» » Química	» Enrique Poussart
Dibujo lineal y á mano levantada	Ingeniero Carlos Paquet
» » » » »	Arquitecto Ricardo Martí
Algebra superior y Geometría Analítica	Ingeniero Carlos D. Duncan
Geometría Proyectiva y Descriptiva	Juan F. Sarhy
Cálculo infinitesimal 1. y 2. curso	Doctor Ildefonso Ramos Mejia
Química Analítica y relativa á materiales de construcción	» Atanasio Quiroga
Construcción de edificios	Ingeniero Juan Rospide
Dibujo de lavado de planos	» Armando Romero
Estática Gráfica	» Juan Darquier
Geometría Descriptiva Aplicada	» Lorenzo Amespil
Topografía	» Emilio Palacio
Dibujo de ornato	Don José Carmignani
Caminos ordinarios y materiales de construcción	Ingeniero Emilio Palacio
Mecánica racional	Doctor Carlos M. Morales
Química Analítica y Aplicada	» Atanasio Quiroga
Cálculo de construcciones	Ingeniero Emilio Candiani
Resistencia de materiales	» Julio Labarthe
Mineralogía y Geología	» Eduardo Aguirre
Arquitectura	» Horacio Pereyra
Construcciones de mampostería	» Vicente Castro
Tecnología del calor	» Eduardo Aguirre
Hidráulica	» Julian Romero
Geodesia	» Luis J. Dellepiani
Teoría de los mecanismos	» Otto Krause
Electrotécnica	Doctor Manuel B. Bahia
Construcción de máquinas	Ingeniero Otto Krause
Hidráulica agrícola é Hidrología	» Agustin Mercau
Construcciones de Arquitectura	» Domingo Selva
Geometría Descriptiva para Arquitectos	» Mariano I. Cardoso
Construcciones de puentes y techos	» Fernando Segovia
Puertos, canales, etc	» Emilio Candiani
Ferrocarriles	» Alberto Schneidewind
Botánica	Doctor Eduardo L. Holmberg
Zoología	» Angel Gallardo
Reguladores	Ingeniero Eduardo Latzina
Física general	» Armando Romero
Química analítica especial	Doctor Enrique Herrero Ducloux
Tecnología Mecánica	Ingeniero Otto Krause
Química orgánica	Doctor Julio J. Gatti
Arquitectura	Ingeniero Eduardo M. Lanús
»	» Pablo Hary
»	Arquitecto Alejandro Cristophersen
»	» Eduardo Le Monnier
Dibujo de figura	Don Ernesto de la Cárcova
Modelado	» Torcuato Tasso
Dirección de obras—Legislación	Ingeniero Mauricio Durrieu
Teoría de la elasticidad	» Jorge Duclout
Dibujo de Arquitectura	» Horacio Pereyra
Historia de la Arquitectura	Arquitecto Jacques Dunant
Teoría de la Arquitectura	Ingeniero Pablo Hary

PROFESORES SUSTITUTOS

Complementos de Aritmética y Algebra.	Doctor Ignacio Aztiria
Trigonometría y Complementos de Geometría	» » »
Complementos de Física y Manipulaciones	Ingeniero Armando Romero
Complementos de Física y Manipulaciones	» Juan B. Hubert
Complementos de Química	Doctor Francisco P. Lavalle
» » »	Don Marcos M. Gutierrez
Dibujo lineal y á mano levantada	Ingeniero Alfredo Oliveri
Algebra superior y Geometría Analítica	Doctor Ignacio Aztiria
Geometría Proyectiva y Descriptiva	Ingeniero Juan Rospide
Cálculo infinitesimal (1° y 2° curso)	» Octavio J. Pico
» » »	» José A. Medina
Química Analítica y aplicada	Doctor Enrique Fynn
» »	» Miguel Puiggari
» » »	» Jacinto Raffo
Construcción de edificios	Ingeniero Mauricio Durrieu
Dibujo de lav do de planos	» Alfredo J Orfila
Estàtica Gràfica	» Carlos Wauters
Geometría Descriptiva y aplicada	Doctor Claro C. Dassen
Topografía	Agrimensor Alejandro Olazabal
»	Ingeniero Salvador Velasco
Caminos ordinarios y materiales de construcción	» Eugenio Sarrabayrouse
Caminos ordinarios y materiales de construcción	» Luis Curutchet
Mecánica racional	» Manuel A. Vila
Resistencia de materiales	» Atanasio Iturbe
Mineralogia y Geoloxía	Doctor Cristòbal M. Hicken
Construcciones de mampostería	Ingeniero Salvador Velasco
» » »	» Carlos Wauters
Tecnología del calor	» Pablo Nogues
Arquitectura	Arquitecto Carlos Carbó
»	» Luis P. Estevez
Hidráulica	Ingeniero Tomás González Roura
Geodesia	» Salvador Velasco
Teoría de los mecanismos	Doctor Claro C. Dassen
» » » »	Ingeniero Evaristo V. Moreno
Tecnología Mecánica	» Eduardo Volpatti
Teoría de la Elasticidad	» Eduardo Latzina
Electrotécnica	» Guillermo E. Cock
»	Juan N. Hubert
Construcción de máquinas	Ingeniero Sebastian Ghiglianza
» » »	» Eduardo Latzina
» » »	» Evaristo V. Moreno
» » » puentes y techos	» Agustin Mercau
Puentes, canales, etc	» Sebastian Ghiglianza
» » »	» Fernando Segovia
Ferrocarriles	» Arturo M. Lugones
Botánica	Doctor Cristóbal Hicken
Química orgánica	» Enrique Fynn
» »	» Guillermo Schaeffer
Matemáticas superiores	» Claro C. Dassen
Geometría descriptiva, Perspectiva y Sombras	Ingeniero Benito Mamberto
Hidráulica Agrícola é Hidrología	» Alejandro Foster
Cálculo de construcciones	» Alfredo J. Orfila
Dibujo de figura	Don Carlos P. Ripamonte
» » »	» Rinaldo Giudice
» » ornato	» Roberto Fincati
Construcciones de Arquitectura	Ingeniero Alfredo Gualtero
Dirección de obras, Legislación	» Icilio Chiocci
Complementos de Matemáticas	» Mauricio Durrieu
Teoría de la Arquitectura	» »
Modelado	Don José V. Ferrer
Física general	Ingeniero José A. Medina
Física Química	Doctor Horacio Damianovich
Química analítica y relativa á materiales de construcción	Don Emilio M. Flores

PADRINO DE TESIS

Ingeniero D. OTTO KRAUSE

DECANO DE LA FACULTAD

DE

CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES

A los míos

Señores Consejeros:

Señores Profesores:

Al someter á vuestra ilustrada consideración este modesto trabajo, fruto de larga labor, como de las eruditas lecciones y de los sabios consejos que he recibido de vosotros durante mi paso por las aulas universitarias, no he querido solo llenar una reglamentaria disposición, sinó presentaros, con el testimonio de mi reconocimiento, la profesión de fé que habrá de señalar rumbos á mi vida científica, en las investigaciones personales del laboratorio ó en las divulgaciones de la enseñanza.

Si solo hubiese tenido presente el interés que despiertan los atrayentes problemas de la química pura, en nuestro espíritu, siempre sediento de gustar las fuentes de lo desconocido, hubiera elegido como tema para este trabajo, uno de tantos problemas, piedra de toque de labor perseverante, pero no siempre fecunda. Más, dadas mis inclinaciones á la Química Tecnológica, y el convencimiento de su conveniencia para el progreso industrial, importante factor en la prosperidad de las naciones, he preferido elegir como tema de mi tésis inaugural, el estudio de uno de los variados productos naturales de nuestro suelo y la implantación industrial á que su explotación técnica podria dar orígen.

Esta mi predilección no vale establecer que yo dé poca importancia á los conocimientos teóricos, bagaje que debe tener y bien completo todo el que quiera dedicarse á Química Tecnológica; sinó que estimo que con su sola dedicación redimimos incompletamente la deuda social que debemos reconocer cuantos nos hemos educa-

do en establecimientos de enseñanza oficial. Me anticipo á comenzar á saldar esa deuda, para mí sagrada, con el trabajo que debe investirme diplomado.

Es esta, también la orientación de la Química moderna en pueblos más adelantados que el nuestro, con mayor vida nacional y mayor experiencia consiguiente, de cuyas costosas experimentaciones y obstinada labor debemos aprovechar, para ahorrar tiempo y fortuna en trepidaciones y tanteos.

Así en Alemania, cada industria ha reclamado el concurso de los hombres de estudio y la índole de estos es cada dia más tecnológica, más adecuada á las necesidades de las respectivas industrias.

No hace un siglo todavía que Liebig, desde su cátedra de la Universidad de Göttingen, dió á los estudios una orientación tecnológica, y las industrias alemanas han dado un vuelco completo en la técnica de sus procedimientos. A Liebig siguieron: Hildebrand, Knapp, Offman, Kekulé etc. en otras universidades alemanas y hasta en institutos especialmente fundados para la enseñanza de la Química.

Las universidades de los demás países imitaron este ejemplo; la que más lo resistió fué la Universidad de París, la vieja Sorbona creía tener por misión hacer sabios y profesores, los que se encerraban en los laboratorios de ciencia pura, viviendo alejados del resto del país que los costeaba. En Alemania, en cambio, se procuraba un verdadero acercamiento entre los industriales y los profesores de las universidades.

En los Estados Unidos, refiriéndose á estos hechos, Miller en el «School of Mines Quarterly» de Junio de 1905 dice:

«Es evidente que existe una demanda definida por una clase de químico que no producimos, por un hombre que reuna á un sólido conocimiento de la Química, una notable familiaridad con la Ingeniería tanto mecánica, como eléctrica; un hombre que pueda abordar cualquier tema ó procedimiento desde el punto de vista del inge-

niero, asi como desde el del químico; un hombre que pudiendo ocupar al principio un puesto de analizador, en virtud de sus conocimientos de ingeniería, sea apto para llegar á director técnico; un ingeniero químico en una palabra».

Entre nosotros, estas palabras, tienen una evidente aplicación; aquí donde nuestras nacientes industrias, en la carencia de elementos nacionales completamente preparados para la tarea de conjunto que describe el autor yankee, se ven obligadas á pedir al extrangero los técnicos necesarios.

Bien pues, respondiendo á estas ideas y tratando de darme exacta cuenta de la extensión de nuestras necesidades es que voy á permitirme abordar el estudio de

«Las Salinas de Epecuèn. Su explotación tècnica.

He solicitado para dar mayor autoridad á mis ideas el alto padrinazgo del Sr Ing. D. Otto Krause, un sincero creyente, y un apostol de ellas y á quien quiero hacer pública declaración de mi reconocimiento por el honor que me dispensa en este acto.

A mis padres quienes son entre todas las personas que han contribuido á la realización de mis estudios, á las que más debo, todo mi cariñoso agradecimiento.

PLAN DE LA OBRA

Descripción del terreno.
Riqueza salina.
Clasificación mineralógica de estas sales.
Origen Geológico.
Explotación de las sales.
Usos y aplicaciones del cloruro de sodio.
Usos y aplicaciones del sulfato de sodio.
Carbonato de sodio, sus usos, reseña histórica.
Soda natural.
Soda vegetal.
Soda artificial, su fabricación.
Elección del método. Justificación del método empleado.
Método Leblanc.
Resolución matemática del punto donde debe instalarse la fábrica de acuerdo con el gasto de los fletes.
Oficina de administración.
Hornos giratorios.
Galpones para depósito de materias primas.
Galpones para depósito de materias elaboradas.
Cubas de Shanks para lejiviar la soda.
Aprovechamiento de los resíduos.
Presupuesto.
Rendimiento probable.
Conclusiones.
Proposiciones accesorias.

Descripción del terreno

Al Oeste de Carhué y á una distancia de 4 klms. se extiende la laguna de Epecuén. Su situación geográfica está comprendida entre los: 62° 46′ 48″ y 62° 57′ 34″ de longitud Oeste de Greenwich, y los 37° 12′ 15″ de latitud Norte y 37° 3′ 27″ de latitud Sud.

Esta laguna cuya altimetría es de 102,30 mts. (1), se encuentra en una depresión del terreno de 19.660 hs. de superficie y sus playas, que ocupan una gran extensión donde no se ve un vegetal, están cubiertas por una capa blanca de sales, brillante á los rayos del sol, y que á la distancia, al producir el espejismo, parecen un inmenso mar.

El terreno adyacente pertenece á la época terciaria, y está cubierto por una capa de tierra vegetal, que probablemente irá aumentando de espesor, de año en año, y sobre la que se extiende arrastrada por los vientos la arena de las dunas.

Esta capa de tierra y arena de transporte, al crecer en altura, irá levantando el fondo de la laguna y llegará un momento en que, al desaparecer las aguas, solo quedará la inmensa cantidad de sales formando una salina.

La cuenca hidrográfica de esta laguna es bien marcada y á falta de otras determinaciones nos hemos valido de las cotas de nivel del Ferro-Carril del Sud.

Así tenemos por el Este y Sud que Carhué, que domina la laguna, está por su altimetria (111,70 mts.) en una depresión comprendida entre las estaciones «Arroyo Venado» y «Erize» cuyas cotas de nivel respectivas son 125,20 y 149,30 mts.

Si comparamos la cota de la estación «Fatraló» 130. mts. que está al Norte de la laguna con la cota de la estación anterior «Salliqueló» 131,51 mts. vemos que

(1) Las cotas de nivel están referidas al cero del mareógrafo del Riachuelo.

por el Norte también está visible la cuenca. De donde puede deducirse que la laguna se encuentra en el centro de una depresión, razon por la cual recibe innumerables torrentes además del arroyo «Pichipul» de 19 klms. de longitud y del arroyo «Pigüé», el cual nace en la vertiente Oeste de la sierra de la Ventana á 300 mts. sobre el nivel del mar, y que en cierta época del año tiene gran caudal de agua que arrastra, por un trayecto de 75 klms. materiales, encontrados á su paso ó transportados desde la sierra, para depositarlos en la laguna.

Esta laguna se distingue de otras también saladas, por la mayor cantidad de sales existente, no solo en sus aguas (véase analisis adjunto) sinó hasta en su fondo y en sus orillas, donde constantemente se encuentra una capa cuyo espesor puede variar entre 11 y 14 ctms.

Su profundidad máxima en aguas normales es de 2 mts. Esta profundidad aumenta en épocas de grandes lluvias y por el contrario, durante las fuertes sequías, aparecen masas cristalinas formando restingas á flor de agua ó irgiéndose por encima de ellas, en forma de pequeños arrecifes.

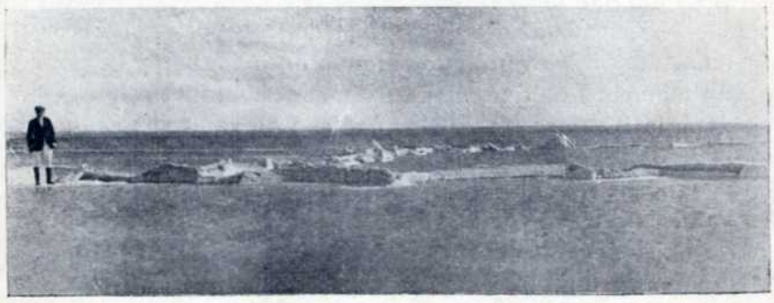


Fig. 1 Restingas Salinas de la laguna de Epecuén

No hay recuerdo de que la laguna se haya secado por completo, por más fuertes que hayan sido las sequías. Por el contrario, la distancia existente entre la barranca y la orilla en aguas medias, hace creer que ella debe haber tenido un caudal de agua mucho mayor en otras épocas geológicas.

La riqueza salina de la laguna de Epecuén, casi exclusivamente constituida por sulfato y cloruro sódico es indiscutiblemente muy superiór á la de cualquiera otra de la región.

Análisis del agua de la laguna de Epecuén

Temperatura del ambiente		25°1
» del agua		20°8
Color		incoloro
Aspecto		límpido
Olor		salino
Sabor		salado
Densidad á 20°,8		1,312
Materias en suspensión	‰	0,117
Residuo á 105°	»	588,150
» » 180°	»	375,100
» al rojo debil	»	374,100
» » » » $+SO^4H^2$	»	586,000
reacción en frío		fuertemente alcalina
» » caliente	»	»
Anhídrido sulfúrico	‰	49,7852
» nítrico	»	0
» nitroso	»	0
Cloro	»	150,8263
Anhidrido carbónico combinado	»	5,412
SiO^2, Fe^2O^3, Al^2O^3, CaO, MgO, K^2O,		no apreciables
Na^2O	‰	168,0770

COMBINACIONES

Na^2SO^4	‰	88,3683
NaCl	»	245,7281
Na^2CO^3	»	13,041

Clasificación Mineralógica

La proporción de estas sales, en disolución en las aguas, es tal que las acciones meteorológicas, aunque distintas, si bien constantes, determinan la precipitación de ambas formando masas minerales que se presentan en una costra espesa en toda la estensión de la playa.

Esta costra tiene diferente composición, según la época del año.

