



NRH 61641

CVB 1069750

MANUAL

DE

INDUSTRIAS QUÍMICAS

INORGÁNICAS

POR

D. FRANCISCO BALAGUER Y PRIMO

Ingeniero Industrial, Químico y Mecánico

Tomo I

Q. 262A



MADRID

DIRECCION Y ADMINISTRACION

Doctor Fourquet, 7



52
9319

*COLECCION DE LIBROS
ABRIL 1892*

8
201422

Á LA SOCIEDAD
ECONÓMICA MATRITENSE
DE AMIGOS DEL PAIS

legítima representante

de los intereses morales y materiales del país

DEDICA LA

BIBLIOTECA ENCICLOPÉDICA POPULAR ILUSTRADA

El Sócio

GREGORIO ESTRADA

ARGENTE
CUILLEN
ARQUITECTO
PLAZA



AL LECTOR

Al visitar hace poco la Exposicion Universal de París, llamó extraordinariamente nuestra atencion una de las vitrinas correspondientes á la seccion inglesa, en la que se exhibian una coleccion de productos químicos. Y no la llamó ciertamente por la belleza de los ejemplares expuestos, sino por otra consideracion de muy distinta naturaleza, y que nada, absolutamente nada tiene que ver con la estética: la llamó la admirable trabazon que existia entre todos aquellos productos; el maravilloso enlace de todos los procedimientos empleados en la fabricacion de los mismos. «Hé aquí, — nos dijimos, — el secreto del poderoso valimiento de la industria química Reino Unido.»

Habia, en efecto, en la Exposicion que teníamos á la vista, la notable circunstancia de que el residuo que dejaba la fabricacion de un producto, servia de primera materia para fabricar el segundo, formándose de este modo como una especie de cadena, en la que cada eslabon

representaba la fabricacion de un interesante producto químico. Gracias á esta circunstancia, la industria química ha podido abaratar sus productos hasta el punto que vemos en el dia, cosa que seguramente no hubiera conseguido con los solos perfeccionamientos de los procedimientos y aparatos; sin que por esto neguemos, ni mucho ménos, la influencia que en aquella baratura han tenido y tienen aquellos perfeccionamientos.

La impresion que estas consideraciones produjeron en nuestro ánimo, nos ha dictado el plan del presente MANUAL DE INDUSTRIAS QUÍMICAS, y si los lectores del primer tomo, que motiva estas líneas, se fijan un tanto, podrán juzgar hasta qué punto hemos sido consecuentes en nuestro propósito.

El azufre es el punto de partida. Obtiénense de él importantes productos, y el más importante de todos el ácido sulfúrico. Cuando para obtener aquel se emplean las piritas, queda siempre un residuo de gran valor industrial, del que debíamos prescindir y hemos prescindido, so pena de invadir el campo de la metalúrgia, para nosotros vedado.

El ácido sulfúrico con la sal comun forma el sulfato de sosa, primera materia de la más importante de las industrias químicas: la fabrica-

cion de las diferentes sales de sosa. Merced á procedimientos tan ingeniosos como sencillos, de los residuos que deja esta fabricacion se obtiene otra vez regenerado el azufre, que puede ser entregado al comercio para sus múltiples aplicaciones, ó volver de nuevo á ser transformado en ácido sulfúrico.

En la preparacion del sulfato de sosa por la reaccion del ácido sulfúrico sobre la sal comun, se obtiene un producto secundario, el ácido clorhídrico, que es á su vez primera materia de una industria importantísima: la fabricacion de los cloruros decolorantes.

Tal es la síntesis de este primer tomo, enriquecido, como es consiguiente, con otras muchas pequeñas industrias derivadas de las principales. Como verá el que tenga la paciencia de leerlo, su plan no se parece en nada al de los otros tratados que sobre el mismo asunto se han escrito. No tenemos la pretension de que sea aquel plan el más científico, pero hemos procurado que fuera el más práctico.

Dos observaciones para concluir.

Como suponemos que la mayoría de los lectores del MANUAL DE INDUSTRIAS QUÍMICAS no conocen la formulación química, siempre que empleamos fórmulas lo hacemos por medio de llamadas ó notas.

A la altura á que ha llegado la química en estos últimos tiempos, puede y debe suprimirse su división en los dos antiguos grupos de orgánica é inorgánica. Sin embargo, siguiendo á casi todos los demas autores que de química industrial se han ocupado, y porque no se opone esta división á nuestro plan, la aceptamos tambien nosotros.

FRANCISCO BALAGUER.

Madrid, Enero 1879.

MANUAL

DE

INDUSTRIAS QUÍMICAS

INORGÁNICAS

AZUFRE.

Primeras materias.—El azufre se encuentra muy repartido en la naturaleza: unas veces en estado nativo, más ó ménos mezclado con sustancias terrosas; otras, combinado con diferentes metales, formando sulfuros ó piritas; de ciertas aguas minerales, se desprende en combinacion con el hidrógeno, ó sea en estado de ácido sulfhídrico ó hidrógeno sulfurado; y en otras, se presenta disuelto al estado de sulfuro alcalino ó terroso-alcalino; combinado con el oxígeno en estado de anhídrido sulfuroso, es exhalado de muchos volcanes, y se le encuentra en algunas aguas disuelto en estado de ácido sulfúrico; por último, y prescindiendo de otros depósitos de poca importancia, como las materias albuminoideas, por ejemplo, el azufre se encuentra tambien en gran cantidad formando los llamados sulfatos, que tanto abundan en la naturaleza. Compréndese, por lo tanto, que no han de faltar primeras materias de donde extraer el

importante metalóide que nos ocupa, y así es en efecto, con gran ventaja de las industrias químicas, de la agricultura y de la medicina, que tanto consumo hacen de azufre.

La primera materia que suministra mayor cantidad de azufre, y con más fáciles tratamientos, es, como no puede por ménos, el azufre nativo. Los criaderos ó depósitos de éste, pueden referirse á dos tipos principales: uno es el que contiene el azufre resultado de emanaciones volcánicas actuales, que dan origen á las sulfotaras; en los yacimientos del segundo género se encuentra el metalóide íntimamente asociado á las rocas sedimentarias, y su extraccion da origen á trabajos subterráneos. La cantidad de azufre suministrada por las sulfotaras no entra sino por pequeñísima cantidad en la cifra de la produccion total. Con efecto, la sulfotara de Pezzuoli ha sido abandonada; la de Vulcano, en el archipiélago Eolio, apénas suministra 200 quintales de azufre al año; la de Guadalupe, de 80 á 100 quintales; en Islandia parece ha terminado toda produccion.

Entre los yacimientos sidementarios de azufre en explotacion, se pueden citar los siguientes: Radoboy (Croacia), Szwozwice (Gallizia), Milo (Archipiélago griego), Tapets (Francia), Murcia (España), cerca de la orilla del Mar Rojo, en Egipto, y por último, Italia, que es el país donde se extrae mayor cantidad de azufre, cuya produccion pueda repartirse en tres regiones, la Romanía, Nápoles (Avillino) y la Sicilia. Se encuentra tambien azufre nativo en las islas Jó-

nicas, en la Regencia de Túnez, en el Brasil y, según recientes descubrimientos, en los Estados Unidos de América.