En el invierno se presenta un mineral que se extiende en un manto de espesor medio de 8 cmts. blanco, de estructura cristalina bien visible, monoclínico, de clivaje perfecto, de brillo vitreo, de sabor fresco y amargo, de densidad 1,8 y que al análisis resultó estar constituido por sulfato sódico cristalizado con 10 meléculas de agua (Mirabilita) ó sal de Glauber, mineral que se encuentra en un estado de pureza casi exagerada, como puede verse en el siguiente análisis:

SO^3	%	24,77
Cl	»	0,08
Na^2O	»	19,23
Agua de combinación	»	55,74
Insolubles, humedad, etc	»	0,20
		100,02

COMBINACIONES

$Na^2\ SO^4 + 10\ H^2O$	%	99,70
NaCl	»	0,12
Insolubles, humedad, etc	»	0,20
		100,02

En el verano se presenta: en la parte inferior, un mineral blanco, dispuesto en mantos, con una línea de separación bien manifiesta, donde la cohesión es mínima y que lo separa en dos capas: una, la mas delgada, está formada por unos hermosos cristales cúbicos, de clivaje perfecto, incoloros y límpidos, con brillo vitreo, notablemente diatérmanos, de sabor salado, de densidad 1, 5 y que resultaron al análisis ser de sulfato sódico anhidro. La composición de esta capa puede verse en el análisis siguiente:

SO^3	%	27,81
Cl	»	17,88
Na^2 O...	»	48,64
CaO.....	»	0,04
MgO.....		indicios
materias insolubles.....	»	1,51
humedad.....	»	4,81
		100,49

COMBINACIONES

Na^2 So^4	%	48,60
NaCl	»	45,45
$CaSO^4$	»	0,12
$MgSO^4$		indicios
m. insolubles.....	»	1,51
humedad.....	»	48,1
		100,49

La otra capa, la mas gruesa, está formada por un mineral blanco, cristalizado en el sistema rómbico, de clivaje perfecto, de brillo vítreo, de densidad 2,5 y que resultó ser sulfato sódico anhidro (Thenardita) según puede verse por el siguiente análisis:

SO^3	%	56,48
Cl···	»	0,94
Na^2 O..... ..	»	38,83
CaO y MgO.....		indicios
humedad..... ...	»	3,95
m. insolubles.....	»	0,19
		100,39

COMBINACIONES

Na^2 SO^4	%	94,69
NaCl.....	»	1,56
$CaSO^4$ y $MgSO^4$		indicios
humedad.... ..···....	»	3,95
m. insolubles	»	0,19
		100,39

Sobre esta capa se presenta otra en forma de rocas blancas, de un espesor medio de 10 ctms. de estructura cristalina, constituida por grandes cristales cúbicos, formando las tolbas tan características de la sal gema y compuestas de cloruro sódico en sus tres

cuartas partes y el resto de sulfato sódico anhidro, según lo muestra el análisis siguiente:

Cl	%	46,413
SO^3	»	13,400
Na^2O	»	40,147
humedad m. insolubles	»	0,040
		100,00

COMBINACIONES

NaCl	%	76,175
$Na^2\ SO^4$	»	23,785
humedad m. insolubles	»	0,040
		100,00

Origen Geológico

Mucho se ha discutido sobre el origen geológico de la gran cantidad de lagunas saladas diseminadas, sin orden alguno, en el terreno de las pampas que, impregnando de sales los terrenos adyacentes, solo dejan crecer en ellos una vegetación raquítica peculiar de las regiones estériles.

Las pampas del Nor-oeste, estériles, como las llama Burmeister, no contienen verdaderos lagos salados porque, los impropiamente llamados así, deben su amargor al sulfato y no al cloruro de sodio. En el Sud sobre la costa de la Patagonia, existen algunas lagunas que contienen cloruro de sodio, explotado, desde hace tiempo para la industria (1).

Es una cuestión aun no resuelta por la ciencia, la procedencia de esta gran cantidad de sales existentes en el suelo argentino, y algunos autores procuran explicarlo por la suposición de que todo el llano de la República estuvo en otra época cubierto por el mar. Según otros, esta cantidad de sales, que se encuentran en las lagunas saladas y en las salinas, seria debida á

(1) Burmeister Description phisique de la R. Argentine T. I pag. 170

las sales del terreno mismo, las que, arrastradas por la accion de las aguas y depositadas en lugares mas bajos, forman las lagunas saladas ó las salinas.

D'Orbigny (1), Darwin (2), Hatcher (3), Aguirre (4), etc. son de la primera opinión; suponen que, durante la formación del terreno patagónico casi toda la llanura argentina estuvo cubierta por el mar, cuyas aguas debieron extenderse hasta la cordillera de los Andes por el Oeste, y hasta los llanos de Santiago del Estero, por el Norte, rodeando la base de la sierra de Córdoba, en los últimos tiempos del período terciario. Es una prueba de esta aseveración, al decir de ellos, el hecho de la gran cantidad de cloruro de sodio que contiene el terreno pampeano y, como estas sales se encuentran en lagos salados ó en salinas (restos de lagos), siempre en depresiones del terreno, opina D'Orbigny que un gran cataclismo debe haber tenido lugar, y este hecho debió ser, según dicho geólogo, probablemente el surgimiento de los Andes, desde el fondo del mar y con ellos el levantamiento de la pampa.

Para Darwin, la formación de la pampa, sería debida á la acción de arrastre de las aguas quedando en el interior del terreno, (encerradas en las depresiónes de este) grandes masas de aguas de mar, formando: unas, las lagunas y otras, al evaporarse, las salinas.

Hatcher cita como prueba de la pelásgica teoría, la existencia de los numerosos laguitos salados que se encuentran en el fondo de la gran depresión de San Julian.

Estudiemos esta teoría.

Siendo la composición media de las sales del agua de mar la siguiente:

---

(1) D'Orbigny Voyage dans l'Amerique T. I pag. 62.
(2) Darwin Voyage of the H. M. S Beagle round the world 1852 pags. 25 y 57.
(3) Hatcher B. Geographic. Soc. Philadelphia T. 2 pag. 140.
(4) Aguirre Curso de Geología.

cloruro sódico	%	78,04
cloruro magnésico	»	8,81
sulfato magnésico	»	6,55
sulfato cálcico	»	3,82
cloruro potásico	»	2,09
bromuro sódico	»	0,15
bromuro magnésico	»	0,13
carbonato cálcico	»	0,11
carbonato magnésico	»	0,08
cloruro cálcico	»	0,03
yoduros, etc		vestigios
		99,80

Si fueran de origen marino las sales existentes en los terrenos, su composición correspondería á la de las del mar y por consiguiente debiera predominar en ellas el cloruro sódico, en la proporción más elevada y despues seguirle en importancia el cloruro magnésico, sulfato magnésico, cloruro potásico, bromuro sódico, bromuro magnésico, carbonato cálcico, etc.

Las lagunas saladas y salinas, en su mayoría no contienen sales magnésicas, ni bromuros, ni yoduros, conteniendo en cambio y en proporción muy superior á la del agua de mar, el sulfato de sodio.

Aguirre se adelanta á esta objeción diciendo que las sales magnésicas y potásicas, como mas solubles deben haber sido, en las grandes crecientes, lavadas por las aguas hasta el mar.

Ameghino combate resueltamento la hipótesis del origen pelásgico de la sal que se encuentra en los terrenos. Dice que el océano no puede haber cubierto á un mismo tiempo y en una misma época geológica, relativamente reciente, todas las llanuras de la R. Argentina, como ser: las de Sgo. del Estero, situadas á 500 mts. sobre el nivél del mar, los valles de Catamarca á 800 mts., los de Jujuy á 2200 mts., y los de la Puna de Atacama á 4300 mts.

Otro argumento de importancia agrega, el sabio geólogo es el de que en los distintos lugares, el terreno no contiene las mismas sales y cuando las contie-

ne no están en la misma proporción, lo que debiera suceder si fueran de orígen marino común. Efectivamente en las proximidades del Rio Colorado predomina el cloruro sódico mezclado al cloruro cálcico y al sulfato magnésico, en las pampas del Noroeste predomina la sal de Glauber que el vulgo llama salitre, de ahí el nombre de salitrales que dá á estos terrenos, aunque no contengan nada de salitre. En Sgo. del Estero existe el salitre, en Catamarca en ciertos lugares la collpa, y en la Puna la boronatrocalcita mezclada á carbonato, cloruro, y sulfato de sodio.

Algo mas, si las sales de las lagunas saladas fuesen de orígen marino, el terreno pampeano debiera contenerlas en toda su masa; pero estas solo parecen formar una capa superficial que no penetra á grandes profundidades, y en efecto, la cantidad de sales disminuye, á medida que aumenta la profundidad y el terreno pampeano existente debajo, parece no solo, que no contiene sales, sinó que tiene napas de agua dulce lo que estaria en completa contradicción con la hipótesis marina.

El origen marino queda completamente descartado, si efectuamos un detenido estudio de los terrenos referidos: pues no se ha observado en ellos, huesos de pescados ó conchas de moluscos marinos y sí restos de animales terrestres ó fluviales, como ser, conchillas de moluscos de los géneros: *Unio, Pallusdestrina, Planorbis, y Ampullaria* y una gran cantidad de huesos de mamíferos, que es lo que más caracteriza la formación pampeana; pues se encuentran por todas partes y aparecen preferentemente en las barrancas de los rios y de los arroyos donde las aguas en su acción de arrastre, dejan al descubierto las capas inferiores del terreno, fértil yacimiento de estos restos.

Schickendantz (1), Doering (2), Burmeister (3), Sie-

---

(1) Bol. de la Acad. de Ciencias de Córdoba T. 1 pág. 240 1874.
(2) » » » » » » » » T. 1 pág. 270 1874.
(3) Burmeister Description phisique de la R. Argentine T. 1 pág. 170.

wer (1), Brackebusch (2), Ameghino (3), Stelzner (4), Harperath (5), Nordenskiold (6), etc. son de opinión, que la sal de estos lagos y salinas tiene su orígen en el terreno mismo.

Las salinas y los lagos salados son por consiguiente de una época moderna y deben estar comprendidos en la formación post-pampeana.

El terciario patagónico en casi toda su extensión se halla cubierto por una capa de arena y guijarros de más de 20 mts. de espesor, formando el sistema cuaternario.

Ahora bién, siendo el terreno el resultado de la destrucción de las serranías vecinas, es evidente que debe tener en su composición los mismos elementos de las rocas que le han dado orígen, como ser: elementos del granito, gneiss, (rocas antiguas) y del basalto, traquita, y sus lavas (rocas modernas) vitreas, de orígen eruptivo, transformadas por los agentes físicos y parcialmente descompuestas por las acciones químicas.

Brakebusch (7) opina que la *arenisca roja* del terciario guaranítico que á veces se transforma en conglomerado de cemento cuarzoso, ferruginoso ó arcilloso y que no tiene fósil alguno, es la roca que da orígen á la sal; al desagregarse, las partes solubles son llevadas por las aguas y donde estas se evaporan dejan un depósito de sales.

Entre los agentes físicos, los vientos son, seguramente los que han tenido más señalada acción. Su violencia es tal que separan las partes de los terrenos dando orígen con las más livianas á los médanos, y llevando á una

---

(1) Napp Description de la République Argentine 1876.
(2) Brackebusch Las especies minerales de la R. Argentina.
(3) Ameghino La formación pampeana pág. 24 y 49.
(4) Stelzner Beitrage zur geologie und paleontologie der Argent. 1885.
(5) Harperaih Censo de Córdoba 1890.
(6) Nordenskiold Schwedische exp. 1893-97 págs. 13 y 17.
(7) Valentin La República Argentina y Brackebusch, Las especies minerales de la República Argentina.

región las partículas minerales que alzan en otra. En los terrenos de aluvión, sin embargo, la causa más importante, casi la única, que contribuye á su formación es la acción de las aguas.

Las aguas que descienden de una serranía de rocas graníticas, basálticas, traquíticas y sedimentarias, etc. tendrán en disolución las materias que del granito, del basalto, de la traquita etc. hayan podido disolver, sean originarias de las rocas ó engeudradas por acciones químicas.

Asi tenemos, por ejemplo; que entre los minerales del grupo de los feldespatos que por constituir la mayor parte de la masa de las rocas cristalinas tan abundantes, y de la arcilla tan esparcida forman una gran parte de la corteza terrestre, la Ortoclase $KAl(SiO_3)_2SiO_2$ sufre alteraciones, universalmente conocidas, por las acciones atmosféricas: una de ellas es la que la transforma en Muscovita (Mica Potásica).

$$6KAl(SiO_3)_2SiO_2 + 2H_2O = 3Al_2O_3, K_2O,$$
$$2H_2O(SiO_2)_6 + 2K_2O + 12SiO_2$$

En esta alteración queda en el producto final (mica) cierta cantidad de álcali, pues solo desaparece un tercio del total.

Los feldespatos sufren otra alteración en presencia del anhidrido carbónico del aire, consistente en la disolución de los silicatos alcalinos por las aguas de lluvia, á esta acción deben su origen los grandes yacimientos de silicato de aluminio hidratado que, cuando es puro y blanco, constituye el caolín, cuerpo en el que ha desaparecido todo el álcali, y cuando es arrastrado por las aguas lejos de las rocas de origen, coloreado é impuro se le llama arcilla, abundante al extremo de ser uno de los principales elementos constituyentes del terreno.

$$K_2OAl_2O_3\,6SiO_2 + CO_2 + 2H_2O =$$
$$2H_2OAl_2O_3\,2SiO_2 + CO_3K_2 + 4SiO_2$$

El carbonato potásico es convertido en sulfato potásico por la acción de los sulfatos y especialmente por

la del yeso, cuerpo proveniente de grandes formaciones, como la de San Luis.

$$K_2 CO_3 + Ca SO_4 = K_2 SO_4 + Ca CO_3$$

El carbonato cálcico se deposita formando capas conocidas con el nombre de *tosca*, en cuya masa aprisiona muchas veces gran cantidad de cristales de yeso (1) y el sulfato de potasio da á los vegetales la potasa tan necesaria para su nutrición.

Entre los elementos mineralógicos que constituyen el grupo de los feldespatos se encuentran las plagioclases y entre éstas la albita, constituyente también de las rocas, é igualmente un silicato doble de aluminio y un álcali, solo que éste es sodio. Sobre el pasaje de este mineral á mica ó á caolin (2) se tienen datos tan posivos que no dejan duda alguna.

Entre los piroxenos y anfíboles, hay algunos, como las tremolitas que se transforman en talco por hidratación, otro tanto probablemente ha de acontecer á la Jadeita, la Achmita y la Glaucofane que con pérdida de soda, han de pasar á silicatos hidratados.

La Analcima y la Natrolina son hidrosilicatos originados por la descomposición de los silicatos feldespáticos y que tienen la propiedad de ceder á las aguas el sodio y fijar el amonio, el potasio, y otras bases (3).

La Analcima deriva de la Leucita ó silicatos afines y es común en las rocas basálticas alteradas, donde se encuentra junto con la Natrolina.

Tan se alteran las rocas que en la quebrada de Amanao se explota un granito descompuesto cuya lama se usa en los ingenios para la fabricación de ladrillos.

En la provincia de Buenos Aires en algunos de los cerros que constituyen las Sierras Bayas el granito está en un estado de descomposición bastante avan-

---

(1) A. Doering Revista del Museo de la Plata T. 14 pág: 172 y sig. 1907.
(2) Bischof Geologie T. 2 pág. 64. 1863.
(3) Eichnorn Pogg. Ann. Bd. 105 pág. 126 y Lemberg Zeit. g. Ges. Bd. 22, 24.

zado. Hecho que hemos podido comprobar personalmente, en una excursión efectuada en 1906.

De todas las rocas en general se disuelven diferentes sales, tanto las que originariamente se encuentran en ellas como las que constantemente se forman por la acción del agua misma, del ácido carbónico, de los sulfuros, etc.

Entre las sales solubles que originariamente se encuentran en las rocas, tenemos: alumbres, sulfato de magnesia, y de calcio, cloruros alcalinos, etc.

Es la lenta desagregación de las rocas, que dá las sales que las aguas de lluvia disuelven y en su marcha hacia los valles, van depositando sobre los terrenos, en forma de fango ó limo, donde esas sales se hallan mezcladas con arenas, arcillas, restos de animales y de vegetáles, etc.

Al secarse esta costra de barro, la atracción capilar que se deja sentir por los intersticios del terreno, hace aparecer en la superficie las diferentes sales según su coeficiente de atracción capilar, formando esas eflorescencias blancas tan comúnes, que ya en 1864 llamaron la atención de Heusser y Claraz en la exploración efectuada desde Trenque Lauquen á Bahía Blanca, y que resultaron ser de una mezcla de sal de Glauber y sal gema, en la proporción siguiente:

	Muestra N. 1	Muestra N. 2
sal de Glauber $Na_2 SO_4 + 10H_2 O$	% 93	% 63
sal gema NaCl.....	» 7	» 37

Ameghino (1) refiere haber encontrado en gran cantidad eflorescencias en el rio Lujan cerca de la estación Olivera, cubriendo toda la barranca y hasta el lecho, que en parte se hallaba seco, y afirma que es á estas sales, en las que predomina el sulfato de sodio, á quienes deben su amargor las aguas del rio Salado.

Estas eflorescencias á su vez son nuevamente disueltas por las aguas de lluvia, al evaporarse las cuales,

(1) Ameghino La Formación Pampeana pág. 174 1881

vuelve otra vez á hacerse sentir la atracción capilar y así paulatinamente se va efectuando una verdadera selección de las sales según su grado de solubilidad y de atracción capilar, al extremo de que cuando llegan á los rios, que deben transportarlas hasta las salinas, ya ciertas sales (cloruros y sulfatos alcalinos) van en una proporción dominadora.

Explotación de sus sales

Una vez que las sales, cualquiera sea su origen, se encuentran disueltas en las aguas de la laguna Epecuén, por la acción de los rayos solares y de los vientos secos especialmente, empieza la evaporación y con ella la concentración de las soluciones, hasta saturación, dando lugar á la formación de un depósito salino, constituido casi exclusivamente por cloruro de sodio y sulfato de sodio.

Actualmente se explotan estas salinas, beneficiando las sales del referido depósito salino. La operación de la extracción que es igual para el sulfato que para el cloruro, se diferencia solo, en que una se efectúa en verano y la otra en invierno; se hace con picos y palas, juntando en unos montones las sales, estado en el que se las deja cierto tiempo, para que abandonen las aguas madres, después de lo cual se embolsan, para entregarlas al consumo. El trabajo se hace á destajo, pagándose $ 0,10 por cada bolsa de kilos 70 lo que puede producir un jornal de $ 7,00.

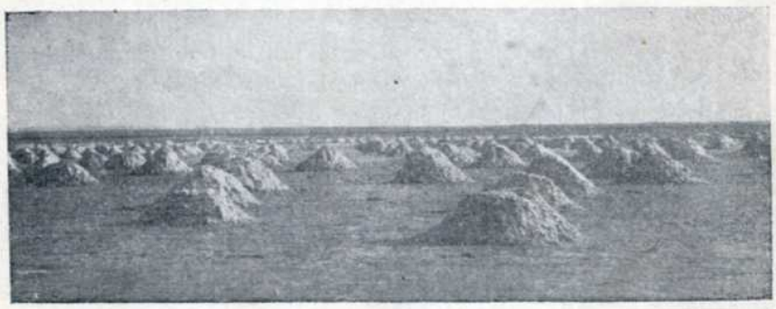


Fig. 2 — Explotación actual de las salinas

La extracción del sulfato se efectua en invierno, época en que la costra depositada está constituida por sal de Glauber con pequeñas impurezas; la extracción del cloruro se efectúa en verano, en esta estación la costra salina está constituída por un 75 % de cloruro y solo un 25 % de sulfato y asi sin someter estas sales á ninguna purificación, se amontonan, escurren y embolsan para entregarlas al consumo.

De esta manera, una cuarta parte de lo que se vende como cloruro de sodio es sulfato anhídro, lo que dado el consumo de sal en la alimentación, por dia y por habitante, y la acción del sulfato sobre el organismo, hace que esta sal sea ligeramente laxante. En las industrias ofrece también esta mezcla sus inconvenientes: así en la fabricación del ácido clorhídrico y de soda Solvay, el sulfato es un producto que impurifica la materia prima, haciendo disminuir el rendimiento, hay que descontar por consiguiente el peso del sulfato, á pesar de haber sido adquirido, lo que representa una pérdida, para la industria química.

Por otra parte, como el sulfato tiene mejor precio que el cloruro, toda la cantidad de aquél, que al impurificar al cloruro, es vendida como si lo fuera, representa una pérdida en la explotación de las salinas, que tratándose de grandes cantidades se hace bien sensible.

Son estas las razones que nos han inducido á estudiar la explotación racional basada sobre hechos científicamente comprobados.

Si no existiese más que una sal, el problema consistiría solo en averiguar la solubilidad de esta, recoger las aguas, concentrarlas si fuese necesario, hasta la consistencia indicada según la temperatura ambiente, para que aquella cristalizase; pero, como son dos las sales, consideraremos primero como se formaría el depósito si estuviese cada sal disuelta por separado y después las dos juntas.

Cloruro de sodio. — La curva de solubilidad de esta sal está representada por una línea recta

que va desde 35,5°/₀ á 0° hasta 39,6 °/₀ á 40° de manera que la temperatura entre 0° y 40° no tiene casi acción sobre la cristalización de este cuerpo, no así la disminución de volumen del líquido disolvente, que la tiene y muy marcada, cualquiera sea la temperatura; asi á una disminución del volumen del líquido de la laguna, el cloruro de sodio existente aumentará de tal manera su proporción que excederá á la reconocida como límite para la solubilidad de la sal, aún durante los mayores calores del verano, y le corresponderá por consiguiente un mayor depósito de cloruro de sodio; por el contrario, durante el invierno, por más acentuado que sea el descenso de temperatura, como en esta estación son más frecuentes las lluvias que al aumentar la masa de agua en la laguna, disminuyen la concentración de la sal, la proporción del cloruro de sodio estará por debajo del límite de saturación y por consiguiente no cristalizará.

Sulfato de sodio.—Con esta sal no pasa lo mismo, cuando cristaliza con 10 moléculas de agua, presenta una curva de solubilidad entre 0° y 50° lo màs característica, el agua á 0° solo disuelve un 12 °/₀ de esta sal, proporción que va aumentando paulatinamente con la temperatura hasta llegar á 25° y desde aquí aumenta bruscamente hasta 32°,73 donde alcanza su máximun de solubilidad que es 322, 12 °/₀ para descender después á 263 °/₀ á los 50° y por fin á 238 °/₀₀ á 100°. Descenso producido tal vez por la formación de un hídrato con un número menor de moléculas de agua.

Se comprende entonces que no teniendo el agua mayor importancia para la solubilidad del sulfato de sodio, por prolongada que sea la sequía en el verano, siempre habrá una suficiente cantidad del líquido que ayudada por la temperatura, baste para determinar la disolución del sulfato é impedir la cristalización.

La influencia de la temperatura es tan marcada para la solubilidad del sulfato de sodio que, durante el invierno, el descenso de ella influye más poderosamente que el aumento del volúmen del agua determinado por

las abundantes lluvias características de esta estación y la sal cristaliza.

Hasta aquí estudiado el fenómeno de la disolución de cada sal por separado; pero considerándolas unidas, como existen realmente, no es posible aplicarles las leyes generales reconocidas como exactas para las sales disueltas por separado.

Es un hecho conocido que el grado de solubilidad de dos sales disminuye cuando estas se mezclan, debido según la hipótesis de Arrhenius al aumento de concentración de los iones siempre que se trate de sales de misma base ó de mismo ácido.

Los análisis que hemos practicado, respecto á la solubilidad de las sales unidas ó aisladas confirman la hipótesis de Arrhenius, referente á disminución de solubilidad por aumento de iones *Na'*, en nuestro caso especial, é indican para una solución que ha sido agitada durante largo tiempo con un exceso de cloruro y sulfato de sodio, la proporción en que se encuentran disueltos á diferentes temperaturas, según puede observarse en el cuadro siguiente:

TEMPERATURAS	SOLUBILIDAD MOLECULAR					SOLUBILIDAD ESPECIFICA	
	de la mezcla de sales			de cada sal por separado		del:	
	H_2O	SO_4Na_2+10ag	$ClNa$	Na_2SO_4+10ag	$NaCl$	Na_2SO_4+10ag	$NaCl$
0° C	1000	3,81	20,24	6,89	109,30	12,17	35,5
5° »	»	4,88	65,05	9,21	109,70	16,49	36,6
10° »	»	6,18	69,91	11,46	110,10	20,51	35,7
20° »	»	15,17	76,38	39,08	110,80	71,14	36,0
25° »	»	22,18	65,69	55,95	114,00	99,50	36,15
30° »	»	24,49	51,89	120,30	111,63	215,00	36,30
31° »	»	18,36	70,52	151,08	111,76	270,00	36,33
32° »	»	39,37	45,39	180,23	111,89	322,12	36,36
33° »	»	33,93	46,29	174,53	112,02	312,11	36,39
34° »	»	23,52	57,95	173,45	112,15	310,00	36,42

Con los datos que anteceden podemos resolver el problema de la separación de las sales que existen en el agua.

En efecto, por lo general, puede saberse el momento en que comienza á depositarse una, y cuando aparece en el depósito la otra.

Si la solución contiene, por ejemplo, una cantidad de una sal A suficiente para que comience á depositarse, por concentración de dicha solución, la proporción de la otra sal B irá aumentando hasta que empiece á depositarse también. A partir de este momento, la solución conservará la composición adquirida y no hará mas que disminuir en cantidad. Ambas sales cristalizarán simultaneamente, hasta que todo el líquido haya desaparecido.

Es evidente que se llega á idéntico resultado final partiendo del otro extremo, es decir de una solución que contenga un exceso de la sal B.

El sistema está determinado si se conoce, la solución final saturada con las dos sales.

De acuerdo con la proporción siguiente:

$$\frac{\textit{Solubilidad del NaCl}}{58{,}5} = \frac{\textit{solubilidad del } Na_2SO_4 + 10\ H_2O}{322}$$

Toda solución de las referidas sales en que la primera relación sea superior á la segunda depositará cloruro de sodio; en el caso contrario, si la segunda relación es superior á la primera la sal depositada será sulfato de sodio. Siempre la cantidad de sal depositada es la necesaria y suficiente para restablecer la proporción.

La explotación la efectuaremos á temperaturas extremas, O°C y 32°C, por consiguiente, en invierno y en verano.

Consideremos primero la temperatura á O°C.

Sea A la solubilidad molecular del cloruro de sodio, dada por la expresión siguiente:

$$1000\ H^2O.\ 109{,}3\ NaCl$$

y B la solubilidad molecular del sulfato de sodio cristalizado con 10 moléculas de agua, dada por la expresión:

$$1000\ H_2O\ 68{,}9\ Na_2SO + 10H^2O$$

Si llevamos la cantidad de cloruro de sodio en ordenadas á partir de O, de abajo á arriba y las cantidades de sulfato en abcisas á partir del mismo punto de izquierda á derecha, tendremos como representar á *A B* y *C*.

C representa la solución final saturada de las dos sales.

Uniendo los puntos *A* y *B* al punto *C*; *CA* corresponde á la saturación en cloruro de sodio por cantidades crecientes de sulfato, y *BC* á la saturación en sulfato por cantidades crecientes de cloruro.

Se comprende facilmente lo que sucederá en nuestro caso.

Las aguas de la laguna contienen: 20,08 % de sulfato de sodio, calculado con 10 moléculas de agua, y 24,57 % de cloruro de sodio cantidades que podemos representar graficamente por el punto *c*, cuya situación en el interior (veáse fig. 3) nos demuestra que aquellas no estan saturadas.

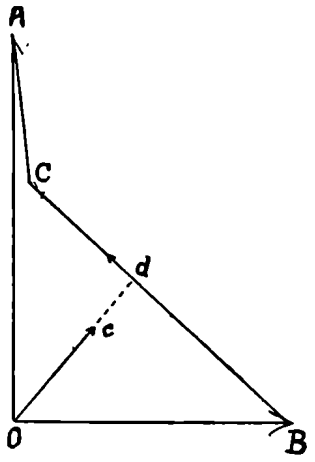


Fig 3.

Si se concentran las aguas, estas cantidades de las dos sales, relacionadas entre si, no varian; pero con relación al disolvente aumentan, este hecho corresponde á un desplazamiento en línea recta del punto figurativo

c que se aleja de O según *c d*, en sentido de la flecha.

La llegada á *d* sobre *BC* indica el comienzo de la separación del sulfato de sodio. A partir de *d* el desplazamiento del punto figurativo cambia francamente de dirección y se hace según *BC* alejandose de *B* en el sentido de la flecha.

Si la concentracion fuera muy grande podría llegar á *C*, donde comenzaría el depósito simultáneo de las dos sales; pero el nivel de las aguas nunca desciende tanto, el punto figurativo *c* en su desplazamiento según *BC*, nunca llega á *C*.

De consiguiente el depósito obtenido á O°C es de sulfato de sodio cristalizado y puro.

Consideremos ahora la temperatura á 32°C.

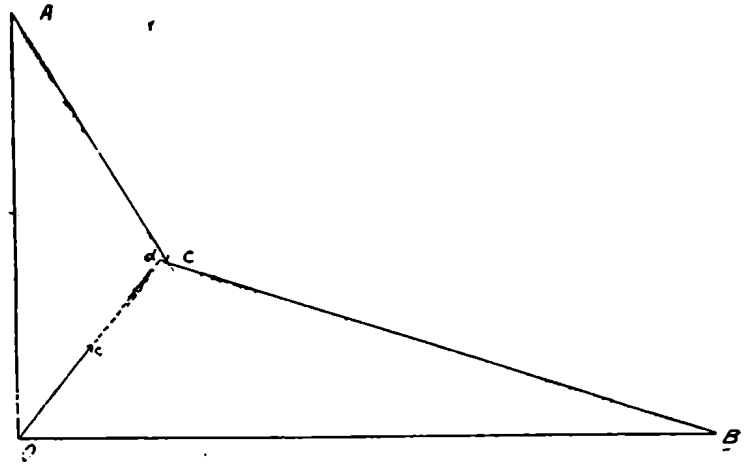


Fig. 4

A dicha temperatura la solubilidad molecular *A* del cloruro de sodio es dada por la expresión:

$$1000\ H^2O.\ 111{,}89\ NaCl$$

y la solubilidad molecular *B* del sulfato de sodio con 10 moléculas de agua, es dada por la expresión:

$$1000\ H^2O.\ 180{,}23\ Na^2SO_4 + 10H^2O$$

tenemos entonces como representar á: *A*, *B*, *C* y *c* (vease fig. 4.)

Las aguas como antes lo hemos referido no están saturadas. La relacion de las sales entre si, por la concentración no varía; si bien respecto del disolvente aumentan, lo que dá lugar á un desplazamiento del punto figurativo *c* segun *cd* en el sentido de la flecha hasta llegar á *d*.

Este hecho importa, la separación del cloruro de sodio, y el desplazamiento del punto figurativo *c* según *AC* en el sentido de la flecha, hasta llegar á *C*, donde comienza el depósito simultáneo de las dos sales, hecho que precisamente sucede en la práctica, pues es en los veranos, la época en que la concentración es mayor.

Basados en estos datos, podemos, recoger en estanques, por medio de bombas, el agua de la laguna, la que en invierno, cuando la temperatura llega á 0°C, dejaría cristalizar el sulfato de sodio. Esta cristalización debe llevarse, hasta que una simple determinación analítica, en las aguas acuse 7 % de sulfato de sodio con 10 moléculas de agua, momento en que el punto figurativo *c*, debe llegar á la vecindad de *C* vease fig. 3; porque si siguiéramos la concentración, el punto figurativo *c* alcanzaría á *C* y se depositarían las dos sales, es decir el sulfato impurificado con cloruro.

Llegadas las aguas á la concentración de 7 % de sulfato se hacen pasar por medio de esclusas, á otro estanque, en el que deben conservarse hasta el verano, durante el cual la concentración determina la marcha del punto figurativo *c* (vease fig. 5) hasta que llegue á *d*.

La llegada á *d* indica, para el punto figurativo *e* un cambio de dirección en la marcha, y para las aguas el comienzo del depósito de su cloruro de sodio puro. Esta concentración debe vigilarse y cuando llegue á 16 % de cloruro de sodio abrir las esclusas, y volcar las aguas madres á la laguna, para comenzar de nuevo, de otra suerte obtendríamos cloruro de sodio impuro como actualmente, lo obtiene la rudimentaria industria de la explotación.

Procediendo de acuerdo con las reglas que acabo de enunciar, si bien la cosecha de sales no sería tan abundante, lo sería en cambio en mayor estado de pureza.

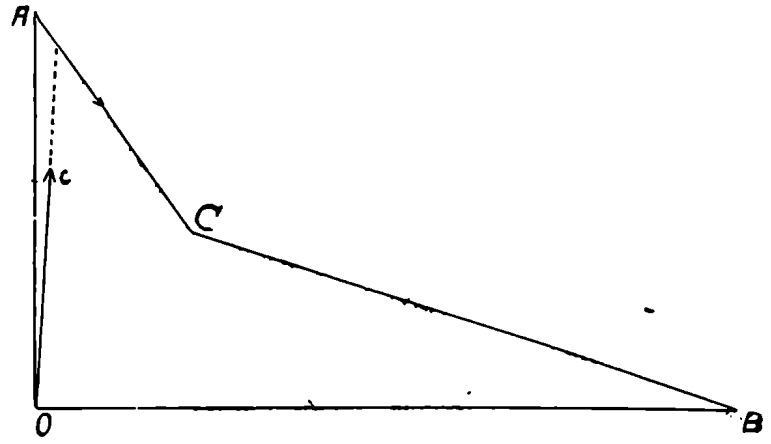


Fig. 5

Usos y aplicaciones del cloruro de sodio.— Se explica la cantidad enorme del consumo del cloruro de sodio por la importancia excepcional pués en la alimentación, no solo del hombre sinó tambien de los animales, tanto domésticos como salvajes desempeña un importante papel; bajo el punto de vista agrícola es de utilidad como abono; pero el enorme consumo de este cuerpo es en su mayor parte debido á la industria, en efecto, aparte de que es usado en la conservación de diversas sustancias como ser: carnes, pieles etc.

Es tambien usado en las jabonerías (fabricación de jabones duros).

En las vidrierias.

En el barniz de ciertas porcelanas.

En la *industria química*, en la fabricación de la soda por el método al amoniaco, sea la sal, sea el agua salada, en la del cloro de la soda electrolítica, y en la «*Gran Industria Química*», para la fabricación del áci-

do clorhídrico y del sulfato de sodio.

Como vemos el cloruro de sodio es la materia prima qué nos provee de cloro y de soda casi está demás decir entonces que su consumo es enorme.

Desde que Glauber en 1658 en su obra «Natura Salium» lo cita por primera vez era usado ya el cloruro de sodio y el ácido sulfúrico en la preparación del ácido clorhídrico y como sub-producto se obtenía el sulfato de sodio. Pero gracias é Leblanc que no solo hizo de esta reacción un procedimiento industrial, al cambiar la retortas de vidrio por cilindros de fundición sinó que hizo posible la industria de la soda partiendo del carbonato de calcio, carbon y sulfato de sodio, este se hizo un producto necesario para la obtención del carbonato de sodio y el consumo de cloruro de sodio aumentó enormemente, al encontrar una nueva salida é importante aplicación al sulfato de sodio. Las relaciones de importancia entre el ácido clorhídrido y el sulfato de sodio fueron modificadas y el ácido quedó como sub-producto por mucho tiempo y el sulfato como producto principal. Hoy, debido á la importancia del procedimiento al amoniaco, las relaciones se han invertido de nuevo, probablemente este estado de cosas no durará mucho tiempo; porque el dia en que se obtenga ácido clorhídrico aprovechando el cloro de la industria de la soda electrolítica no está lejano.

Entre nosotros hay varias fábricas de productos químicos que fabrican ya ácido clorhídrico, lo que no hacen todavía en ninguna de ellas es (soda cáustica) hidrato sódico electrolítico, debe ser en razón de la carestía del combustible, ó por que los procedimientos tienen todavía graves inconvenientes, ó por que el consumo de hidrato sódico (Boletin de Estadística año 1906) es de 3.692 tons. por año (12 por dia) cantidad que no es tan importante como para que convenga la instalación y explotación de una fábrica de soda electrolítica en el país.

Como el consumo de cloruro de sodio en el país para la alimentación y conservación de productos alimenti-

cios es de tons. 48.400 (Boletín Estadística año 1906) no hay necesidad de buscarle salida en otra industria.

Usos y aplicaciones del sulfato de sodio.— El mayor consumo del sulfato de sodio es hecho por las fábricas de vidrio, quienes lo utilizan en la fabricación de vidrios planos en general, de vidrios para espejos, y de vidrios para botellas, en los cuales no puede ser reemplazado por el carbonato de sodio.

La acidez del sulfato, es en efecto, necesaria para destruir las sustancias orgánicas que se encuentran en las materias componentes de la mezcla en la fabricación del vidrio.