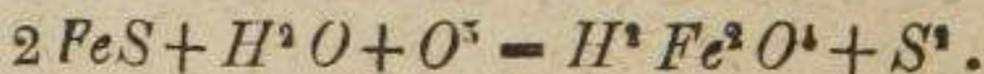
A pesar de tan importantes y numerosos depósitos de azufre nativo, que se explotan ó pueden explotarse para su extracción, el precio de éste hubiera llegado á ser exorbitante, por el creciente consumo que del mismo se hace, si la industria química, en su constante é inteligente rebusca de nuevas primeras materias que aprovechar, no hubiera encontrado otros recursos abundantísimos de azufre. Son estos, ciertas piritas ó sulfuros metálicos que, como ya hemos dicho, se encuentran muy abundantes en la naturaleza. Entre estas piritas figuran en primer término el bisulfuro de hierro ó marcasita ($Fe S^2$), que contiene 53,3 por 100 de azufre, y la cuprosa ó calcopirita ($Fe^2 Cu^6 S^6$), que contiene 31,9. Estas y otras piritas, como la magnética ($Fe^7 S^8$), la blenda ($Zn S$) y la galena ($Pb S$), se suelen, sin embargo, emplear casi exclusivamente en la preparación del ácido sulfuroso, como veremos al ocuparnos del ácido sulfúrico; pero así y todo, se consigue por este medio una extraordinaria economía en el precio del azufre nativo, que por este motivo no se ha encarecido á pesar de lo mucho que ha aumentado su consumo de algún tiempo á esta parte. Mas, por una de esas verdaderas maravillas de la industria moderna, merced á la regeneración ó separación del azufre contenido en los residuos de las fábricas de sosa por el procedimiento Leblanc, se obtiene, en último

término, el azufre de las piritas, con gran economía y en estado de absoluta pureza, según tendremos ocasión de ver en el momento oportuno. Diremos ahora tan sólo, que los expresados residuos contienen en estado de combinación, por supuesto, pero que puede ser regenerado ó separado, de 12 á 16 por 100 de azufre cuando se hallan en estado fresco.

En la fabricación del iodo, por medio de las cenizas de los fucos ó varechs, se obtiene cierta cantidad de azufre, como producto secundario, á consecuencia de la descomposición de los polisulfuros é hiposulfitos, al neutralizar las aguas madres por medio del ácido sulfúrico.

Para desulfurar el gas de alumbrado se emplea generalmente el hidrato férrico, que fija el azufre que contiene el gas al estado de ácido sulfhídrico y sulfuro amónico, al desulfuro ferroso. Expuesto este último á la acción del aire, regenera el hidrato férrico, quedando azufre en libertad (1), y sirviendo de nuevo la masa así obtenida para la purificación del gas. Como es consiguiente, el agente depurador se va enriqueciendo cada vez más de azufre, y al cabo de algunas operaciones, contiene 40 á 50 por 100. La cantidad de hulla que se destila cada año solamente en la ciudad de Lóndres contiene 10.000.000 de kilogramos de azufre, correspondientes á 30.605.000 de ácido sulfúrico. Para

(1) Hé aquí la reacción:



la separacion del azufre libre, se destila la materia desulfurante en retortas de hierro.

Tanto este último aprovechamiento del azufre, como el de los residuos de la fabricacion de la sosa y de los varechs, serán tratados al ocuparnos de las respectivas industrias. Por el momento, sólo describiremos la extraccion del azufre nativo y la separacion del de las piritas, por ser las que constituyen la industria de fabricacion del azufre propiamente dicha.

Antes de entrar en la descripcion de los procedimientos de extraccion del azufre nativo, consignaremos que la produccion del mismo en Europa se eleva actualmente, por lo ménos, á 380 millones de kilógramos repartidos en esta forma:

Italia	350.000.000
España	6.000.000
Diversos países	24.000.000

Extraccion del azufre nativo.—Cualquiera que sea el aparato á que se acuda para la separacion del azufre de la materia terrosa que siempre le acompaña, el procedimiento se funda en la fácil fusion, y, en algunos casos, en la ménos fácil volatilizacion de dicho metalóide. De aquí se derivan dos métodos esencialmente distintos: el de la liquefaccion ó fusion y el de la destilacion. El primero no es seguramente el más racional, puesto que sobre dar un producto muy impuro, se consume una parte del azufre en producir el calor necesario para la fusion de la

otra, y sólo se explica que se siga empleando en algunos puntos, por la escasez de capitales y el crecido precio del combustible. Mejores productos, y en cantidad mucho mayor, se obtienen por la destilacion, pero no debemos ocultar que ésta requiere una cantidad considerable de calórico que exige, por lo tanto, un gran consumo de combustible para el calentamiento de los aparatos destiladores.

En un principio se extraia el azufre, formando con el mineral ó tierra azufrada unas pilas, llamadas en italiano *calcarelle*, de dos á tres metros de diámetro, y rodeadas con un pequeño muro, en cuyo exterior se abria una fosa para recibir el azufre fundido. En el fondo de aquellas pilas se disponian los pedazos más gruesos y en la superficie el mineral menudo. Llegada la noche, se encendia el monton por la parte superior, y al amanecer empezaba á correr el azufre, que se recogia de la fosa por medio de cucharas de palastro y se colaba en bloques ó en panes.

Basta fijarse en este procedimiento para comprender cuán considerables deben ser las pérdidas de azufre que, en forma de ácido sulfuroso, envenenan el aire de las comarcas donde se aplica, y cuán impuro debe resultar el azufre fundido.

Fundado en el mismo sistema, pero infinitamente más perfecto, es el procedimiento de los hornos calcarones. El calcaron es un horno que se abre en el costado de una colina ó terreno inclinado, al abrigo del vien.

to; su forma es circular, aunque á veces se la da elíptica, y sus dimensiones varían de 8 á 10 metros de diámetro por unos 2^m,05 de profundidad. El suelo ó plaza forma un plano inclinado hácia una abertura de 1^m,20 de altura por 0^m,25 de ancho; la construcción de este plano inclinado, suele hacerse con tierra apisonada ó mejor con solado de piedras. El interior del horno está revestido por un muro de caliza compacta, enlucido á su vez con una capa lisa de yeso, que es impenetrable al azufre fundido.

Para cargar el calcaron se empieza por disponer sobre el piso ó plano inclinado una capa de tierra fina y ligera, ó bien de mineral ya quemado; sobre esta capa se cargan gruesos pedazos de mineral, procurando formar en la parte que ocupa la abertura de colada una especie de bóveda con pedazos de mineral lo más pobres posibles, gracias á lo cual se impide que la temperatura suba demasiado en dicho punto, lo cual sería un grave inconveniente por ser el paso ó salida del azufre fundido. Se acaba de llenar el horno con el mineral, colocando preferentemente los pedazos gruesos en el centro y los menudos hácia la circunferencia, y dejando respiraderos ó especies de chimeneas verticales especialmente en la parte posterior del horno, para que el aire pueda penetrar en todos los puntos de la carga lo más uniformemente posible. La carga del horno varía, como es consiguiente, con las dimensiones del mismo, pudiéndose fijar como límites de 400 á 800 toneladas,

y se cubre con una capa de mineral menudo, sobre la que se echa todavía otra de residuos de operaciones anteriores, formándose de este modo la llamada camisa, cuyo espesor suele ser de 5 á 25 centímetros.