Su uso en esta industria data de 1840, fecha en que, de Baader de Mónaco, reemplazó el carbonato sódico anhidro (soda Leblanc calcinada) por dicho sulfato procedimiento que bien pronto se generalizó; por que bajo el punto de vista económico tambien era mas ventajoso: En efecto, para producir el mismo resultado que con una tonelada de carbonato, cuyo costo es de 95 $ oro, se necesitan 1520 Ks. de sulfato que à 42 $ oro la tonelada, importan 63 $ oro, mas 1 $ oro, precio de los 90 ks. de carbon que debe agregarse á la mezcla, para que el ácido sulfúrico del sulfato se transforme en ácido sulfuroso en libertad.

Otro uso del sulfato de sodio, es el de mordiente en tintorería.

En Medicina tiene grandes aplicaciones siendo por otra parte la base de todas las aguas minerales purgantes.

Otra aplicación industrial no menos importante del sulfato de sodio es la de su empleo en la fabricación del carbonato de sodio por el procedimieuto de Leblanc (soda Leblanc) cuerpo cuya preparación industrial y cuya importancia vamos á estudiar.

Carbonato sódico

Tanto el consumo como la producción del carbonato de sodio son exponentes bien demostrativos del desarrollo industrial y del grado de adelanto de un país. Es esta sin duda alguna, de todas las sales usadas por el hombre, la más importante.

Figura entre el consumo de las sales en la relación que el ácido sulfúrico entre el de los ácidos.

De esta importancia surge la necesidad de su fabricación en grandes proporciones:

Anteriormente se efectuaba esta conjuntamente con las del ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido clorhídrico, sulfato de sodio, cloruros decolorantes, etc. y á todo este conjunto se llamaba «Gran industria Química» calificativo perfectamente justificado por la importancia de los capitales puestos en juego, por el considerable número de productos elaborados anualmente, por la perfección de los procedimientos y por el número é importancias de sabios é industriales que, al enriquecer estas industrias con perfeccionamientos de verdadero valer, se han hecho acreedores á la consideración pública.

De ahí esas inmensas usinas llamadas «*Soudiéres*» de que es un ejemplo la de Chauny por su colosal producción y por los ingentes capitales que mueve su funcionamiento.

La industria utiliza en gran escala la acción de los óxidos metálicos y en primera línea la de los metales alcalinos y muy especialmente el de sodio, al estado de carbonato, cuerpo que se designa con el nombre de *soda* en el comercio.

El carbonato de sodio, en primer lugar sirve para preparar los cristales de soda empleados en la economía doméstica, y para preparar soda cáustica.

Pero las aplicaciones más importantes del carbonato de sodio son las que tienen por objeto introducir la base soda en los nuevos productos á obtener; es decir, fabricar diferentes compuestos de sodio. Vienen des-

pués, las en que se utiliza la soda como cuerpo intermediario aprovechando sus propiedades disolventes ó reactivantes para eliminar ciertas materias en la práctica de una operación.

Entre las industrias que emplean la soda como materia prima propiamente dicha citarémos la vidriería, (fabricación de vidrios finos en los cuales el sulfato de sodio no puede ser usado), el esmaltage de la porcelana, de la faenza, de los vitraux, en la fabricación del azul de ultramar, etc.

En estas fabricaciones es introducida por vía seca. La soda es usada como cuerpo disolvente, algunas veces por vía seca, pero más generalmente por vía húmeda, entre otras en la fabricación del papel y del almidón, en el lavage de las lanas, en el trabajo del caucho, la purificación de los aceites vegetales, etc.

Interviene como cuerpo reactivante ó neutralizante de un ácido intermediario, en la fabricación de la dextrina, de la glucosa, del éter, la nitrocelulosa, de la seda artificial, en la purificación del alcohol, de los petróleos, de los benzoles, en la destilación de las aguas amoniacales, etc.

Reseña historica.—En el antiguo testamento se menciona un producto llamado *neter* que servía para lejiviar y que producía efervescencia en contacto con el vinagre. Lo más proble es que así se designase á una sal de procedencia mineral, conocida por los egipcios con el nombre de *Natrón* de donde pasó á Grecia y por fin á Roma con el nombre de *Natrum*.

En la edad media los alcalis fueron confundidos.

Hasta la Revolución Francesa el uso de la potasa fué preponderante y la escasa soda usada se obtenía, ó bien recogida del suelo al estado de eflorescencias, ó bien de las cenizas de ciertas plantas marinas que crecían en los terrenos salados de las riberas del mar.

El producto de procedencia mineral, más rico en

soda, y más raro, era de consiguiente de mayor valor, lo que reducía sus usos á la fabricación de ciertos esmaltes y de los vidrios de Venecia, de suerte que casi toda la soda, empleada por la rudimentaria industria de la época era de procedencia vegetal y sin refinación lo que traia aparejados grandes inconvenientes.

En breve el consumo y la producción, desequilibráronse debido á los rápidos y grandes progresos de la industria. Fué para llenar esta necesidad que los químicos dedicaron su actividad á descubrir un procedimiento para producir este alcali, partiendo de los trabajos de Duhamel que había demostrado en 1736, la identidad de la base que contienen el cloruro de sodio y la soda extraída de las plantas marinas.

El problema consistía en transformar el cloruro de sodio en otra sal que permitiera utilizar las propiedades alcalinas de la base.

La Academia de Ciencias de París, en 1775, compenetrada de la importancia de la cuestión, instituyó un premio de 12,000 francos al mejor procedimiento que permitiese transformar en carbonato de sodio, al cloruro del mismo metal. Como por una ironía del destino este premio no pudo llegar á ser discernido á causa de que, cuando Leblanc resolvió el problema la docta institución había sido disuelta.

En 1777 el padre Malherbe propuso convertir el cloruro de sodio en sulfato y reducir esta sal, calcinándola con una mezcla de carbón y fierro; procedimiento que dió resultados negativos.

En 1789, de la Metherie propuso calcinar el sulfato de soda con carbón, pensando obtener carbonato de sodio y ácido sulfuroso; pero la práctica no permitió alcanzar el apetecido resultado, dependiendo ya de las cantidades de materias empleadas ó del modo de manipulación; el hecho es que se producía, ya sulfuro de sodio, ó ya una mezcla de este y de carbonato.

Este procedimiento era de una aplicación sumamente difícil, á causa de la infusibilidad del producto

obtenido y de su acción nociva sobre los materiales empleados y bajo el punto de vista económico solo podría dar resultados menos que mediocres. Estos inconvenientes no habian escapado á su autor, pues el mismo no anunciaba que la solución práctica estaba resuelta, y si que, deseaba que nuevas investigaciones, basadas en las suyas, llegasen á resolver la tan árdua cuestión.

Estos deseos viéronse al fin colmados y en el sentido por él anunciados. Si recuerdo estos antecedentes es para que se observe que no quitan en nada el mérito del inventor definitivo Nicolás Leblanc, quien con la generosidad é hidalguía que caracteriza á los espíritus nobles y grandes, ha reconocido que su procedimiento está fundado en el perfeccionamiento del método de la Metherie.

Nicolás Leblanc, al terminar sus estudios de Medicina ya había adquirido un nombre en la ciencia por sus importantes trabajos sobre la cristalización de las mezclas salinas, que á justo título, lo colocaban como el precursor de las leyes del isomorfismo, y que le valieron el honor de ser designado médico de Felipe de Orleans.

Desde al año 1787 Leblanc habia emprendido el estudio de la palpitante cuestión y cuando tuvo conocimiento de los resultados obtenido por de la Metherie, se apresuró á repetirlos, llegando á constatar que la calcinación de una mezcla de sulfato de sodio y carbón no daba resultados satisfactorios, bastando en cambio, la adición de carbonato de calcio para modificar el método en el sentido que diera resultados favorables y de que fuera esencialmente práctico.

Desde luego, se encuentra resuelto el problema de la fabricación de la soda, que debía ejercer una tan poderosa influencia sobre la marcha de la industria moderna, pues innumerables son los trabajos que este descubrimiento ha hecho surgir, debiéndose á él los más grandes progresos realizados por la industria química en el curso del siglo pasado.

Después del éxito de sus experiencia y previo informe favorable de Darcet que consintió en permitir que su preparador Dizé efectuase unos ensayos industriales, el duque de Orleans se decidió y patentó por quince años el método de Leblanc é instaló una usina en Saint Denis para explotar dicha patente asociando á Leblanc y á Dizé con el 25 °/₀ á cada uno.

El método de Leblanc consistía en someter al calor, en un horno de reverbero rectangular, una mezcla de: 100 partes de sulfato de sodio, 100 de carbonato de cal, y 50 de carbón.

Las dimensiones del horno eran: mts. 2 por 1.40 con capacidad de una carga de 112 ks. que pudiendo hacer seis coladas le permitían producir 672 ks. de soda bruta, de un título Descroisselles de 26 á 30.

Las guerras que sostuvo Francia fueron la causa de que el precio de la soda subiera hasta 22 $ oro, lo que permitía un buen beneficio al nuevo método, prosperidad que fué de corta duración, por circunstancias exclusivamente políticas.

El duque de Orleans llamado bajo el Terror, *Ciudadano Igualdad,* por que había adherido á la revolución, al extremo de votar en la Convención la muerte de su primo Luis XVI, fué á su vez ejecutado en 1793 por orden del Comité de la Salud, el mismo comité que anulaba la patente de Leblanc ordenando el cierre de la usina y su confiscación mas tarde y que á instigación de Carny, fabricante de soda por otro método, decretaba, que todo ciudadano inventor de un procedimiento para preparar soda, debía hacer á la patria el sacrificio de sus derechos y depositar en el plazo de 20 dias, la descripción de su procedimiento, renunciando á toda ventaja, bajo pena de muerte, para libertar á la Francia, tributaría de España, con quien estaba á la sazón en guerra.

Leblanc entregó la descripción completa de su método y los planos de la usina al Comité de Salud Pública, quien inmediatamente los dió á la publicidad.

Despues de 7 años en que Leblanc se consagró á estudios tecnológicos sobre el niquel, óxido rojo de mercurio, las sales amoniacales, el salitre, etc. y, durante los cuales se crearon diversas usinas, que trabajando por su método, dieron resultados halagüeños, como la de Payen en Paris, Carny en Dieuze, y las cristalerías de Saint Gobain. El Comité de Salud Pública le devolvió su antigua fábrica en ruinas y como indemnización por los daños causados en ella, y por la publicación de su procedimiento le acordó la suma de 57.000 francos dinero que nunca le fué entregado; y, mal grado sus esfuerzos, su trabajo incesante y los socorros de la «Societé D'Encouragement» la misma que acaba de hacerme el inmerecido honor de nombrarme *miembro corresponsal*, no pudo realizar los capitales, para poner su fábrica nuevamente en marcha.

Perdida toda esperanza de mejores tiempos, puso fin á sus días, en un asilo de mendigos donde había sido recogido.

Conclusión ! Que cruel suele ser á veces la justicia de los contemporaneos!

El nuevo método, se estendió en toda Francia y por el extrangero; pero fué sobre todo la Inglaterra quien mas aprovechó de él, y justo es reconocerlo, la que mas lo perfeccionó.

El principio del método, ha pasado, casi sin alteración hasta nuestros días y los perfeccionamientos sufridos se refieren especialmente á los aparatos y al mejor aprovechamiento de los residuos.

Payen (1) en 1796, adoptó solera eliptica y pudo así mejorar el producto.

Clement-Desormes aumentó notablemente la capacidad del horno, para economisar combustible y mano de obra.

Stevenson y Williamson, en 1863, perfeccionaron el

---

(1) Gossage - History of the Soda Manufacture.

horno giratorio que Elliot y Russell habían imaginado en 1853 y abandonado años despues tras numerosas é infructuosas tentativas, para lo cual introdujeron una operación preliminar, la caustificación de la cal (liming verkalksd) antes de introducir el sulfato.

Apesar de que son muchas las ventajas del horno giratorio, pasaron algunos años antes que se impusieran; porque daban soda muy compacta, desde luego difícil de lejiviar, pero después de haber subsanado este inconvenientes se espandieron por Inglaterra y llegaron al continente donde acabaron por imponerse.

Los progresos posteriores, aunque innumerables son todos tendientes al mayor rendimiento en la lejiviación y al mejor aprovechamiento de los residuos.

Soda Natural.— Se encuentran en la naturaleza diversos minerales de soda, usados desde tiempos antiguos, para las necesidades del hombre

El origen de estos minerales, seria para algunos proveniente de la descomposición de los silicatos alcalinos, de las rocas eruptivas ó de los esquistos, que bajo la acción de los agentes atmosféricos, se transforman, poco á poco, en sílice gelatinosa, silicatos terreos y carbonatos alcalinos que eflorecen durante la estación estival.

Para los mas, entre ellos Piarron y Mondesir (1) el carbonato tiene su origen, en los terrenos donde la descomposición de los esquistos no puede ser invocada, por la reacción del cloruro de sodio sobre un suelo calcareo conteniendo materias orgánicas. las que al descomponerse desprenden anhidrido carbónico.

Se comprende muy bien entonces que el carbonato de sodio se encuentre, con otras sales, en las aguas naturales. Tal pasa entre otras en las aguas termales de Carlsbad, Vichy, Aix-la-Chapelle y en los geyser de Islandia, etc. y entre nosotros, en las aguas de «Curra Fierro» y «la Colpa» en Catamarca con 4,579 ‰ y 1,505 ‰ de carbonato de sodio y la del manantial «One-

(1) C. R. 1887 pag. 1505.

lli» en el Chubut con mas de 7 ‰ (1), entre un numero considerable y con el agua de la laguna del «Gualicho», Las Flores (P. de B. Aires) que contiene 4,227 ‰ de carbonato de sodio según el mismo autor.

Se encuentra tambien en numerosos lagos de Egipto, Hungria, en las estepas Caspianas, en el Africa Central, y en las dos Américas.

Cuando la humedad del suelo se evapora, se produce para las sales de sodio, el fenómeno que ya hemos indicado, es decir, estas sales van hasta la superficie, donde producen las eflorescencias, que las aguas de lluvia disuelven.

Las aguas drenan naturalmente los terrenos, en la estación lluviosa, y al correr hacia las partes de menor nivel del suelo, forman lagos, estos durante el estío, se desecan mas ó menos completamente, y depositan en sus bordes y en el fondo costras cristalinas de espesor variable, á menudocoloreadas.

De esta manera se deposita desde la antiguedad un mineral de soda, en el bajo Egipto, sobre un valle arenoso, de mas bajo nivel que el valle del Nilo y que presenta lagos poco profundos y de variables dimensiones. El agua del Nilo en sus desbordes periodícos, alimenta estos lagos, previo un lento pasaje sobre una espesa capa de arcilla negruzca, estendida sobre la arena, rica en una vegetación de algas, que mueren al contacto de las aguas concentradas de los lagos.

En el verano, dejan depositar sobre las riberas ó toda la superficie, una costra cristalina, constituida: la parte inferior por carbonato; y la superior por cloruro de sodio. Costras que son retiradas anualmente por los habitantes.

Lagos que depositen sales se encuentran en distintos paises; pero solo nos detendremos en los de Estados Unidos, por las enseñanzas que de su estudio podemos sacar, para aplicarlas á las del nuestro.

---

(1) E. Herrero Ducloux. Revista del Museo de la Plata T. 14 pag. 30 1907.

En el territorio de Wyoming se encuentra un sistema de 5 lagos comunicando entre ellos, de los cuales 4 estan llenos de sales de sodio, sólidas y el 5 está formado por una solución saturada. El suelo de los alrededores está impregnado de sulfato de sodio. Ademas hay otros lagos en cuyas aguas existe el sulfato de sodio como lo muestra el analisis siguiente:

	N. 1	N. 2	N. 3
sulfato de sodio (anhidro)	44,55	41,41	39,78
agua	54,98	54,76	59,66
insoluble	0,47	3,80	0,56
	100,00	100,00	100,00

Es para aprovechar este sulfato que la «*Unión Pacific Railway*» ha instalado una pequeña factoria que lo transforma en Soda. (1)

En *Omaha Clains* la riqueza en carbonato de sodio varía entre 24,6 y 41,5 %. Esta sal contiene demasiado sulfato para que se piense en retirar el carbonato por cristalizaciones fraccionadas. En efecto la proporción en sulfato oscila alrededor de 59 %, y á pesar que existe en las proximidades el calcareo y la hulla no se puede explotar por el costo de los fletes. (2)

El lago «*Owens*», al decir de Chatard 1888 y de Haller 1892 (obras citadas) es sin dísputa el mas importante de todos, tan es así que ha sido instalada una factoria de carbonato de soda en Keller, aldea situado en los rieles del Colorado.

Este lago que tiene una superficie de 28.000 hs. y una profundidad media de 5 á 6 mts. contiene según los autores citados al rededor de 50 millones de toneladas de carbonato de sodio.

La explotación de este enorme mar alcalino que es todavía bastante limitada recuerda la extracción de la sal marina en las salinas del Mediterraneo.

---

(1) Haller. Rapport sur l'Industrie Chimique á l'Exposition de Chicago 1892.

(2) Chatard. United States Geological Survey 1888 Bol. N. 60.

Se bombea el agua, por medio de una bomba accionada por un molino de viento, á una primera serie de recipientes desde la cual se dirije despues á una segunda, donde termina la concentración y tiene lugar la cristalización.

La soda así obtenida es blanca é impura; para purificarla, se expulsan las aguas madres y se redisuelve en el agua del lago. Esta nueva solución es indudablemente mas pobre en sulfato y cloruro, porque es mas rica en carbonato que el agua concentrada primitiva y da cristales de soda mas puros y mas grandes, que al calentarlos á 150° pierden el agua y dan una soda de una riqueza de 97 °/₀ en carbonato de sodio.

Si se hiciera esta explotación en gran escala se podria arrojar millones de toneladas de soda por año é influir notablemente sobre el mercado norteamericano.

Entre nosotros se encuentra la soda en regular cantidad en Catamarca donde se le conoce con el nombre de Collpa, y en Antofagasta (Territorio de los Andes), en yacimientos que cubren el suelo con una capa de un espesor medio de 50 cms. espesor en cuya formación intervienen los agentes físicos como ser los vientos; porque la formación de la soda es continua.

Los habitantes del lugar conocen estas eflorescencias con el nombre de «Coipa» estas presentan la particularidad de no estar formadas, como sucede con los yacimientos naturales de soda, por una mezcla de carbonato y bicarbonato de sodio, sinó por carbonato neutro de sodio, y su riqueza en esta sal varia entre 20 y 35 °/₀ (1)

Reichert en la obra citada aconseja para beneficiar estos minerales el siguiente procedimiento: disolverlos en agua, filtrar, evaporar hasta formación de cristales. Con estos que contienen menos sulfato y cloruro de sodio que los minerales primitivos, por calcinación se ob-

(1) Reichert. Los yacimientos de boratos del Territorio de los Andes 1907 pag. 64.

tiene un producto con 80 °/o de carbonato de sodio, apto para elaborar borax.

Soda Vegetal.—Las cenizas de los vegetales que crecen en los bordes del mar, y que pertenecen casi todos á los generos; *Chenopodium*, *Atriplex*, *Salicornia*, etc. son ricas en carbonato de sodio.

Estas plantas contienen la mayor parte de la soda al estado de oxalato ó tartrato que la calcinación transforma en carbonato.

Durante mucho tiempo fueron ellas la principal fuente de obtención de la soda.

En la actualidad, aunque la fabricación de la soda por incineración de los vegetales ha perdido casi toda su importancia, todavía se cultivan expresamente estos en ciertas regiones de España y hasta de Francia, con el objeto referido.

Soda Artificial.—Los diversos procedimientos artificiales de preparación del carbonato de sodio, parten unos del cloruro, otros del sulfato, del nitrato ó del de sodio feldespato.

Solo nos ocuparemos de los que, habiendo sido sometidos á ensayos industriales, hayan dado resultados satisfactorios, y entre estos, de los que parten del cloruro de sodio ó del sulfato de sodio, por ser estas las sales que pueden ser aprovechadas de la laguna de Epecuén, objeto primordial de nuestro estudio.

PARTEN DEL CLORURO DE SODIO:

Procedimiento Solvay.—Está basado en la acción del anhídrido carbónico sobre el cloruro de sodio y el amoníaco, que forma cloruro de amonio y bicarbonato de sodio, casi insoluble en aguas amoniacales y por consiguiente de facil separación.

Procedimientos electrolíticos.—Están basados en la disociación electrolítica del cloruro de sodio, en sus ele-

mentos, y acción del anhidrido carbónico sobre el hidrato de sodio, dando carbonato de sodio.

PARTEN DEL SULFATO DE SODIO:

Procedimiento Ortlieb y Müler.—Está basado en la acción del anhidrido carbónico sobre la trimetilamina y sulfato de sodio, que forma, sulfato de trimetilamina y el bicarbonato de sodio casi insoluble, en aguas alcalinas, por consiguiente de sencilla separación. Todo esto en teoría; porque en la práctica es de preparación difícil por la complicación de los aparatos necesarios, razón por la cual ha caido en desuso.

Procedimiento Leblanc.—Consiste en transformar el sulfato de sodio en carbonato por medio del carbón y del carbonato de calcio.

Dejemos de lado los procedimientos electrolíticos y Solvay; á los primeros por ser cara la energía eléctrica, en las inmediaciones de la laguna, en razón de no haber caída de agua, y al segundo por la complicación de los aparatos, y si estas consideraciones no bastasen para desechar estos dos procedimientos, el hecho de que el cloruro de sodio tiene su salida asegurada, por su enorme consumo en la alimentación y sus numerosas aplicaciones industriales, bastaría por si solo para excluirlos y decidirnos por el procedimiento Leblanc, el cual al transformar el sulfato en soda nos da una fácil salida á este producto.

Procedimiento Leblanc

MATERIAS PRIMAS:

Sulfato de sodio.—El usado es el anhidro, llamado vulgarmente *sulfato*, debe estar bien pulverizado.

Como impurezas se admiten: ácido sulfúrico hasta

1,5 %, una mayor acidez sería nociva porque el yeso formado incomodaría en la filtración y daría incrustaciones en los evaporadores de lejías de cloruro de sodio hasta 2 %, si bien es cierto que es más fusible, en cambio forma unos núcleos difíciles de trabajar.

Nosotros usaremos el sulfato cosechado en la salina, el cual es de una pureza elevada y como se presenta en cristales aislados, no hay necesidad de triturarlo; pero como es un sulfato hidratado, se hace necesario separarle el agua, para cuyo efecto lo introduciremos en una caldera calentada por los gases del hogar y acopladas á las calderas de evaporación. En ella dicho sulfato se disolverá en su agua de cristalización, y esta solución que pasa pronto á ser saturada, deja depositar sulfato sódico anhidro.

El costo de explotación por tonelada, incluído los fletes, es de $ 17,42. ?

Carbonato de calcio.—Es indiferente la creta, ó el calcáreo compacto lo más blanco posible y por ende más puro. La arcilla da pérdidas de soda al estado de silicato doble de sodio y de cal. Deben evitarse los calcáreos dolomíticos por la magnesia que pasaría junto con la soda.

Los calcáreos de conchillas son en general aptos tanto por su pureza como porque no hay necesidad de pulverizarlos, operación indispensable si el calcáreo está en trozos; para que la mezcla sea más íntima.

El calcáreo que usaremos el es desecho de las fábricas de mosáicos á base de piedra de cal. Como es sabido estas fábricas solo utilizan los trozos de mediano tamaño, desechando los más grandes, los más pequeños y el polvo, que dá la trituradora.

Este desecho de calcáreo constituye el 65 % de la piedra de cal que compran las fábricas citadas y actualmente lo tiran. Contamos con el desecho de 18 de las 43 fábricas que existen en esta ciudad, quienes nos lo

¿Como se deduce este precio?

cederían gratuitamente incluyendo el acarreo y en una producción diaria de 20 toneladas.

Carbon.—Leblanc empleaba carbon de leña; pero como su aplicación es para hacerlo actuar como reductor, se lo reemplazó por los demás combustibles, teniendo siempre en cuenta: que las cenizas son perjudiciales por los silicatos de aluminio y de calcio que contienen, los que darían nacimiento á silicatos de sodio ó de aluminio y sodio, y que el azoe no debe elevarse de 2 %, porque la soda bruta desprende olor amoniacal y porque parte del azoe pasa al estado de cyanuro de sodio, cuerpo que con el sulfuro de hierro da durante el lejiviaje ferrocianuro de sodio el que durante, la calcinación, se transforma en óxido férrico, coloreando en rojo la soda.

El azufre no es perjudicial mientras su límite no pase de 1,5 %.

No hay uniformidad de opiniones respecto á la naturaleza del combustible á emplearse; asi para unos las hullas magras de 53 % en coque, ricas en gases y con 15 % de cenizas serían el ideal; porque los gases desprendidos, removerían la masa facilitando la doble reacción; para otros las hullas grasas de 80 % de coque y 8 % de cenizas, y más aún hasta el coque mismo, serían más ventajosas: porque contienen menos azoe y porque los gases que desprenden las hullas magras elevan mucho la temperatura en la superficie de la mezcla y darían una soda desigual y tal vez *quemada.*

En general se usa el combustible, que respecto del lugar presente mejores condiciones económicas.

Teoría de la reacción.—Ha sido á Scheurer-Kestner á quien debemos la teoría, que después de destruir uno á uno todos los datos erróneos que se tenían, es hasta hoy dia admitida como la verdadera.

Para emitir su teoria, se basó en la siguiente experiencia:

Sumergió en *soda bruta* en fusión 5 crisoles cerrados, que contenian: el primero la mezcla en la propor-

ción común, el segundo, un exceso de calcáreo, el tercero cal en lugar de calcáreo, el cuarto una mezcla de calcáreo y carbón, y el quinto calcáreo solo.

Después de retirados y abiertos los crisoles encontró en su interior: en el primero carbonato de sodio, en el segundo también carbonato de sodio en la misma proporción, en el tercero el mismo resultado y no soda cáustica, lo que viene á comprobar que el desprendimiento gaseoso es de anhidrido carbónico y no óxido de carbono, y en el cuarto y quinto crisol las materias estaban sin alterar. De lo que dedujo que el sulfato es reducido por el carbón á una temperatura que el carbonato cálcico queda inalterado. Por lo que planteó la ecuación de esta manera:

$$5\ Na_2SO_4 + 10\ C = 5\ Na_2S + 10CO_2 \quad (1\ faz)$$
$$6\ Na_2S + 5CaCO_3 = 5Na_2CO_3 + 5CaS \quad (2\ faz)$$

Sin embargo, se puede constatar que el fin de la ecuación se anuncia por la aparición de llamas de color azul pálido, de oxido de carbono Scheurer-Kestner atribuye este gaz á una pequeña reacción accesoria que pasa en los hornos, por el exceso de calcáreo.

$$CaCO_3 + C = CaO + 2CO$$

Fischer y Lunge han demostrado con una experiencia que no deja lugar á dudas la rigurosidad de esta aseveración.

Para el efecto efectuaron reducciones de sulfato con la cantidad necesaria de carbón, á diferentes temperaturas y comprobaron que á la del horno de soda, que es la temperatura que la producción de oxido de carbono es máxima, solo llega á un octavo del anhidrido carbónico.

Según Kolb deteniendo la operación en sus comienzos no se obtiene mayor proporción de sulfuro que al final lo comprueba, que las dos primeras reacciones son simultáneas.

Proporción de las mezclas.—Leblanc procediendo á tanteos indicó la siguiente:

sulfato de sodio...	100	partes
creta.....	100	»
carbón de leña..... ...	55	»

En la actualidad se han modificado estas proporciones, en relación con las materias primas, ó con la clase del producto que debe prepararse.

Todas las mezclas, llevan un exceso de calcáreo y sobre todo en carbón, exceso que puede reducirse á un mínimo en los hornos giratorios aproximándose á las cantidades teóricas.

La adición de pequeñas cantidades de sulfato de sodio y de calcáreo al final de la operación, constituyen la patente Pechiney-Weldon, cuyo objeto y eficacia la veremos más adelante, y cuya proporción es la siguiente:

		se le agrega		reducido á 100 el sulfato
sulfato	100 partes	+ 6 partes	= 106	100 partes
calcáreo	78 »	+ 7 »	= 85	80 »
carbón	40 »	+ 0 »	= 40	38 »

Hornos giratorios.—Las ventajas de estos hornos son:

a) Mayor rendimiento y producto de grado alcalimétrico más elevado; porque el contínuo movimiento del horno hace más uniforme la acción del calor no permitiendo que parte de la soda resulte *quemada* y solo da lugar á insignificantes pérdidas por arrastre.

b) Economía de un 30 % de combustible.

c) La admósfera del horno no es oxidante; porque no hay necesidad de abrir la tapa.

d) No se necesitan útiles para remover la mezcla, como en los hornos á trabajo manual, de manera que la guarnición de ladrillos solo es destruida por la acción química de la mezcla.

Estos hornos están constituidos por:

Un cilindro de fundición de 13 mm. de espesor, de mts. 4,35 de longitud y de mts. 2,95 de diámetro.

Sobre la pared cilíndrica están fijadas concentricamente, dos coronas de fundición, sobre las que encajan dos guarniciones de mts. 0,150 de ancho y de mts. 0,055 de espesor, de una sola pieza, las cuales se colocan en caliente sobre las coronas. Una de estas guarniciones debe ser en forma tal que presente dos superficies cónicas que se deslicen, sobre dos ruedas cortadas conicamente con el mismo ángulo. De modo que todo el cilindro pueda dilatarse sin que su extremidad anterior se desplace. La otra guarnición está provista de una rueda dentada en fundicion accionada por un motor, y cuya velocidad se puede modificar á voluntad por un simple movimiento de palanca, que le imprime un movimiento que vàn desde una vuelta en cuatro minutos á cinco vueltas por minuto. Las palancas de mando se manejan desde una plataforma situada en la extremidad del horno.

El movimiento rápido es dado directamente por un tornillo sin fin, el movimiento lento se obtiene por órganos de fricción interpuestos entre la rueda de la máquina y la gran rueda del cilindro.

El horno tiene en su interior una guarnición de ladrillos refractarios de primera calidad que presentan, un espesor de mts. 0,24.

Una boca de mts. 0,47 de diámetro, que se cierra con una placa de fierro, sostenida por tornillos exteriores, sirve para introducir y quitar la mezcla, del cilindro.

Los gases del hogar penetran por una abertura circular de mts. 0,84 de diámetro colocada en un extremo del cilindro.

Entre el cilindro y el hogar hay una pieza móvil, llamada ojo, sostenida por una cadena. Este ojo no cierra herméticamente el espacio comprendido entre el horno y el hogar dejando un espacio mts. 0,02 de abertura que permiten movimientos de dilatación del horno, y la entrada del aire necesario para la combustión completa de los gases. Tanto el ojo como el orificio correspon-

diente del horno se gastan rapidamente, pero por algun tiempo basta con reemplazar el ojo con una pieza de recambio, que se debe tener siempre preparada.

En el otro extremo del cilindro hay otro orificio del mismo diámetro que el de entrada, que sirve de salida de los gases, y que comunica con una cámara de polvo, la que á su vez lo hace con dos series de calderas de evaporación.

La cámara de polvo tiene un largo de mts. 1,55 y un ancho de mts. 1,97 á la entrada, y de mts. 5,50 del lado de las calderas, por una altura del lado del horno de mts. 3,24 y del lado de las calderas solo tiene mts. 2.

Sobre el horno hay un silo en el que vierten la carga las vagonetas de un *decauville* que circula por una vía que está dispuesta encima del horno.

Debajo del horno tambien se extiende otro *decauville* destinado á recibir la soda bruta, para que ésta no cuele por los intersticios, estas vagonetas están unidas por sus bordes superiores y arrastradas en serie continua.

El trabajo en los hornos. — Generalmente se introduce el calcáreo y un tercio del carbón en el horno, manteniéndose el cilindro á su minimun de velocidad, hasta que una parte de la cal sea caustificada, lo que se reconoce por la aparición de llamas azules ó mezcla de azules y amarillentas, en el orificio de trabajo.

Es esencial llevar bien á punto esta operación de la caustificación si se desea obtener una soda fácil de lejiviar. Esta primera faz dura una hora y cuarto. No se debe alargarla demasiado sinó habría un exceso de soda cáustica y sulfuro de sodio en las lejias. Es necesario entonces prestar mucha atención en esta primera faz.

Llegado á este punto se detiene el horno, de manera que la boca quede para arriba y se le deja caer el sulfato en polvo y el resto del carbón, se cierra el cilindro y se le hace girar lentamente, disminuyendo el tiraje para evitar un fuerte arrastre de sulfato.

Como la transformación del sulfato es un efecto de reducción, es necesario, no solo que la cantidad del car-

bon baste á quitar todo el oxigeno del sulfato, sinó tambien que la atmósfera sea regulada de modo á tener en el interior del horno una atmósfera aunque no sea muy reductora por lo menos no oxidante; porque si abundase el oxigeno, parte del carbon quemaría y parte del sulfuro formado se reconvertiría en sulfato, de manera que la operación quedaría incompleta. Se ve la conveniencia de moderar con el registro la entrada del aire.

Despues de 25 ó 30 minutos la fusión comienza y se anuncia por la aparición de llamas amarillas. Inmediatamente se imprime al aparato, gran velocidad y se comienza á examinar la reacción por una ventana, colocada en una pared de la cámara de polvo, la que tiene vidrio azul para proteger la vista. Por esta ventana se ve á la masa, ponerse cada vez mas luminosa, y por último las llamas amarillas se desprenden, por lo que se deduce que la reacción ha terminado. La duración de la operación es de 2 hs. 15 minutos.

Un horno giratorio puede marchar 4 meses sin que haya necesidad de cambiar la guarnición, salvo en lo que concierne al *ojo* móvil.

En la soda Leblanc se forman siempre cyanuros debido á los compuestos azoados que existen en las hullas.

Parte de estos cyanuros sufren alteraciones de relativa importancia; pero otra parte de ellos, durante el lejiviaje actua sobre el sulfuro sódico en suspensión, formando ferrocianuro sódico, cuerpo que durante la calcinación de la soda se destruye en carbonato sódico y óxido férrico que colorea en rojo la soda.

Pechiney para destruir el cyanuro introduce cuando la reacción principal ha terminado, una pequeña cantidad de sulfato sódico, que actua como oxidante, si hicieramos inmediatamente la extracción nos daría mucho sulfuro sódico, cuerpo que necesita carbonato cálcico para transformarse en carbonato sódico. De aquí proviene la modificación Weldon consistente en la adición de carbonato cálcico á la cocida de sulfato sódico.

El procedimiento Pechiney-Weldon tan generalizado entre los fabricantes ingleses, es el que vamos á seguir; porque en las usinas que lo han adoptado, el tenor en cyanuros ha disminuido notablemente.

SODA BRUTA.—Al detener el movimiento del cilindro, se hace de manera que la boca quede para abajo, se abre la tapa y la mezcla, como está fundida, cae á las vagonetas del Decanville que se encuentran debajo.

La masa calcinada no tiene siempre el mismo color, esta diferencia proviene de la naturaleza de los materiales empleados.

Una buena hornada da un pan de soda, que se extrae con facilidad de la vagoneta y presenta en las superficies expuestas calientes al aire, un tinte castaño amarillento y en otras superficies un tinte negrusco. La fractura debe ser gris, con una superficie muy porosa, análoga á la de la piedra pomez, muy homogenea y sin muchos puntos negros, fragmentos del carbón, aunque el exceso de esta sustancia hace mas permeable la soda y por tanto mas facil de lejiviar, y sin muchos puntos blancos exceso de calcareo. La costra exterior debe ser adherente.

Los panes muy negros en la superficie son casi siempre de mala calidad, debido á que no han quedado el tiempo suficiente en el horno.

Si se encuentra mas carbón en la parte baja que en la alta, es generalmente debido á que la cocida ha sido demasiado larga, y queda demasiado fluida.

Si el tinte de la fractura de un pan es rojizo ó violeta, la cocida ha sido recalentada, accidente que se presenta á menudo, cuando se disminuye la dosis del calcareo, ó se aumenta la del carbón y es lo que se llama *soda quemada*. En los hornos giratorios, puede disminuirse el calcareo acercándose á la cantidad teórica; porque la temperatura es 200° mas baja que en los hornos á *trabajo manual*.