Para poner en actividad el calcaron, se echan mechass de paja azufrada en los respiraderos verticales, cerrando en seguida la abertura que comunica con el exterior, por medio de un tabique de ladrillos ó de yeso, en el que se abren diferentes agujeros á distintas alturas, que se cierran provisionalmente con tapones de arcilla. Poco á poco se va activando la combustion que se propaga de arriba á abajo. En tal situacion, se tapan todos los respiraderos, lo que tiene lugar generalmente una hora despues de haber encendido el calcaron, y se abandona éste á sí mismo durante ocho ó nueve dias.

Es indudable que el primer azufre que caerá fundido, se irá solidificando al llegar al contacto con el mineral inferior que estará frio, hasta que éste se irá tambien calentando lo suficiente para que dicho azufre caiga en estado líquido hasta el plano inclinado y corra al exterior. Miénntras tanto, continúa creciendo la temperatura de las capas en que se verifica la combustion, y acaba por llegar hasta el rojo; el azufre líquido que, habiéndose vuelto espeso y viscoso á consecuencia de la gran elevacion de temperatura, no habia podido colar, se reduce á vapores, y como son muy pesados, en vez de subir se precipitan igualmente que el azufre fundido por los intervalos que dejan los bloques

de mineral, se condensan y provocan, por fin, la fusión de una nueva cantidad de azufre, y así sucesivamente.

De este modo la parte baja del calcaron donde se encuentra la abertura de salida, se va llenando de azufre líquido, y cuando se ha reunido suficiente cantidad de éste, abren un agujero en la parte superior del tabique y recogen dicho azufre que se cuele en formas humedecidas, de madera, que forma pirámides truncadas. Los panes de azufre que resultan pesan de 50 á 60 kilogramos y se expenden directamente al comercio.

Hacia el segundo día de marchar el horno, empiezan á atravesar la camisa superior vapores de ácido sulfuroso mezclados con vapor de agua, procedente este último de la humedad del yeso ó de la del mineral, y con un poco de azufre sublimado. Abriendo de vez en cuando los taponés de arcilla que tapan los agujeros del tabique, se puede averiguar la altura á que llega la masa líquida ó azufre fundido reunido ya en el fondo del calcaron.

La duración de una operación ú hornada varía, como es natural, con la naturaleza del mineral, carga de éste, circunstancias atmosféricas, etc. Con un calcaron de cabida de 2.000 metros cúbicos de mineral, no puede hacerse más que una fusión al año, puesto que el tiempo necesario desde la puesta en marcha hasta la última colada, varía desde 80 á 90 días, á lo que hay que agregar el tiempo que se emplea en la carga y el que se necesita para el enfria-

miento y descarga. Todo esto hace un total de unos cuatro meses, y sólo en el verano se puede contar con un período tan largo de tiempo sin que haya lluvias. Un calcaron mediano de 800 á 1.000 metros cúbicos de mineral, puede dar tres fusiones al año; y otro de 400 puede hacer sin dificultad seis ú ocho en igual tiempo.

A pesar de las ventajas que indudablemente presentan los calcarones sobre los antiguos hornos, no están libres de grandes defectos, siendo los principales la pérdida de azufre y las molestias y perjuicios que ocasionan los desprendimientos de vapores de ácido sulfuroso. En un calcaron bien conducido, y tratándose de un mineral que contenga en 100 partes, 25 de azufre, 70 de caliza marga y 5 de agua higrométrica, se deberá quemar teóricamente $\frac{1}{5}$ del azufre contenido en el mineral para fundir el resto; pero en realidad se pierde $\frac{1}{3}$ y también $\frac{2}{5}$, representando la diferencia la pérdida por sublimación, el que queda en el residuo, pérdidas de calórico por irradiación y otras causas, y, por último, por las varias reacciones químicas que pueden verificarse y se verifican durante la fusión. De todo lo cual resulta, que el procedimiento de los calcarones sólo tiene razón de ser en aquellas localidades en que escasee el capital y esté muy caro el combustible.

Desde 1870, se está aplicando en algunas explotaciones de Sicilia y de la Romaña, y también en Rusia, un procedimiento propuesto por Thomas, que consiste esencialmente en separar el azufre de la tierra sulfurosa por medio

de los combustibles ordinarios, empleando como agente de trasmision del calórico el vapor de agua á la tension correspondiente á la temperatura de fusion del azufre. El aparato es de gruesa plancha de hierro, y se compone de dos partes, una inferior y otra superior: la inferior es un recipiente cilíndrico de 0^m,80 á 0^m,90 de diámetro, y está sostenido por cuatro ruedas que corren sobre dos rails de hierro; la cámara superior tiene la forma de un tronco de cono, cuyo borde inferior se adapta exactamente al superior del recipiente, al que se une por medio de veinte y cuatro clavijas. El mineral se carga en la cámara cónica, cuyo fondo está formado por una rejilla de barras resistentes de hierro, que puede abrirse á charnela. En el recipiente inferior entran dos tubos que desembocan á poca distancia de su fondo, de los que uno sirve para conducir el vapor, y está, por lo tanto, en comunicacion con la caldera; y el otro es libre y forma como una especie de sifon, por donde encuentra salida el azufre á medida que cae fundido en el expresado recipiente inferior. Hecha la carga, se cierra la boca superior por medio de una tapa de charnela, que se sujeta fuertemente por medio de clavijas. En seguida se da acceso al vapor, que deberá tener 4,5 atmósferas de tension, correspondientes á 150° próximamente. A partir de este momento, termina la fusion del azufre en poco más de una hora, el cual cae mezclado con el agua de condensacion del vapor; este azufre fundido corre por el sifon, como ya hemos indicado, por efecto de

la presión. Recogido el azufre, se abre una llave de escape de vapor, se quitan las clavijas, se hace correr el recipiente sobre los rails, se abre la rejilla, y caen al suelo los residuos de la operación, de donde se recogen y llevan fuera.

Con este aparato se pueden hacer seis fusiones al día, tratando cada vez dos toneladas de mineral. Su utilidad es muy problemática cuando se trata de minerales ricos, pero en cambio parece ventajosísimo si se opera con minerales pobres.

Cuando se trata de explotar un mineral muy rico en azufre, que contenga, por ejemplo, 50 por 100, á lo ménos, de este metalóide, se recurre generalmente al empleo de una caldera de fundición, caldeada por un hogar sobre el que está montada, y en la cual se funde el azufre, procurando mantener la temperatura entre 120° y 140° , para que éste permanezca perfectamente fluido y no se inflame en ningun caso. Con auxilio de una cuchara de hierro llena de pequeños agujeros, se separan las sustancias extrañas, que se dejan que escurran bien, y se van añadiendo nuevas cantidades de mineral fresco, continuando de esta suerte la operación, hasta tanto que la caldera quede llena de azufre fundido. En tal estado, se la tapa y se quita la lumbre del hogar, dejándola en reposo para que se depositen las impurezas más finas. Antes que se haya solidificado el azufre, se le extrae con cuidado por medio de cucharones ó por decantación, y se le lleva á una pila ó á una vasija de palastro mojada de antemano. Los resi-

duos térreos, muy impregnados aún de azufre, se tratan en los aparatos de destilacion, que ya daremos á conocer bien pronto.