Rendimiento de soda bruta.—Algunas fábricas que pesan la *soda bruta* obtenida, han constatado una pérdida de peso en la mezcla, que corresponde al consumo del carbón, al oxigeno del sulfato y á perdidas por arrastre, según las siguientes cifras.

mezclas	horno á trabajo manual	horno giratorio
sulfato de sodio	100	100
calcareo	97,5	97,5
carbón	59,1	45,1
totales	256,6	252,6
soda bruta	156,4	163,5
perdidas en peso	100,2	89,1
totales	256,6	252,6

Se admite en general un rendimiento de 157 á 193 por 100 de sulfato.

Composición de la soda bruta.—La determinación de la composición de soda bruta es muy delicada, cuando se tiene el hábito, la determinación alcalimétrica y la del sulfuro permiten junto con elpeso y el aspecto de la soda bruta, saber si el trabajo ha estado bien llevado.

En caso contrario es necesario hacer una determinación completa, para lo cual, se procede separando las materias solubles de las insolubles á frío y envitando cuanto sea posible la intervención del aire.

Entre las materias solubles estan: el carbonato, el cloruro, el sulfato, el sulfito, el hyposulfito, el sulfuro, el aluminato, el silicato, el cyanuro, el sulfocianuro, de sodio, y entre las insolubles: el sulfuro, el carbonato, el óxido de calcio, el sulfuro de fierro, la alúmina, la sílice, la magnesia, carbón, arena, etc.

Accion del aire sobre la soda bruta.—El aire puro y seco no tiene acción sobre la soda bruta hasta la temperatura de 100°, teniendola y bien marcada al rojo. En

efecto, bajo la influencia del aire seco, el sulfuro de calcio, oxidándose, se transforma en sulfato de calcio anhidro.

Si la acción de la humedad no interviene, el ácido carbónico no actua pero en una atmósfera húmeda y rica en anhidrido carbónico, la soda bruta se modifica notablemente con detrimento de la graduación en carbonato de sodio. Para evitar pérdidas de este género Pelouze estableció como regla práctica, que la soda bruta cuando está al rojo no debe quedar mucho tiempo espuesta á la acción del aire, que es siempre húmedo y rico en anhidrido carbónico.

ACCION DE LOS DISOLVENTES. La soda bruta es completamente insoluble en alcohol. En el agua parte se disuelve y parte queda como resíduo insoluble.

En la disolución se encuentran, carbonato, sulfuro, é hidrato de sodio; estos dos últimos productos se forman por la acción del agua, ellos no existen en la soda bruta, pues siendo solubles en el alcohol, el tratamiento por este líquido debiera revelarlos.

La cantidad de la soda cáustica y del sulfuro de sodio es directamente proporcional á la duración, cantidad, y temperatura del agua en el lejiviaje, sin embargo las cantidades de soda cáustica y de sulfuro de sodio, no estan en relación directa.

De manera que el fabricante de soda para obtenerla lo menos cáustica posible, debe lejiviar la soda bruta rápidamente con la menor cantidad de agua, y á la más baja temperatura posible. Exigencias estas difíciles de conciliar en la práctica.

LEJIVIAJE DE LA SODA BRUTA. Como hemos visto la composición de la soda bruta es bastante compleja, á pesar de lo cual puede ser usada en ese estado por ciertas industrias; pero para otras que están en mayor número, debe ser purificada por lejiviaje en agua, operación que consiste en separar en dos partes los componentes

de la soda bruta; una formada por las sales solubles que pasan en las lejías, y otra por las insolubles que quedan formando resíduo. A esta parte simplemente mecánica, destinada á separar las materias por su solubilidad va aparejada, una verdadera operación química bastante delicada y de la que depende el valor del producto, por las complicadas reacciones que tienden á producirse durante el tratamiento por el agua.

Por simple exposición al aire la soda se resquebraja en trozos, que pueden ser lejiviados directamente, para una mayor subdivisión bastan algunos golpes de martillo. La exposición al aire debe durar de 2 á 3 dias, tiempo que depende del estado higrométrico del aire y del tenor de la soda en oxido de cálcio.

Para economizar combustible, conviene obtener muy concentradas las lejías, recordando que se debe evitar durante el lejiviaje una temperatura alta, un exceso de agua, y un contacto muy prolongado.

De acuerdo con estas indicaciones el trabajo debe ser conducido rápidamente y á una temperatura de 35° á 40°.

Si durante la operación del lejiviaje se agita constantemente el agua, los panes se destruyen y los resíduos insolubles forman una capa difícil de ser atravesadas por las lejías, lo que es un gran inconveniente; en cambio cuando el agua circula lentamente á través de los trozos de soda dispuestos por capas en las cubas, los resíduos insolubles conservan la forma primitiva y el líquido que escurre es perfectamente claro porque se forma una especie de filtro.

62
17
45.

Es esto precisamente lo que sucede en el aparato de Shanks y es por esas razones que lo hemos escogido.

Consta de una serie de seis cubas reunidas, de sección cuadrada de mts. 2,50 de lado por mts. 2 de altura, formadas por placas de hierro laminado de 2 cmts. de espesor.

A 22 cmts. sobre la placa inferior, se encuentra un

falso fondo perforado, es sobre este falso fondo que se dispone la soda bruta, reducida á pedazos de tamaño vario, estas capas se colocan hasta una altura de mts. 0,40 del borde superior, y sobre ellas se vierte agua en cantidad suficiente para recubrir la soda.

En el líquido se forman capas de diferentes densidades, las más ligeras tienden á subir á la superficie, mientras que las más densas descienden á través de las capas de soda bruta saturándose cada vez más; fenómeno tanto más pronunciado, por el estado de reposo de la masa y la acción filtrante de la soda, que hace que las diferentes capas de líquidos no tengan tendencia á mezclarse.

La marcha de la operación es igual cuando se reemplaza el agua sola por lejías poco concentradas provenientes de otra cuba.

A la soda bruta se le somete á 6 lejiviajes, y cuando es fresca sirve para saturar una lejía proveniente de operaciones precedentes, después se la hace atravesar por lejías de más en más débiles y por fin por agua pura. El agotamiento de la soda se completa entonces, se vacía la cuba, se le llena con soda fresca, á la que se somete á la misma série de lejiviajes, y asi sucesivamente.

Este tratamiento permite comenzar la operación por una cualquiera de las cubas del circuito. Para lo cual cada una de ellas está provista de un tubo con llave destinado á la introducción de agua pura cuando la cuba se encuentra formando el final del circuito, y de una llave de salida, colocada frente al espacio comprendido entre los dos fondos, para retirar la solución saturada, cuando la cuba está en el primer puesto, es decir cuando esta llena con soda fresca; pero la parte esencial del dispositivo Shanks, consiste en los tubos ascendentes destinados á permitir el pasaje de las lejías de una cuba á otra.

Cada tubo se compone de dos ramas; una vertical y otra horizontal, ésta más corta, está á 15 cmts. de la

extremidad superior, atraviesa la pared para desembocar en la cuba vecina. La rama vertical penetra en el falso fondo para terminar por un orificio cortado en bisél, en la parte inferior, y por la parte superior también está abierto, de manera que cada tubo en realidad tiene tres orificios. Se puede por medio de un tapón introducido por el agujero superior hasta debajo del tubo lateral, interrumpir á voluntad la comunicación entre las cubas.

Sentados estos principios, se procede de esta manera, si á una cuba que contiene cierta cantidad de lejía, se hace llegar agua á una temperatura de 32° á 35°, esta, en virtud de su menor densidad, se mantiene en la superficie y acumulándose termina por dar una presión suficiente para hacer subir la que está en el fondo, por el tubo vertical y obligarla á pasar á la cuba vecina, donde actúa sobre la lejía existente como el agua en la primera, es decir obligando á la legía más concentrada á pasar á la tercera cuba, y asi de seguido se puede hacer pasar toda la legía desde la primera cuba hasta la última de donde se le extrae por la llave inferior y se envía á alimentar los aparatos de evaporación.

En la última cuba se puede elevar la temperatura á 58° ó 60°; porque las lejías algo concentradas no tienen la acción nociva, sobre la soda bruta que hemos visto tiene el agua pura, lo que obliga á lejiviar en la primera cuba á una temperatura más baja.

Cuando la soda bruta de la primera cuba se agota, lo que se conoce porque las lejías dan una densidad de 2° B. se interrumpe las comunicaciones de esta cuba con las otras, se procede á vaciarla y después á llenarla con soda bruta nueva. Hecho lo cual esta cuba que era la primera pasa á ser última, mientras que la segunda pasa á ser la primera, la tercera á segunda, y así sucesivamente.

Se conoce el grado de agotamiento de la soda bruta por la densidad de las soluciones. Cuando en la última cuba llega á 27° B se puede, extraerla, y á pesar de la

llegada de nuevas proporciones de lejías de la cuba anterior el título sube hasta 30° ó 31° B. para bajar hasta 25° B. donde se detiene el escurrimiento.

La oxidación del sulfuro de càlcio es lenta, con este método, porque las sodas están siempre cubiertas por líquidos, lo que reduce las pérdidas de soda útil. Y como se suprimen las manipulaciones intermediarias de las materias insolubles, se consigue una notable economía de mano de obra. En efecto basta solo un operario para vigilar la temperatura del agua y de las lejías concentradas, la riqueza de estas y el agotamiento de los resíduos, de un aparato que elabore en 24 horas 34.000 ks. de soda bruta.

CLARIFICACION DE LAS LEJIAS.—Para que las lejías abandonen las materias que llevan en suspensión, como ser: el hierro, bajo diferentes formas, se les hace circular lentamente en zigzag para dejarlas por largo tiempo en las vasijas de clarificación.

La mayor parte del hierro se encuentra al estado de sulfuro doble de hierro y sodio combinación de la que el sulfuro de hierro se deposita con tanta mayor rapidez, cuanto más diluidas sean las lejías y cuanto menor sea la ley en sulfuro de sodio.

Es conveniente entonces eliminar el sulfuro de sodio, para que deposite el de hierro, de nó, al evaporar y después calcinar las lejias este se transforma en sesquioxido y colorea la soda en amarillo.

Para separar el sulfuro de sodio, vamos á recurrir á la oxidación.

OXIDACIÓN DE LAS LEJÍAS.—El sulfuro de sodio al oxidarse se transforma en hiposulfito y hasta en sulfito y el sulfuro de hierro hecho insoluble se precipita.

Se activa mucho la oxidación agregando á las lejías 1 gr. por litro de cloruro de manganeso y operando á 50°. El oxido de manganeso formado, actúa como vehículo de oxígeno y se regenera indefinidamente.

El aparato que vamos á usar, es un cilindro de hie-

rro laminado de 2 mts. de diámetro y otro tanto de altura, en el que se vierten hasta á la mitad las lejías. En el centro tiene un tubo de 8 cmts. de diámetro que desemboca bajo el falso fondo en tres amplias aberturas por las que deja escapar el aire comprimido, que al pasar por los agujeros del falso fondo se divide finamente y agita fuertemente el líquido. La coloración negra ó parda del precipitado indica el fin de la operación, la que dura 5 horas. Se deja reposar, los cuerpos que están en suspensión se depositan y se decanta el líquido claro, que es reemplazado por nuevas lejías sulfuradas, sin tener necesidad de agregar nuevas proporciones de cloruro de manganeso, hasta que el volúmen del precipitado sea muy grande es decir que la misma dosis sirve para 30 ó 40 operaciones.

EVAPORACION DE LAS LEJIAS Y EXTRACCION DE LA SODA.—Las lejías, bajo la acción de una ebullición prolongada llegan á un cierto grado de concentración que comienza á formarse un depósito de sales, depósito que va constantemente aumentando con la evaporación.

La masa asi separada está compuesta en casi su mayor parte de carbonato de sodio monohidratado. Podría creerse que la precipitación de diferentes sales, se efectúa en cierto orden determinado á la vez por la proporción y por la solubilidad de cada sal en el agua; pero cuando varias sales forman parte de una misma disolución, ejercen unas sobre las otras, una influencia bastante importante del punto de vista de la solubilidad. Asi la solubilidad del carbonato de sodio es tan disminuida por la presencia de las demás sales que existen en las lejías que es el primero en separarse, lo que permite obtenerlo en un estado bastante puro y separarlo de la soda cáustica.

En las lejías que además del carbonato de sodio y soda cáustica, contienen, el sulfato y el cloruro de sodio, el sulfato tiende á depositarse al principio de la operación, mientras que el cloruro de sodio no se pre-

cipita hasta el fin de la evaporación, la separación de estas dos sales es tanto mayor, cuánto más cáusticas sean las lejías. Para obtener una separación completa de todas las demás sales solo resta concentrar las lejias pues todas las sales se precipitan excepción de la soda cáustica, que queda en las aguas madres.

En las lejias que contienen cloruro de sodio, las sales que se depositan primero tienen un grado alcalimétrico muy elevado, graduación que constantemente va disminuyendo hasta que todo el cloruro se haya depositado entonces el grado alcalimetrico comienza á elevarse porque el carbonato se deposita otra vez en gran proporción.

En las lejias que no contienen cloruro de sodio, y que son muy causticas el grado alcalimetrico de las sales que se precipitan es mínimo al principio y va constantemente aumentando hasta el fin.

En las lejias ricas á la vez en cloruro de sodio y en sulfato el grado alcalimétrico es igualmente débil al principio y se eleva despues de la separación del sulfato, tiempo durante el cual queda estacionario, para decrecer después por la influencia del cloruro de sodio.

Todas estas reglas dadas por Kolb permiten cuando se conoce la composición química de una lejia, determinar con anterioridad el resultado de la evaporación.

El grado de concentración de la legia permite indicar en un momento dado la naturaleza del depósito formado.

Estas nociones sobre evaporación y concentración de las lejias, bien vigiladas nos sirven para obtener soda con un buen porcentaje de carbonato de sodio.

La evaporación de las lejias se efectúa en grandes calderas de hierro laminado de 10 mm. de espesor, calentadas por el calor perdido en los hornos de soda, para aprovecharlo bien disponemos las calderas en dos series, en cada una de las cuales la última caldera nos servirá para calentar agua con que vamos á lejiviar.

El calor actuará por la superficie, lo que da: un ma-

yor aprovechamiento de este: evaporación mas rápida y una duración mayor de los aparatos. Ha sido teniendo en cuenta estas ventajas que hemos elegido calderas de esta clase, á pesar que la operación de agitar la lejia es muy penosa y que estas se encuentran alteradas por las impurezas que arrastran los gases de la combustión.

En este modo de concentración, la evaporación solo tiene lugar en la superficie del líquido lo que hace que este se recubra de una costra salina, costra que debe evitarse y que se evita, haciendo pasar á voluntad los gases de la combustión, sea por una serie de calderas ó por la otra.

Las calderas que son del tipo reverbero estan recubiertas por una bóveda de mamposteria.

En la pared lateral externa, se encuentran las puertas de descargas en número de 3 en la 1ª caldera y 2 en la 2ª, encajadas en una cornisa.

La puerta deja un espacio libre en la parte superior, para vigilar la evaporación.

Paralelo á las calderas se encuentra un filtro de hierro laminado de 7 mm. de espesor provisto de un falso fondo perforado con agujeros de 4 mm. de diámetro, que conduce á una canaleta, la que alimenta una bomba con las aguas madres.

El trabajo se efectua, una vez tomadas las junturas con arcilla, llenando la caldera hasta los bordes con lejias, y se mantiene el nivel del líquido durante un tiempo mas ó menos largo, de acuerdo con los productos que se desee obtener.

Como en la vecindad de la entrada de los gases, el depósito es mayor, el operario debe evitar la formación de costras en la superficie, lo que consigue invertiendo la corriente gaseosa, haciéndola pasar por la otra caldera, aprovechando este momento para desplazar las sales por todo el fondo de la caldera para que la evaporación tenga lugar por toda la superficie y detener la operación cuando la materia haya adquirido una consistencia pastosa. Momento en que se abren las puertas laterales de-

jando caer rapidamente al filtro el contenido de la caldera, se vuelve á cerrar las puertas y á poner en marcha otra operación. Obteniéndose un carbonato sódico monohidratado impurificado por las aguas madres coloreadas en rojo, para separarlo de las cuales, someteremos la soda obtenida á un lavaje con lejias de soda blanca y pura. En las aguas madres predomina el hidrato sódico y de ellas lo obtendremos por un tratamiento que veremos mas adelante.

Con el carbonato sódico monohidratado, prepararemos, *soda en cristales y soda calcinada.*

SODA EN CRISTALES. —Para obtenerla basta disolver en agua caliente el carbonato sódico monohidratado hasta 32° B. de densidad esta solución deja depositar por enfriamiento unos cristales blancos, constituidos por carbonato sódico cristalizado con 10 moléculas de agua.

Por este procedimiento se obtiene una soda muy pura, pues no contiene ni fierro, ni sulfuros, ni materias insolubles, ni soda caustica; pero tiene el inconveniente de tener mucha agua, en efecto tiene 65,92 °/₀ por su composición molecular y en el comercio siempre contiene algo más.

SODA CALCINADA. —Para obtenerla se espulsa el agua combinada químicamente del carbonato sódico monohidratado. Operación que consiste en calcinarla en horno á reverbero, donde bajo la acción del calor, pierde el agua de combinación, dando carbonato sódico anhidro, que es conocido en el comercio con el nombre de soda calcinada.

SODA CAUSTICA.—Las aguas madres de la obtención del carbonato sónico monohidratado son claras, de un color rojo oscuro, y contienen: hidrato, sulfuro, carbonato, sulfato, cloruro, sulfito, hiposulfito, y ferrocyanuro sódico, como entre estas sales predomina el hidrato sódico en una proporción de 72 °/₀ aprovecharemos estas aguas madres llamadas *aguas rojas* para la extracción de la soda caustica.