Se han propuesto otros varios procedimientos de extraccion del azufre por fusion, que no han dado tan buenos resultados en la práctica industrial como se proponian y anunciaban sus inventores. Por esto no los describiremos, y lo haremos tan sólo de uno de ellos, del inventado por el Sr. Condy Bollmann, que se funda en la tan conocida propiedad que tiene el bisulfuro de carbono de disolver el azufre, y abandonarlo cuando se evapora dicho disolvente, cuyo procedimiento se está empleando actualmente en algun punto de Italia.

El sulfuro de carbono, que disuelve 25 á 30 por 100 de su peso de azufre, se puede emplear ventajosamente para el tratamiento de los minerales pobres de azufre, con la condicion de que los aparatos se construyan de suerte que no se experimenten pérdidas inútiles del disolvente y reclamen un minimum de combustible en la destilacion del bisulfuro de carbon. En un establecimiento de Bagnoli, cerca de Nápoles, donde se fabrican 300 kilogramos de sulfuro cada dia, se extrae todos los años cierta cantidad de azufre, por el tratamiento de la tierra sulfurada de aquellas regiones por medio de dicho sulfuro de carbono. La materia primera, generalmente bastante pobre, se carga en cestos que se suspenden dentro de cilindros de palastro, de dos metros de altura, cerrados herméticamente. Por medio de una tubería convenien-

temente dispuesta, el disolvente circula á través de la batería de cilindros, de modo que dicho líquido se recoge en breve saturado de azufre en uno de los extremos del aparato, de donde se lleva al de destilacion.

En aquellas localidades, donde el combustible es económico, se puede recurrir, para la extraccion del azufre, á los aparatos de destilacion. El más antiguo de estos aparatos, y que se va abandonando ya en todas partes, consiste en un horno largo en forma de bóveda prolongada, llamado galera, donde en dos hileras se colocan unos potes ó especie de cántaros de tierra cocida, de 20 litros de cabida, que reciben cada uno 20 á 25 kilogramos de mineral; estos potes ó retortas se tapan enlodando las mismas, y comunican respectivamente por medio de un tubo bastante ancho con otro pote exterior que sirve de recipiente de condensacion; el azufre líquido ó condensado cae por un tubo inferior en un recipiente de madera colocado en la parte baja y lleno de agua. Cada pote suministra de 7 á 8 kilogramos de azufre por operacion.

Si el fuego del horno es demasiado activo, son arrastradas por el vapor de azufre materias extrañas en mayor ó menor cantidad, que impurifican el producto. Estas impurezas pueden ser de 3 á 10 por 100 de dicho producto, ó sea de azufre.

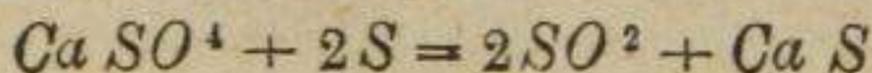
En vez de estos hornos de galera se emplean hornos de caldera. Uno de estos consiste en una caldera de fundicion de 80 á 90 centímetros de

diámetro, que comunica con un condensador tambien de fundicion. El mineral de azufre se acumula en una cámara de ladrillo provista de dos aberturas, una superior, por la que se echa dicho mineral, y otra inferior, que se abre al nivel casi del borde superior de la caldera, y que está provista de compuerta. Los productos de la combustion del hogar de la caldera circulan, ántes de ir á la chimenea de tiro, por debajo de la cámara ó depósito de mineral, de suerte que la alimentacion de aquella se hace con mineral caliente, y la destilacion no sufre intermitencias. Por lo demas, del recipiente de condensacion cae el azufre líquido en otro con agua, para lo cual se abre de vez en cuando una llave.

Como en estos aparatos de destilacion se requiere siempre una alta temperatura, es preciso, cuando se recurra á ellos, separar del mineral á que se va destilar el yeso y el carbonato de cal. De olvidarse esta precaucion, se produce una notable pérdida de azufre, por la reaccion de éste sobre el sulfato ó el carbonato (1). La reaccion no tiene lugar sino á 440°, de suerte que en los calcarones no puede verificarse.

Extraccion del azufre de las piritas.—La pirita de hierro ($Fe S^2$) se explota especialmente en Sajonia y en Bohemia, para la ex-

(1) Esta reaccion ha sido estudiada por M. Sisti-
tini, que la formula del siguiente modo, cuando se
trata del sulfato de cal ó yeso:



traccion de una parte del azufre que contiene. Al efecto se la destila en una especie de retortas de barro de seccion cilíndrica, aunque á veces suele ser cuadrangular, las cuales se disponen en filas horizontales en un horno de galería, en número de 12 ó 24, que se cargan con 25 kilogramos próximamente de piritas. De uno de los extremos de la retorta arranca un tubo, tambien de barro, que conduce los vapores de azufre á un gran recipiente, donde se condensan.

Calentando con energía, se puede obtener la mitad del azufre que contiene la piritas destilada, es decir, 26,5 por 100; pero sólo se trata de obtener un 13 á 14 por 100 de dicho azufre, para que el residuo ($Fe^2 S^3$) quede en estado pulverulento y no destruya las retortas al fundirse. Este residuo, humedecido y abandonado en montones, se oxida y produce sulfato de hierro.

El ácido sulfuroso puede ceder su oxígeno á diferentes cuerpos que tienen gran afinidad para con él, especialmente el carbon y los sulfuros alcalinos y alcalino-térreos. Fundado en estos principios, ha inventado el Sr. Hoffmann un procedimiento de extraccion del azufre de las piritas. Si se calienta, al efecto, el sulfuro de calcio al rojo sombra en una corriente de ácido sulfuroso obtenido por la tostacion de las piritas, éste ácido es completamente absorbido desde luégo, destilando despues el azufre. El sulfuro se convierte en sulfato, que puede transformarse de nuevo en sulfuro.

Los minerales piritosos de cobre y de plomo ántes de ser fundidos, se someten á la tostacion, durante la cual una parte del azufre escapa á la combustion y se condensa sobre las paredes ménos caldeadas de los hornos, de donde se recoge como producto secundario. Por este medio se producen cantidades notables de azufre en Bohemia, Sajonia, Salzburgo, Steiermarck, Suiza, Irlanda, en el Harz y en Italia, cerca de Agordo; cuya produccion total al año no baja de 250.000 toneladas de azufre.

Pero bien se comprende, no es este el sitio oportuno, sino al tratar de la metalúrgia de los expresados metales, de explicar este medio indirecto de extraccion del azufre de las piritas.