En los procedimientos antiguos se transformaba el hidrato en carbonato; pero como en la industria, en realidad, una buena parte de la soda se emplea al estado de hidrato y no de carbonato, el procedimiento seguido acarreaba dobles gastos: al fabricante de soda el de carbonatar la soda cáustica, y al jabonero el de caustificar el carbonato así obtenido. Prepararemos directamente hidrato sódico, con las aguas madres, á las que previamente las someteremos á un prolongado reposo donde no solo se enfrían sinó que tambien van abandonando las sustancias que la impurifican, primero se forma un depósito blanco sobre las paredes y hacia el tercer dia, cuando el líquido se ha enfriado á 30° ó 40° se forma un segundo depósito cristalino de color rojo. El agua madre que resta de estos depósitos, constituye definitivamente la materia que utilizaremos para la preparación del hidrato sódico.

El procedimiento que vamos á seguir, consiste esencialmente en la evaporación de la legia roja, su tratamiento por salitre y su fusión al rojo.

La evaporación se efectúa en calderas de fundición, guiándose por las indicaciones del termometro, cuando este llega á 138° la densidad es 1,35 = 37° B°. se envían los líquidos á recipientes de decantación, donde depositan parte del sulfato y carbonato sódicos. Despues de lo cual se llevan las lejias á calderas de fundición de 2 mts. de diámetro y de una profundidad de mts. 1,10 con un espesor de 70 mm. en el fondo.

En estas calderas se prosigue la ebullición, separando la espuma que se forma, constituida en su mayor parte por sulfito sódico.

Cuando la temperatura llega á 160°, es conveniente cubrir las llamas y dejar clarificar la masa, retirando un depósito de sales, consistente en su mayor parte por cloruro y carbonato sódicos.

Se sigue calentando hasta 205°, llegado á este punto se recubre la caldera con una tapa de fundición perforada en un costado, por donde se introduce paulatínamente nitrato sódico, en porciones de 1 K. para oxidar

los sulfuros y los compuestos oxigenados inferiores del azufre.

Al principio la reaccion es lo mas enérgica, notándose un abundante desprendimiento gaseoso y el nitrato funde junto con la soda, cuando el desprendimiento cesa, se introduce una nueva porción de nitrato, prosiguiendo la operación hasta que una muestra enfriada y á la cual se le agregue una gota de solución de acetato plumbico, sea ligeramente parda observada por transparencia. En este punto la temperatura está al rededor de 470°, es necesario darle una elevación conveniente para que al hacerse mas fluida la masa, las sales que estan en suspensión se depositen. Una vez conseguido esto se le agrega el resto de nitrato hasta oxidación completa y se deja enfriar á 35° para colarlo despues. Al efectuar las coladas, las que amenudo se hacen en galones de fundición para expedir la soda caustica al comercio, hay que tener presente que esta sufre una fuerte disminución de volumen al enfriarse, de ahí la necesidad, si se quiere aprovechar bien la capacidad del recipiente de llenarlos en varias operaciones sucesivas.

Elección del Punto en que debe instalarse la Fábrica

Sea F el punto buscado; H (Hinojo) el punto desde donde viene la piedra calcárea; C (Carhué) la salina; y M (Buenos Aires) el mercado consumidor y el punto en que tenemos el carbón.

La posición relativa de estos puntos puede verse en la fig. 6.

Es evidente que la fábrica debe estar colocada en las proximidades de uno de estos tres puntos. Vamos pues á estudiar lo que sucede colocando el punto F, en Buenos Aires, en Carhué ó en Hinojo, y alejan-

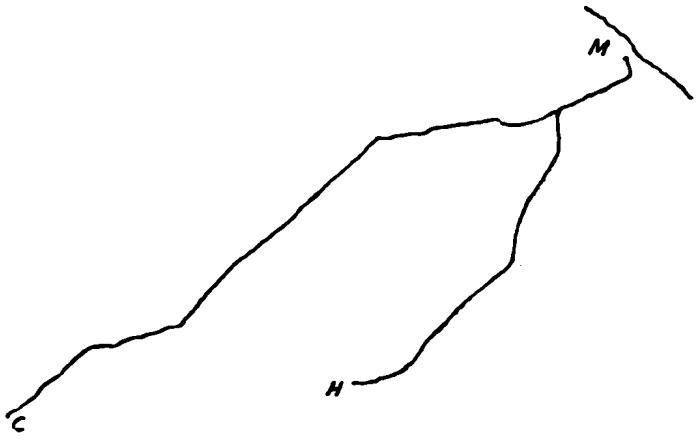


Fig 6

dolo después, respectivamente de cada uno de estos puntos hacia cada uno de los otros dos.

1er. caso: La fábrica se supone colocada en las proximidades de Buenos Aires.

Para mayor facilidad sustituiremos el croquis anterior por el siguiente:

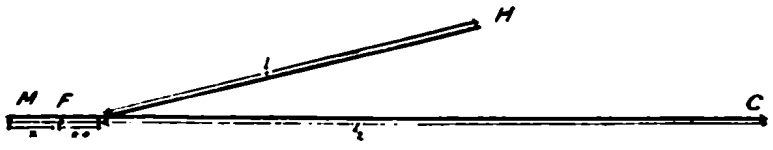


Fig 7

sean q_1, q_2, q_3, q_4, las cantidades á transportar de piedra de cal, de sulfato de sodio, de carbón, y de materia elaborada: y sean f_1, f_2, f_3, f_4, los fletes que tenemos que pagar, por el recorrido total, que tienen que hacer cada una de estas sustancias: suma total de gastos, será

$$Q = q_1 f_1 + q_2 f_2 + q_3 f_3 + q_4 f_4$$

Supondremos siempre que las cargas están expre-

sadas en toneladas y los fletes en pesos oro sellado.

Como el valor de los fletes, va á variar, según el recorrido de la carga, vamos á buscar la expresión de f_1, f_2, f_3, f_4, en función de este recorrido.

f_1, es el flete por el transporte de la piedra, considerando que la transportamos desde Hinojo hasta Sola, 314 Kms. en la clase 2ª de las tarifas especiales se deduce fácilmenie de $f_1 = n + m_1 x_1$

¿ que como son $\underline{n}$ y $\underline{m}$?

$$f_1 = 0{,}41 + 0{,}0065\ x_1$$

x_1 = recorrido desde *H* á *F*

f_2, es el flete por el transporte del sulfato, en la misma tarifa, clase 2ª tarifas especiales, aunque la distancia de Carhué á Sola es mayor de 350 Kms. la expresión de f_2 será igual á f_1 por tratarse de una tarifa especial.

$$f_2 = n_2 + m_2\ x_2$$

En efecto, tenemos, con la fórmula anterior:

para	$x=100$	$f_2 = 1{,}06$	la tarifa	del	F. C.	del	Sud	da 1,06
»	$x=200$	$f_2 = 1{,}71$	»	»	»	»	»	» 1,71
»	$x=300$	$f_2 = 2{,}36$	»	»	»	»	»	» 2,36
»	$x=350$	$f_2 = 2{,}685$	»	»	»	»	»	» 2,69
»	$x=400$	$f_2 = 3{,}01$	»	»	»	»	»	» 3,01
»	$x=450$	$f_2 = 3{,}335$	»	»	»	»	»	» 3,34
»	$x=500$	$f_2 = 3{,}66$	»	»	»	»	»	» 3,66
»	$x=550$	$f_2 = 3{,}985$	»	»	»	»	»	» 3,99

luego

$$f_2 = 0{,}41 + 0{,}0065\ x_2$$

x_2 = recorrido desde Carhué á *F*.

f_3 = flete del carbón, clase *M*,

$$f_3 = n_3 + m_3\ x_3$$

$$f_3 = 1{,}10 + 0{,}01\ x_3$$

x_3 =recorrido desde Buenos Aires á *F.*

f_4=flete de la materia elaborada (Na_2CO_3), clase 6.

$$f_4 = n_4 + m_4\ x_4$$

$$f_4 = 1.88 + 0{,}02\ x_4$$

x_4 =recorrido desde *F.* á B. Aires.

conocidos así todos los valores, tendremos

$$Q = q_1\ f_1 + q_2 f_2 + q_3 f_3 + q_4\ f_4 = q_1\ (0{,}41 + 0{,}0065\ x_1) + q_2\ (0{,}41 + 0{,}0065\ x_2) + q_3\ (1{,}10 + 0{,}01\ x) + q_4\ (1{,}88 + 0{,}02\ x) =$$
$$= 0{,}41\ (q_1 + q_2) + 1{,}10\ q_3 + 1{,}88\ q_3 + 0{,}0065\ q_1\ x_1 +$$
$$0{,}0065\ q_2\ x_2 + (0{,}01\ q_3 + 0{,}02\ q_4)\ x$$

si llamamos *A* la parte que no está afectada por ningúna de las x, tenemos

$$A + 0{,}0065\ q_1\ x_1 + 0{,}0065\ q_2\ x_2 + (0{,}01\ q_3 + 0{,}02\ q_4)\ x$$

pero

$$x_1 = l_1 + a - x$$
$$x_2 = l_2 + a - x$$

reemplazando tenemos,

$$Q = A + 0{,}0065\ q_1 (l^1 + a - x) + 0{,}0065\ q_2 (l_2 + a - x) + (0{,}01\ q_3 +$$
$$+ 0{,}02\ q_4)\ x = A + 0{,}0065\ [q_1\ (l + a) + q_2\ (l_2 + a)] + [0{,}01\ q_3 +$$
$$+ 0{,}02\ q_4 - 0{,}0065\ (q_2 - q_1)\ [x$$

esta expresión es de la forma

$$Q = M + N\ X$$

siendo M (gasto fijo), N gasto por klmt., y x distancia en kilometros de Buenos Aires á F (fábrica).

Si N es positivo el mínimo de Q, lo tenemos para $x = 0$.

Si N, es negativo. Q irá disminuyendo al aumentar x, lo que á primera vista parece un absurdo, pues podríamos aumentar x hasta tener $Q=0$ lo que no es posible; pero en realidad, sucederia que (aún suponiendo á los 4 puntos M, F, H y C, en una misma línea) antes de llegar $Q = 0$, habriamos llegado á $x = l_1 + a$, entonces $q_1 = 0$ y por lo tanto, variaría el signo de N.

$$\text{Si } 0{,}01\ q_3 + 0{,}02\ q_4 - 0{,}0065\ (q_1 + q_2) > 0.$$

La fábrica conviene ponerla en Buenos Aires; y si es $<O$, en Cañuelas, pues si nos alejamos más no nos sirve el croquis que hemos tomado para deducir el valor de Q.

Dándole á q_4 (materia elaborada) el valor 1 tendremos: para q_1, 1, 68; para q_2, 1, 37; y para q_3, 1, 134.

Ahora bien, si en la expresión N remplazamos á q_1, q_2, q_3, q_4 por sus valores, tendremos

$$N=0{,}0314-0{,}019825=0{,}011575$$

y remplazando N por su valor,

$$Q=M+0{,}011575\ x$$

donde se ve que el mínimo de Q lo tenemos para x=0, la distancia del punto F (fábrica) á Buenos Aires nula, es decir la fábrica en B. Aires.

La forma de la ecuación general es,

$$\begin{aligned} Q=q_1\,[m_1\,(l_1+a-x)+n_1\,]+q_2\,[m_2\,(l_2+a-x)+n_2\,]+ \\ +q_3\,(m_3+n_3)+q_4\,(m_4+n_4\,)= \\ =q_1\,m_1\,(l_1+a)+q_1\,n_1-q_1\,m_1\,x \\ q_2\,m_2\,(l_2+a)+q_2\,n_2-q_2\,m_2\,x \\ +q_3\,n_3+q_3\,m_3\,x \\ +q_4\,n_4+q_4\,m_4\,x \end{aligned}$$

$$=q_1 m_1 (l_1 + a) + q_2 m_2 (l_2 + a) + q_1 n_1 + q_2 n_2 + q_3 n_3 + q_4 n_4 +$$
$$+ (q_3 m_3 + q_4 m_4 - q_1 m_1 - q_2 m_2) x$$

como, $m_1 = m_2$ y $n_1 = n_2$ tenemos

$$Q = m_1 [q_1 (l_1 + a) + q_2 (l_2 + a)] + (q_1 + q_2) n_1 + q_3 n_3 + q_4 n_4 +$$
$$+ [q_3 m_3 + q_4 m_4 - (q_1 + q_2) m_1)] x$$

La representación gráfica de esta expresión, vease fig. 7.

2°. Caso. La fábrica se supone colocada entre Cañuelas y Carhué.

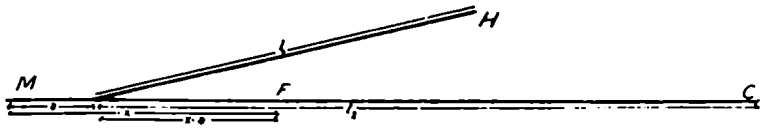


Fig. 8

$$Q = q_1 [m_1 (l_1 + x - a) + n_1] + q_2 [m_2 (l_2 - (x - a)) + n_2 +$$
$$+ q_3 (m_3 x + n_3) + q_4 (m_4 x - n_4)$$
$$= q_1 m_1 (l_1 - a) + q_1 n_1 + q_1 m_1 x$$
$$q_2 m_2 (l_2 + a) + q_2 n_2 - q_2 m_2 x$$
$$+ q_3 n_3 + q_3 m_3 x$$
$$+ q_4 n_4 + q_4 m_4 x$$
$$= m_1 [q_1 (l_1 - a) + q_2 (l_2 + a)] + (q_1 + q_2) n_1 + q_3 n_3 + q_4 n_4 +$$
$$+ [(q_1 - q_2) m_1 + q_3 m_3 + q_4 m_4] x$$

si comparamos este resultado con el anterior, tendredremos que el *gasto fijo*, es menor, en $2m_1 q_1 a$; y que el gasto por kilómetro es mayor en $2m_1 q_1 x$.

El aumento total es $2 m_1 q_1 (x - a)$

luego para x=a, no hay aumento; pero para cualquier otro valor de x, si hay aumento.

3er. Caso:—La fábrica se supone colocada entre Hinojo y Cañuelas. Para este caso también ocurre un aumento igual á $2q_2 m_1 (x - a)$

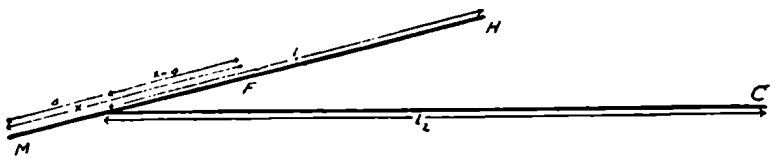


Fig. 9

De lo que resulta que la fábrica debe instalarse en los alrrededores de *Buenos Aires.*

Instalación de la Fábrica de carbonato Sódico por el Método Leblanc

No es nuestro propósito, al tratar este proyecto de instalación de una fábrica de carbonato sódico, hacer los planos detallados de los edificios, algunos en estremo sencillos y hasta simples galpones, por lo que nos limitaremos solamente, á mencionar la capacidad, objeto y costo aproximado de cada uno de ellos, trazando solo los planos de: el hogar, horno giratorio, y calderas de evaporación, de quienes en capítulos anteriores nos hemos ya ocupados.

Edificios

Administración. Puede ser un edificio sencillo de 12 mts. por 8 mts. y solo ser de un piso, distribuido así: oficina del administrador, un salon para despacho del público que debe dar á la calle ó estar proximo á ella, un escritorio para atender al personal de la fábrica, un laboratorio, un dormitorio y un *toilet.*

Recostado á una pared de este edificio puede estar el galpón de materias elaboradas, el que comunicará por una puerta con el laboratorio.

Las materias primas deben estar protegidas, bajo galpones. El agua de las lluvias disolvería el sulfato y

humedecería al calcareo y al carbón, lo suficiente para que introdujesen agua en el horno é hicieran desperdiciar calor.

Un otro galpón será necesario para instalar en el: las cubas de Shanks para lejivitar la soda; la caldera para fabricar *soda calcinada*; la caldera para fabricar *soda en cristales*; y las calderas necesarias, una para la evaporación de las *aguas rojas* y la otra para el tratamiento á la fusión con salitre. Como se ve bajo de este galpon deben estar el hogar, el horno giratorio, y las calderas de evaporación.

Por el interior de la fábrica y especialmente en este galpón circulará un *decauville* para el servicio de los hornos, calderas y para traer ó llevar hasta los otros galpones las materias primas ó elaboradas.

Estos galpones no necesitarán tener paredes laterales sinó del lado de los fuertes vientos.

Cálculo de producción

Toda la instalación ha sido calculada para una producción diaria de:

soda calcinada..... .... tons. 9,00
soda en cristales..... » 2,70

y teniendo en cuenta el consumo diario que es:

soda calcinada..... tons. 15,57
soda en cristales..... ..... » 4,42

Nuestro horno es capaz de una carga de:

Kgs. 1410 de calcáreo
» 223 » carbón

despues se le agregan:

Kgs. 1760 de sulfato sódico
» 446 de carbon

y según el método Pechiney-Weldon

Kgs. 105 de sulfato sódico
» 98 de calcáreo

lo que da un rendimiento en *soda bruta* de Kgs, 2738 por colada.

Descontando el tiempo necesario para la carga, descarga y reparación del horno, podemos hacer 10 coladas en 24 horas, estas diez coladas nos dan Kgs. 27.380 de soda bruta, que al 38 %, mínimo que se admite como rendimiento en carbonato sódico, representan Kgs. 10.100 de soda calcinada, de los cuales 9 toneladas venderemos como tal y una tonelada la transformaremos en soda en cristales, con un rendimiento de 2, 7 toneladas.

De las *legias rojas*, obtendremos soda caustica, en pequeña cantidad por lo cual guardaremos hasta que su cantidad sea tal que permita con provecho evaporarlas y tratarlas con salitre para obtener soda cáustica.

En cuanto al aprovechamiento del azufre del residuo de la lejiviación, no lo haremos por ser muy costosa la instalación para regenerarlo; porque la cantidad no es tanta que resulte conveniente, por no ser tan abundante el consumo; y porque en la actualidad el precio del azufre no solo es bajo, sinó que tiene tendencia á bajar más, por la sobreproducción del azufre de Sicilia.

Costo de la instalación de una Fábrica de Carbonato Sódico por el

Método Leblanc

Terrenos (40 × 50) á $ 5 la vara	$	10,000
Edificios (ver planilla A)	»	53,760
Máquina (precio de Carrick & Wardale Gateshead England)	»	35,000
	$	98,760

Planilla A.