Refinacion del azufre.—Ninguno de los métodos descritos para la extraccion del azufre, excepcion hecha del que emplea el bisulfuro de carbono, produce el metalóide en estado puro, ni siquiera próximamente puro. Hé aquí el resultado de cinco muestras de azufre siciliano, analizadas por el Sr. Mena:

	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a
Azufre (soluble en CS^2).....	90,1	96,2	91,3	90,0	88,7
Materia bituminosa.....	1,0	0,5	0,7	1,1	1,0
Azufre (insoluble en CS^2)..	2,0	»	1,5	5,1	1,7
Arena silícica..	2,3	1,5	3,3	2,8	5,5
Carbonato de cal	4,1	1,8	2,5	3,0	2,8
Pérdida.....	0,	»	0,7	1,0	0,3
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

La parte inferior de los panes de azufre bruto contienen con frecuencia hasta 25 por 100 de materias extrañas. Para ciertas operaciones industriales, como por ejemplo, para la fabricación del ácido sulfúrico, del sulfuroso y de los sulfatos, puede servir el azufre bruto; pero en la generalidad de las aplicaciones de este metalóide, se le requiere en estado puro, ó, por lo ménos, próximamente puro. De aquí la necesidad de refinarlo.

Más ó ménos modificados, todos los aparatos destinados al refinamiento del azufre, se componen de tres partes distintas: 1.º una caldera en la que el azufre experimenta la primera depuración, merced á su fusión por el calor perdido del hogar; 2.º una retorta en la que cae el azufre fundido de la caldera anterior, y en la cual se convierte en vapor; 3.º una cámara donde se condensan los vapores de azufre. Es evidente, que segun la temperatura de esta cámara de condensación, se obtendrá el azufre en flor ó sublimado, ó fundido ó líquido, pudiéndose obtener uno ú otro estado, regulando convenientemente la marcha de la operación. Así, por ejemplo, si se quiere fabricar azufre en cilindro ó cañon, se lleva la destilación hasta que la temperatura interior de la cámara sea de 115º; en tal caso, los vapores se liquidan al condensarse, y el azufre se acumula en el fondo de la cámara, de donde se puede extraer sangrando, y se recoge en un recipiente á propósito que tiene moldes de madera de forma cilíndrica, en los que se solidifica dicho azufre.

Por el contrario, cuando se quiere obtener azufre en flor, se procura que la temperatura interior de la cámara no exceda nunca de 110° . Para conseguir este objeto, se conduce la destilación con mucha lentitud; y de aquí, que mientras para obtener azufre fundido para darle la forma de panes ó cañones, se pueden hacer seis operaciones en veinticuatro horas, destilando un total de 1.800 kilogramos de azufre, para obtener azufre en flor, con el mismo aparato, no se harán más que dos operaciones en igual tiempo, destilando solamente 300 kilogramos de azufre. Cuando la cantidad de flores de azufre acumulada en la cámara de condensación es suficiente, se derriba la pared provisional que tabicaba la puerta, por donde entra un obrero, y con una pala extrae dichas flores de azufre.

Merecen ser conocidos los hornos y procedimientos empleados en la magnífica refinería de azufre de los Sres. A. Boude é hijo, de Marsella, que fabrica cada día 14.000 kilogramos de flor de azufre ó azufre sublimado y 8.000 en cañon; poseyendo además un departamento con motor de vapor para triturar hasta 10.000 kilogramos por día. Esta grandiosa fábrica produce por sí sola la cuarta parte del azufre que se refina en toda la Francia.

Los hornos, contruidos de ladrillos refractarios, se componen de una retorta de fundición de forma prolongada, plana en su parte inferior y convexa en la superficie; uno de sus extremos está provisto de una abertura que se cierra por medio de un obturador perfectamente

enlodado; al otro extremo se encuentra un cuello igualmente de fundicion que pone á la caldera en comunicacion con el condensador, vasta cámara abovedada y construida de ladrillos. El hogar deja escapar una llama que sigue un camino casi elíptico, envolviendo todas las paredes de la retorta: esta llama calienta tambien un gran recipiente de fundicion colocado sobre el horno.

Se carga el azufre bruto en la retorta, y se cierra herméticamente: llénase tambien de primera materia el recipiente ó depósito superior, y, miéntras que empieza la destilacion en la caldera, el azufre contenido en el recipiente experimenta una fusion preliminar; una vez éste al estado líquido, se abre una llave, y atravesando un tubo fijo, cae en la retorta, en la que destila á su vez. Este sistema permite fundir al mismo tiempo y con el mismo calórico mayor cantidad de materia, activa la fabricacion y economiza el combustible.

Los vapores de azufre pasan de la retorta á la cámara, donde, encontrando una atmósfera más fria, se condensan en forma de copos.

Si el hogar desprendiese un calor demasiado intenso, ó la abertura del cuello no estuviese practicada en la cámara á la altura necesaria, la flor de azufre tomaria un color amarillo pardo, y apareceria mezclada con ciertas partes de azufre candí. Si las válvulas del condensador no funcionasen con regularidad, los primeros vapores, trasformados en ácido sulfuroso en contacto del oxígeno del aire que contiene el con-

densador al principio de la operacion, podrian arrastrar con ellos un exceso de azufre.

Importa tambien suspender con frecuencia la operacion en la fabricacion de la flor; para ello se vacian las cámaras á intervalos muy próximos, sin lo cual la temperatura se elevaria sobre 110° , y la flor de azufre se fundiria. La duracion de la operacion debe calcularse con arreglo á la capacidad del condensador.

En las cámaras donde se fabrica el azufre en cañon, el trabajo es continuo, de tal suerte que la temperatura es siempre bastante elevada para mantener aquél al estado líquido; el azufre líquido sale por una llave de forma especial, colocada en la parte inferior de la cámara; se le recibe en moldes cónicos de madera mojados de antemano, en donde se congela y adquiere la forma que le ha valido en el comercio el nombre de azufre en cañon. Aquí es todavía de temer una temperatura demasiado alta: sábese, con efecto, que el azufre se vuelve pardo y pierde su fluidez á más de 170° .

El azufre triturado es simplemente azufre bruto, tal como se presenta en el comercio, el cual se tritura en muelas á propósito y se tamiza. Para esta especialidad se suelen emplear generalmente azufres brutos de segunda calidad, que son un poco más ricos en color. En cuanto á los aparatos trituradores que pueden emplearse, en el dia varían hasta el infinito; nosotros recomendamos el triturador Carr.

ÁCIDO SULFUROSO Y SULFITOS.

Propiedades y aplicaciones.—El ácido sulfuroso (SO^2), á la temperatura y presión ordinarias, es un gas incoloro, de olor picante, soluble en el agua, en la proporción de 44 volúmenes del gas por 1 de agua á 18° , y más soluble aún en el espíritu de vino. El siguiente estado expresa la riqueza de las disoluciones acuosas de ácido sulfuroso correspondientes á diferentes densidades, según Anthon, y á la temperatura de 15° :

Densidad.	SO^2 por 100.	Densidad.	SO^2 por 100.
1.046	9,54	1.020	4,77
1.036	8,59	1.016	3,82
1.031	7,63	1.013	2,86
1.027	6,68	1.009	1,90
1.023	5,72	1.005	0,95

El ácido sulfuroso tiene muchas é importantes aplicaciones industriales. Empléase en la fabricación del ácido sulfúrico y de algunas sales de verdadero interés industrial, como el sulfito de sosa y el bisulfito de cal; en la fabricación del papel se suele usar como anticloro; en la fabricación de ciertas preparaciones de la rubia; y de algún tiempo á esta parte, en la del sulfato de amonio con la orina; para disgregar las pizarras aluminosas destinadas á la fabricación del alumbre; en la extracción del cobre de algunos minerales; como agente anti-