Administración	$	11,000
Galpón para materias primas	»	8,000
» » » elaboradas	»	8,000
» » los hornos	»	13,000
Chimenea	»	5,000
Cerco	»	3,000
	$	48,000
Imprevistos 6 %	$	2,880
Dirección 6 %	»	2,880
	$	53,760

Establecimiento del Costo de una Tonelada de Carbonato Sódico según el Método Leblanc

(supuesta una producción diaria de 10 toneladas)

Sulfato sódico (gastos de explotación y fletes, etc.)	$	17,42
Calcareo	»	00,00
Carbón	»	15,95
Combustible	»	9,60
Sueldos (ver planilla B)	»	12,80
Refacciones á 6 %	»	1,92
Amortización á 4 % é interés á 6 %	»	3,56
	$	61,25
Precio de venta	$	79,90
Costo	»	61,25
	$	18,65
Por pérdidas, etc. descuento del 6 %	»	3,67
Utilidad por tonelada de soda calcinada	$	14,98

Si la transformáramos en soda en cristales, con una tonelada de soda calcinada obtendríamos Kgs. 2,700 y con un gasto de:

Soda calcinada (al precio de costo)	$	61,25
Amortización por máquinas á 6 %	»	0,91
Combustible	»	0,24
Sueldos	»	3,73
	$	66,13
Precio de venta de 2,700 Kgs. á $ 67 los 1000 Kgs.	»	180,90
Costo	»	66,13
	$	114,77
Por pérdidas, etc. descuento del 6 %	»	6,88
Utilidad por cada tonelada de soda calcinada transformada en soda en cristales	$	107,89

PLANILLA B.

Sueldos por dia

1	Ingeniero químico	$	20,—
2	Ayudante	»	6,—
3	Foguistas á $ 8 c. u.	»	24,—
6	Horneros á $ 8 c. u.	»	48,—
6	Jornaleros á $ 5 c. u.	»	30,—
		$	128,—

Conclusiones

El cloruro y el sulfato sódico que se encuentran en la salina de «Epecuén» no son de origen marino.

Convendría que la explotación de la salina de «Epecuén» fuese racional y sobre bases científicas.

Convendría la instalación de una fábrica de carbonato sódico por el método Leblanc, á base del sulfato sódico existente en la salina anteriormente citada. El punto donde debe instalárse la fábrica es en la ciudad Buenos Aires ó en sus alrededores.

Proposiciones Accesorias.

Electrometalurgía del acero.

Preparación del hidrógeno puro partiendo del gas de agua.

Dosaje electrolítico del cobre en solución alcalina.

La ley periódica de Mendeleef y las tierras raras.

Selección de levaduras por la adaptación al medio ambiente.

Buenos Aires 14 de Noviembre de 1908.

MARTINIANO M. LEGUIZAMON.

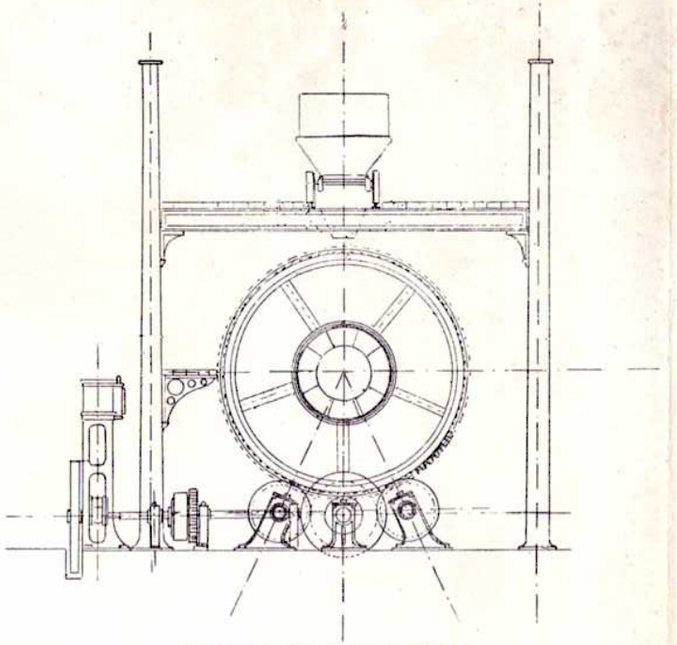
En Buenos Aires á 12 Diciembre de 1908, reunida la comisión encargada de revisar la tesis presentada por el ex-alumno Martiniano M. Leguizamon para optar al grado de doctor en química, resolvió aceptarle.

EDUARDO AGUIRRE— ATANASIO QUIROGA
JULIO J. GATTI—FRANCISCO P. LAVALLE
ANGEL GALLARDO.

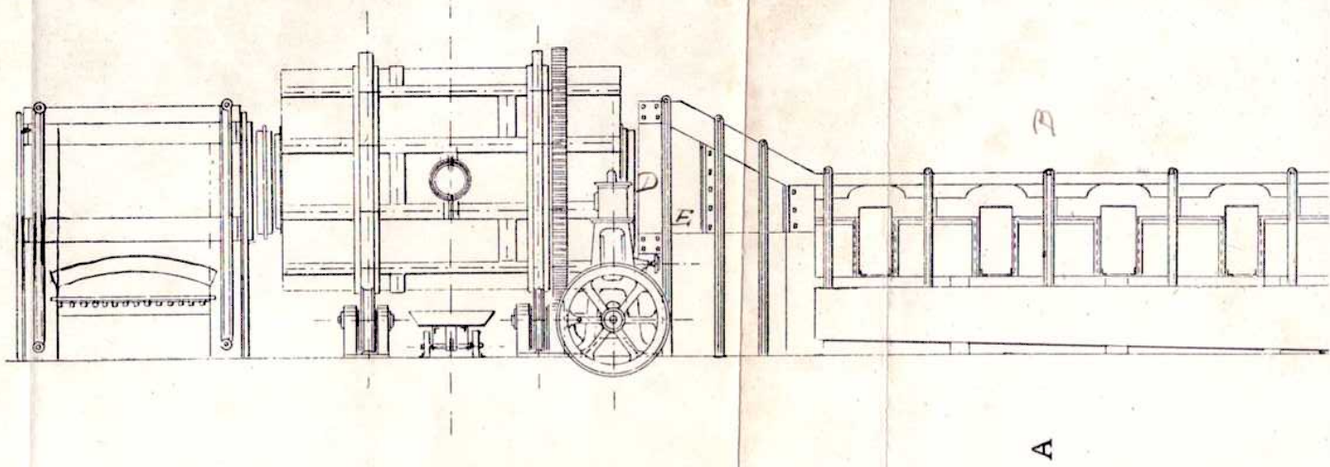
Puede imprimirse.

OTTO KRAUSE.
PEDRO J. CONI
Secretario.

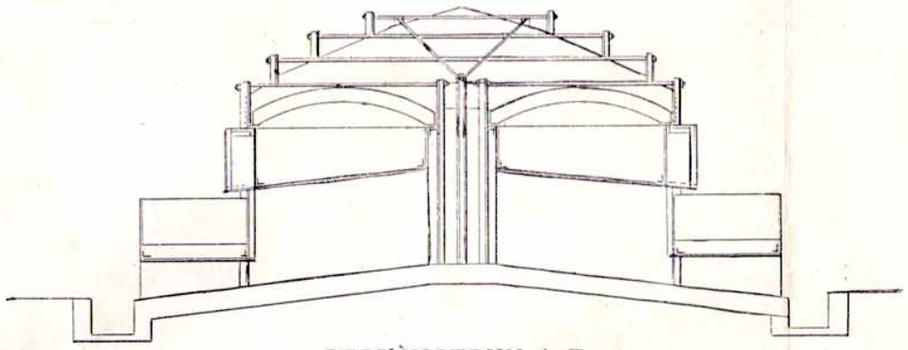
FÁBRICA DE CARBONATO SÓDICO POR EL MÉTODO LEBLANC



ELEVACIÓN DEL HORNO

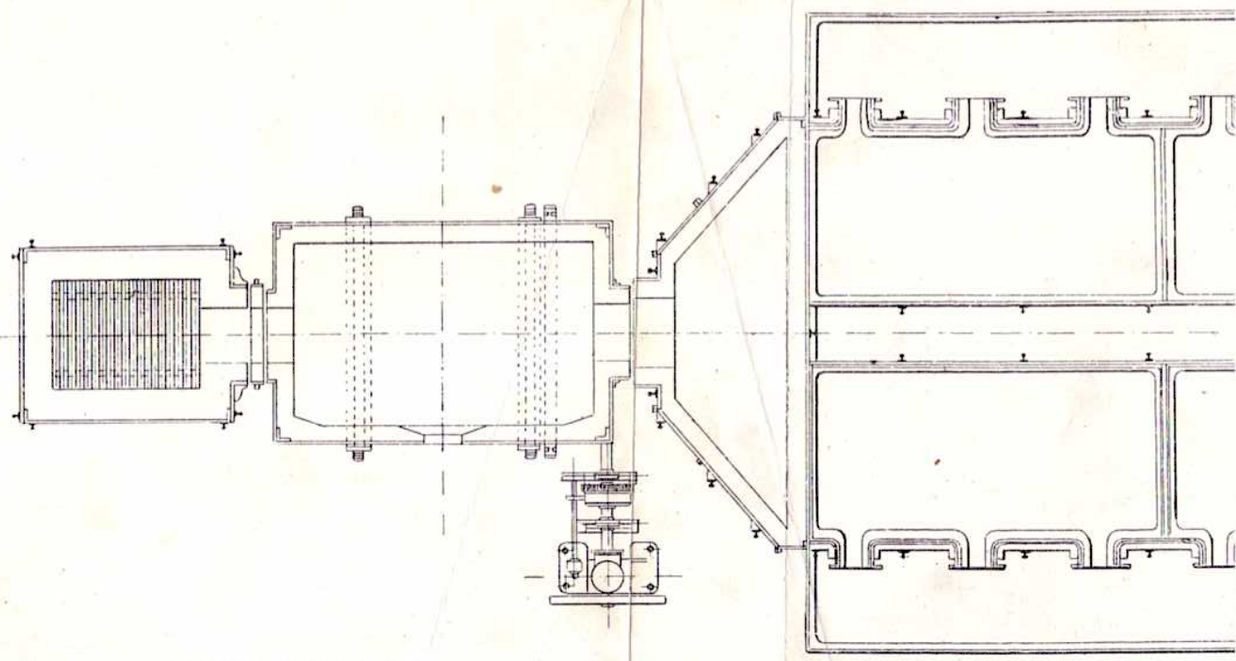


ELEVACION DEL HOGAR, HORNO GIRATORIO Y CALDERAS DE EVAPORACION



SECCIÒN SEGUN A B

CALDERAS DE EVAPORACIÓN DE LEJIAS



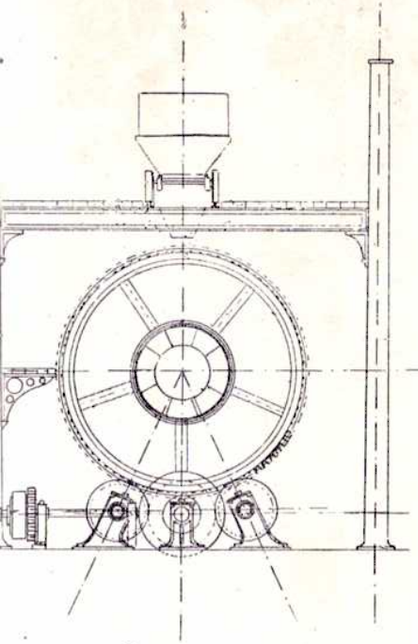
SECCIÓN SEGUN C D

SECCION SEGUN E F

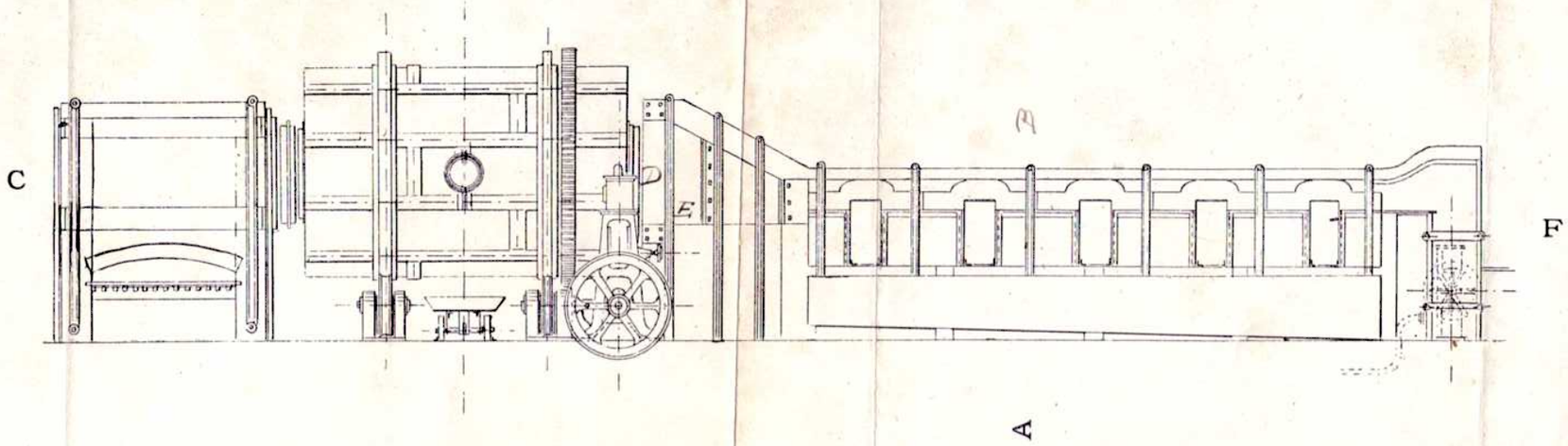
Bs. Aires, Noviembre de 1908.

Tesis M. M. LEGUIZAMON

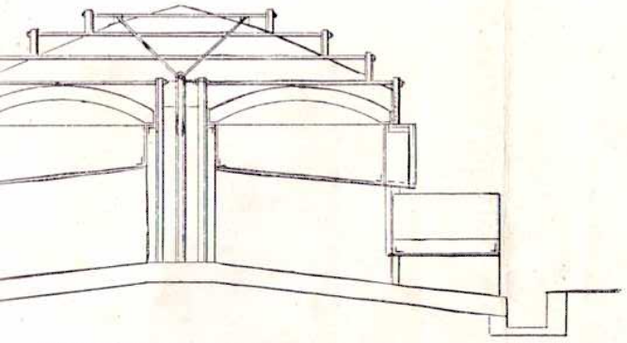
FÁBRICA DE CARBONATO SÓDICO POR EL MÉTODO LEBLANC



ELEVACIÓN DEL HORNO



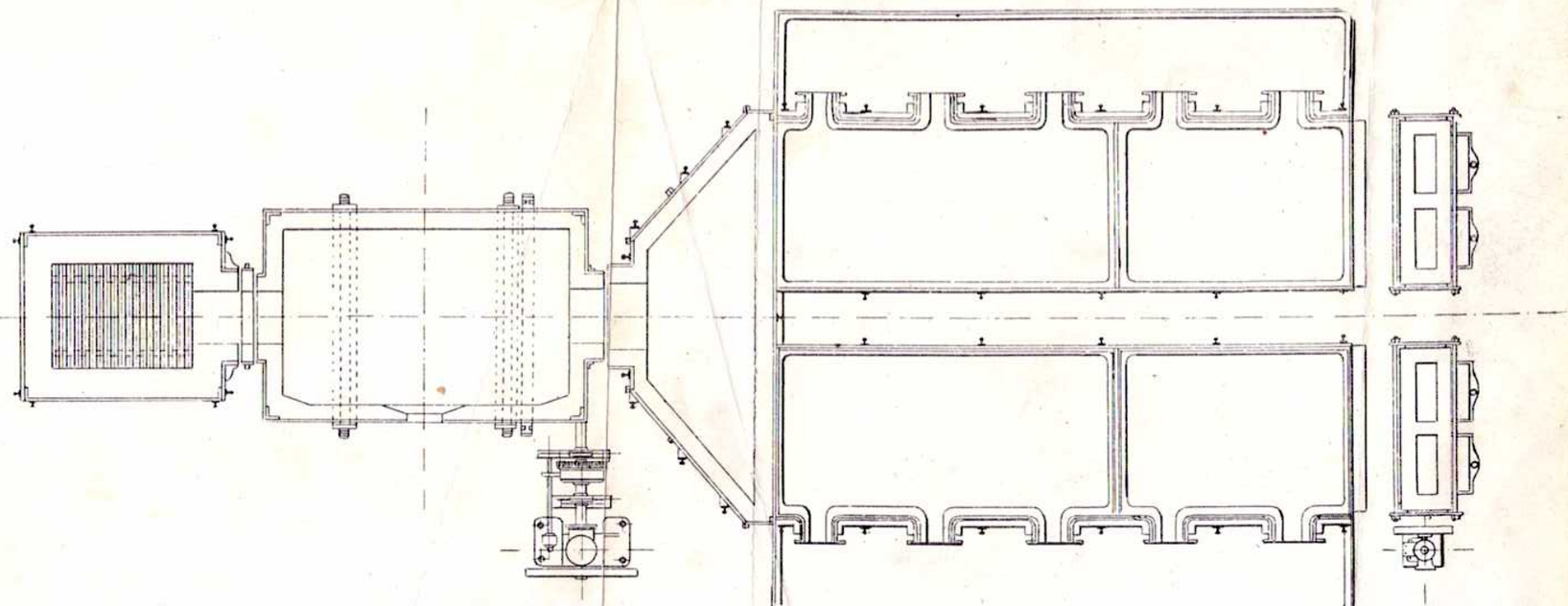
ELEVACION DEL HOGAR, HORNO GIRATORIO Y CALDERAS DE EVAPORACION



SECCIÒN SEGUN A B

ERAS DE EVAPORACIÓN DE LEJIAS

908. Tesis M. M. LEGUIZAMON



SECCIÓN SEGUN C D

SECCION SEGUN E F