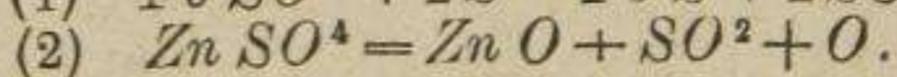
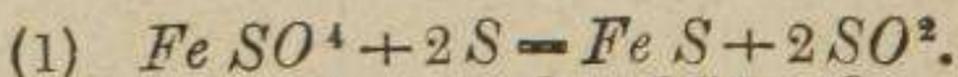
séptico en la conservacion del vino y de ciertas sustancias alimenticias; como desinfectante y para el blanqueo de las fibras animales y otras sustancias del mismo reino, y otras vegetales como el mimbre, tejidos de paja, goma arábiga, etc. Debemos señalar, por último, entre otras muchas aplicaciones que no enumeramos, dos especiales y de invencion reciente: la estincion de los fuegos, y la preparacion de una disolucion de glicerina saturada del ácido sulfuroso, que se conoce en el comercio con el nombre de *ascolina*, y que es una forma muy conveniente bajo la cual aquel ácido puede ser empleado como agente de conservacion y de desinfeccion.

Fabricacion del ácido sulfuroso.—Tres métodos conoce la industria para la preparacion del ácido sulfuroso (SO^2) ó de su hidrato (H^2SO^3): 1.º por oxidacion del azufre; 2.º por reduccion del ácido sulfúrico; 3.º combinando los dos anteriores.

El primer procedimiento se aplica tanto al azufre aislado, como á las piritas, ó á ciertos residuos sulfurosos, y se verifica la oxidacion generalmente por el contacto con el aire; pero otras veces, se oxida el azufre por medio de un óxido metálico. Ningun medio es tan ventajoso como el que consiste en la tostacion de los sulfuros metálicos ó piritas con un objeto metalúrgico; sin embargo, este recurso, que es de gran importancia cuando se trata de aplicar el gas sulfuroso á la fabricacion del ácido sulfúrico, no puede aceptarse si se le va á aplicar al

azufrado de lúpulo, del vino, ó de otra sustancia alimenticia, porque el ácido en cuestion está siempre ó casi siempre mezclado con ácido arsenioso. En cuanto á la fabricacion del ácido sulfuroso por medio del azufre y un óxido metálico, no puede verificarse con ventaja más que en ciertas circunstancias. Para el efecto, se emplea el peróxido de manganeso ó el óxido de cobre: el primero oxida, segun las proporciones en que se mezclan las primeras materias, la mitad tan sólo del azufre empleado. Otras veces, se prepara el ácido sulfuroso calentando el sulfato de hierro con el azufre (1). El sulfato de zinc abandona, cuando se le calienta, ácido sulfuroso y oxígeno (2). Por último, la kieserita ($Mg SO^4 + H^2O$), mezclada con carbon, y calentando la mezcla, abandona todo su ácido sulfúrico al estado de ácido sulfuroso.

El segundo método de fabricacion del ácido sulfuroso hemos dicho que consiste en la reduccion del ácido sulfúrico. La reduccion se lleva á efecto calentando este último ácido con ciertos metales, como cobre, mercurio ó plata. Por punto general el ácido sulfuroso así obtenido, es sólo un producto secundario, y lo que en tal caso sucede,—suponiendo para fijar las ideas que la reduccion se haga con el cobre,— es que se forma principalmente sulfato de cobre, ácido



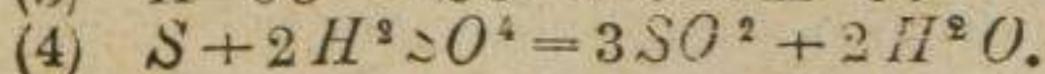
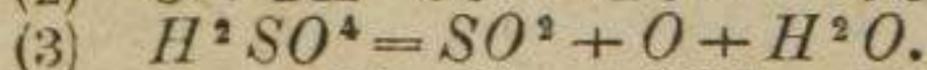
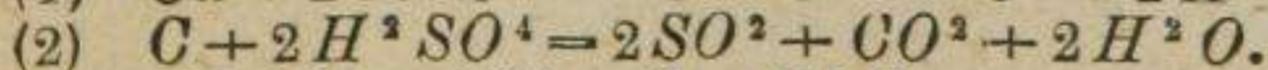
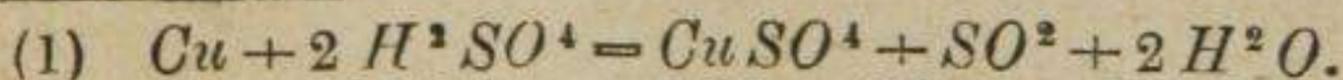
sulfuroso y agua (1), y una pequeña cantidad de sulfuro de cobre.

Cuando no haya inconveniente en que el ácido sulfuroso esté mezclado con el ácido carbónico ni con el óxido de carbono, se puede verificar la reducción del ácido sulfúrico mezclándole con carbon pulverizado, serin, etc. (2).

Si se someten al recalentamiento los vapores de ácido sulfúrico, se trasforman en ácido sulfuroso y oxígeno (3).

Por último, puede considerarse como un método combinado, ó sea el tercero de preparación del ácido sulfuroso, la reducción del ácido sulfúrico por el azufre (4). La reacción que en este caso se verifica, es, sin embargo, sumamente enérgica y difícil de regular, por fundirse el azufre á temperatura muy inferior á la que tiene lugar la expresada reacción; aparte de este defecto, presenta también el método que nos ocupa el de resultar el ácido sulfuroso mezclado con azufre que se solidifica en los tubos conductores y los obstruye.

Para la preparación del ácido sulfuroso por medio de la oxidación del azufre, puede emplearse cualquiera de los hornos que describiremos al hablar de la fabricación del ácido sulfúrico. Cuando se trate de la reducción del ácido sulfúrico por medio del cobre, carbon, etcétera, se acude con frecuencia á un aparato



especial del que vamos á dar una idea. En un recipiente redondo, de vidrio ó de grés, se introduce el ácido sulfúrico concentrado y el cuerpo reductor, cuyo recipiente á su vez se coloca dentro de otro de fundicion que hace las veces de baño de maría; el ácido sulfuroso que se desprende, merced á la accion del calor de un hogar inferior, pasa por un tubo de plomo que arranca de la boca del recipiente á recorrer varias bombonas, que hacen las veces de aparato Wolff, conteniendo agua ó disoluciones alcalinas, segun que se quiera obtener una disolucion de aquel ácido ó algun sulfito alcalino. Es muy conveniente dejar vacía la primera bombona para que sirva de aparato depurador. El líquido de las bombonas se extrae por medio de llaves dispuestas en su parte baja, y así que ha adquirido el grado de disolucion que se desea.

Algunos aconsejan que para la preparacion del ácido sulfuroso por medio de la combustion del azufre, se emplee una larga chimenea de palastro que determina un tiro y que conduce el gas sulfuroso al punto donde debe reaccionar.

Sulfito de cal. — El sulfito neutro de cal ($Ca SO^3 + H^2O$), que contiene 41 por 100 de ácido sulfuroso, es un compuesto que tiene bastante interés industrial, viniendo á ser, en último término, el ácido sulfuroso en estado de poderse trasportar fácilmente para ser aplicado en el momento y lugar que se desee, pues bastará tratar dicho sulfito por un ácido enérgico para

que deje en libertad al gas sulfuroso. Algunos aconsejan para esta aplicación el sulfito de barita, que se prepara de un modo análogo al de cal.

El sulfito de cal se prepara generalmente por uno de estos dos procedimientos: 1.º dirigiendo una corriente de ácido sulfuroso á una lechada de cal hasta que absorba ésta toda la cantidad necesaria de ácido, en cuyo caso se obtiene dicho sulfito en disolución y mezclado con cierta cantidad de bisulfito de cal; 2.º conduciendo la corriente del gas sulfuroso sobre la cal hidratada y en polvo. Es necesario que el ácido sulfuroso, ántes de entrar en las vasijas ó cámaras donde se encuentra la cal, pase por recipientes depuradores y lavadores donde pierda el ácido sulfúrico que pueda arrastrar y que siempre se forma, siquiera sea en pequeña cantidad, en el momento de quemarse ú oxidarse el azufre.

Importa poco que la cal esté algo carbonatada, porque el ácido sulfuroso descompone el carbonato de cal, pero es necesario,—cuando se emplea en forma pulverulenta y en cámaras,—que las capas de dicha cal sean de 7 á 8 centímetros de espesor. Para la hidratación de la cal es también muy conveniente que se empleen 18 partes de agua para 24 de cal viva, con el objeto de obtener un bihidrato de cal y no un monohidrato, porque en este caso se formaría un sulfito básico, no pudiéndose formar el neutro, que necesita 2 moléculas de agua. Anthon calculó, que para obtener el sulfito neutro de

cal, deben emplearse 28 de cal, 18 de agua y 32 de ácido sulfuroso considerado anhidro. Débese, por último, evitar que la hidratación de la cal no destruya la forma pulverulenta de la misma, porque el exceso de agua haría que el sulfito resultara húmedo, y en este caso se tendría que secar para embalarlo y se alteraría la buena calidad del producto.

La duración de la operación es, naturalmente, proporcional al espesor de la capa de cal; cuando sea el que ántes hemos fijado, bastan de cuatro á ocho horas. Y se conoce que la saturación ha terminado, en que cesa el desarrollo de calor y no aumenta más el tinte amarillo que la cal adquiere al sulfurarse. Si se toma una muestra, se agita con fuerza en un frasco de vidrio, y no queda manifiesto el olor del ácido sulfuroso, será señal de que la cal no ha recibido el suficiente para saturarse.

Algunos fabricantes producen la saturación del hidrato de cal pulverulento, introduciéndolo en cilindros de madera que se mantienen en continuo movimiento giratorio al rededor de su eje, mientras entra en su interior el gas sulfuroso. De esta manera la operación es más rápida, por la constante renovación del contacto de la cal hidratada con dicho gas.

Bisulfito de sosa. — El bisulfito de sosa ($NaHSO_3$) se emplea mucho de algun tiempo á esta parte en vez del hiposulfito, como anti-cloro y para el blanqueo de la lana. Tambien se suele emplear en la conservación del vino, cerveza y otras sustancias alimenticias.

Para fabricar el bisulfito de sosa, se satura en caliente una disolución de carbonato sódico por el ácido sulfuroso, dejando cristalizar el líquido en un paraje frío, lo que verifica en prismas brillantes que pierden fácilmente el gas sulfuroso, oxidándose más rápidamente al aire que el sulfito neutro.

Hiposulfito de cal. — El hiposulfito de cal (S^2CaO^3) tiene cierta importancia industrial, porque se emplea en la fabricación del cinabrio de antimonio, color de mucho aprecio en pintura. Para prepararlo se hierve una lechada de cal con un exceso de azufre, y se filtra. La disolución contiene polisulfuro de calcio con una tenue cantidad de oxisulfuro. Esta disolución se pone en unas vasijas cerradas provistas de agitadores y dispuestas escalonadas, las cuales comunican entre sí por medio de un tubo. El gas ácido sulfuroso que penetra en estas vasijas, encuentra en forma de lluvia la disolución, reacciona sobre el polisulfuro de calcio y engendra el hiposulfito de cal.

Townsend y Walker han sacado partido del residuo de la fabricación de la sosa para obtener el hiposulfito de cal á bajo precio, partiendo del hecho de que dicho residuo contiene sulfuro y oxisulfuro de cal que, por su exposición al aire, se oxidan y dan origen á hiposulfito y sulfito. Expuesto al aire el sulfuro, en estado de humedad y amontonado, se tiene á los pocos días cierta cantidad de sulfito y de hiposulfito, dándose por terminada la oxidación cuando no se encuentra más que sulfito. Es pre-

ciso remover la materia de vez en cuando con el objeto de renovar la superficie, y regarla con agua ó con una disolucion de sulfuro de calcio, continuando de este modo hasta que el sulfuro se haya casi trasformado por completo. En tal estado, lejiviando la masa, se obtiene una disolucion en que predomina el sulfito, y en la que hay un poco de hiposulfito; pero si la oxidacion no se lleva tan adelante, la disolucion se presenta colorada en amarillo y contiene hiposulfito, sulfito y sulfuro de calcio. Para completar la oxidacion del sulfuro se hace caer el líquido por un largo tubo ó una especie de torre llena de pedazos de cok, como las empleadas en la condensacion del ácido clorhídrico, haciendo llegar al mismo tiempo una corriente de aire ascendente, introducida por una abertura en la parte baja del tubo. Si en una operacion no resulta perfecta la oxidacion, se repite otra vez, y para ayudarla se calienta la disolucion inyectando vapor de agua.

Cuando la disolucion contenga mucho hiposulfito y sulfito de cal ya formados, mezclados con una pequeña cantidad de sulfuro de calcio, se podrá descomponer éste añadiendo un poco de ácido sulfúrico ó clorhídrico, ó una disolucion de sal de hierro, de manganeso, de zinc, de cobre ó de alúmina. En ambos casos se forma, por la descomposicion del sulfuro, un precipitado que se deja depositar, decantando el líquido claro, que se transforma despues en hiposulfito y sulfito de sosa, añadiendo una disolucion de sulfato de sosa de 1,18 de

densidad, mientras se observe que se forma precipitado. Este contiene, además del sulfato de cal, 2 á 5 por 100 de sulfito y de hiposulfito terroso; y cuando se hace secar á 100°, constituye el producto conocido con el nombre de *anticloro precipitado*, que se emplea en la fabricación del papel.

El líquido que sobrenada á dicho precipitado se concentra hasta que marque 1,40 de densidad, para que dé sulfito é hiposulfito de sosa cristalizado, ó hasta la de 1,65 para obtener una masa sólida despues del enfriamiento.

Si se quisiera hiposulfito y sulfito de magnesia, de potasa, ó de amonio en vez del de sosa, como anteriormente, se emplean para decomponer la disolucion del sulfuro de calcio oxidado, sulfatos de dichas bases, y en el líquido que sobrenada al precipitado, se tendrán las sales deseadas.

Evaporando hasta sequedad la disolucion de sulfuro de calcio oxidado, se obtendrá como residuo al hiposulfito y sulfito á base de cal, que podrá emplearse como anticloro segun ántes hemos dicho.

Hiposulfito de sosa.—El hiposulfito de sosa ($S^2 Na^2 O^3 + 5 H^2 O$) se prepara segun Anthon, mezclando 4 partes de sulfato de sosa calcinado con 1 á 1 $\frac{1}{2}$ parte de carbon vegetal, humedeciendo la mezcla y poniéndola durante seis á ocho horas al calor rojo en un crisol ó vasija de hierro. La masa que resulta se divide en pedazos y se expone, despues de humedecida con agua, y en capas delgadas, á la accion del áci-

do sulfuroso. La disolucion acuosa filtrada se hace evaporar y cristalizar.

El procedimiento más sencillo consiste en disolver en caliente azufre en el sulfito neutro de sosa, filtrando y haciendo cristalizar. Fleck aconseja que se introduzca en una disolucion de polisulfuro de sodio el producto de la tostacion de una mezcla de azufre y carbonato de sosa; la disolucion se concentra, por cuyo medio cristaliza el sulfato, y el hiposulfito se acumula en las aguas madres. Tambien se puede descomponer por el carbonato de sosa el hiposulfito de cal contenido en los residuos de la sosa y en la masa procedente de la depuracion del gas de hulla. Segun Schaffner, se prepara primero el hiposulfito de cal, haciendo reaccionar el ácido sulfuroso sobre el sulfuro de cal, residuo de la lejiviacion de la sosa bruta, y se descompone la sal calcárea obtenida de este modo por una disolucion de sulfato de sosa; precipítase sulfato de cal, y queda disuelto el hiposulfito. Por último, de algun tiempo á esta parte se trasforma en hiposulfito de sosa, por ebullicion con una lejía de sosa, el ácido pentatiónico ($S^5 O^5, H^2 O$) que se forma en gran cantidad cuando se hace reaccionar el hidrógeno sulfurado sobre el ácido sulfuroso para preparar el azufre.

El consumo del hiposulfito de sosa es muy considerable en la actualidad por tener muchas aplicaciones: en la fotografía, en la hidrometalúrgia de la plata, en la clorometría y en los procedimientos iodométricos, en la extraccion del cobre, en la preparacion de los cinabrios

de mercurio y de antimonio, en la sal verde al aldheido y en otras varias. Una sola fábrica dirigida por Schaffner, en Aussig, fabrica 300.000 kilogramos al año.

Hé aquí, para terminar, un estado que expresa la riqueza de las disoluciones acuosas de hiposulfito de sosa, considerado bajo la fórmula $S^2 O^3 Na^2 + 5 H^2 O$, á la temperatura de 19° , segun Schiff:

Densidad.	Sal %.	Densidad.	Sal %.	Densidad.	Sal %.
1,0105....	2	1,1057....	20	1,2172....	38
1,0211....	4	1,1204....	22	1,2297....	40
1,0317....	6	1,1322....	24	1,2427....	42
1,0423....	8	1,1440....	26	1,2558....	44
1,0529....	10	1,1558....	28	1,2690....	46
1,0639....	12	1,1676....	30	1,2822....	48
1,0751....	14	1,1800....	32	1,2954....	50
1,0862....	16	1,1924....	34		
1,0975....	18	1,2048....	36		

ÁCIDO SULFÚRICO.

Propiedades y aplicaciones.—El ácido sulfúrico se presenta en el comercio de dos suertes distintas, llamada la una ácido sulfúrico fumante, de Nordhausen y tambien aceite de vitriolo, y la otra ácido sulfúrico inglés ú ordinario. Ante todo nos ocuparemos de este último, que es infinitamente más importante que el primero, reservándonos hablar de éste á lo último.

El ácido sulfúrico inglés está compuesto de 81,54 partes de ácido anhidro y 18,46 de agua por 100, siendo un monohidrato ($H^2 SO^4$.) Cuando es puro forma un líquido incoloro,

pero esto no sucede con el ácido industrial, que siempre contiene un poco de color amarillento ó parduzco, debido á las partículas orgánicas que caen sobre él y son carbonizadas en virtud de la gran afinidad que dicho ácido tiene para con el agua. No da humos al aire, como sucede con el de Nordhausen. Su densidad ó peso específico es de 1.857, segun Kolb, y de 1.854 segun Marignac, y su consistencia espesa y oleaginosa. Es tanta su higroscopicidad, que puede absorber hasta quince veces su volúmen de agua. Á la temperatura ordinaria es el ácido volátil más enérgico que se conoce. Cuando está muy concentrado hierve á 338°.

Hé aquí un estado, debido al Sr. Kolb, que indica la riqueza de las disoluciones acuosas del ácido sulfúrico á la temperatura de 15°.

Grados Beaumé.	Densidad.	100 partes contienen				1 litro contiene en kilogramos			
		Acido anhidro.	H^2SO^4	Acido á 60°.	Acido á 53°.	Acido anhidro.	H^2SO^4	Acido á 60°.	Acido á 53°.
0	1,000	0,7	0,9	1,2	1,3	0,007	0,009	0,012	0,013
1	1,007	1,5	1,9	2,4	2,8	0,015	0,019	0,024	0,028
2	1,014	2,3	2,8	3,6	4,2	0,023	0,028	0,036	0,042
3	1,022	3,1	3,8	4,9	5,7	0,032	0,039	0,050	0,058
4	1,029	3,9	4,8	6,1	7,2	0,040	0,049	0,063	0,074
5	1,037	4,7	5,8	7,4	8,7	0,049	0,060	0,077	0,090
6	1,045	5,6	6,8	8,6	10,2	0,059	0,071	0,091	0,107
7	1,052	6,4	7,8	10,0	11,7	0,067	0,082	0,105	0,123
8	1,060	7,2	8,8	11,3	13,1	0,076	0,105	0,120	0,139
9	1,067	8,0	9,8	12,6	14,6	0,085	0,093	0,134	0,156
10	1,075	8,8	10,8	13,8	16,1	0,095	0,116	0,148	0,173
11	1,083	9,7	11,9	15,2	17,8	0,105	0,129	0,165	0,193
12	1,091	10,6	13,0	16,7	19,4	0,116	0,142	0,182	0,211
13	1,100	11,5	14,1	18,1	21,0	0,126	0,155	0,199	0,231
14	1,108	12,4	15,2	19,5	22,7	0,137	0,169	0,216	0,251
15	1,116	13,2	16,2	20,7	24,2	0,147	0,181	0,231	0,270
16	1,125	14,1	17,3	22,2	25,8	0,159	0,195	0,250	0,290
17	1,134	15,1	18,5	23,7	27,6	0,172	0,210	0,269	0,313

Se ha dicho, y con razon, que el ácido sulfúrico es en la industria Química lo que el hierro en la Mecánica; y hasta se ha querido juzgar del grado de adelanto industrial de un país por la cantidad de aquel ácido que consume. En esto último podrá haber exageracion, pero es indudable que la importancia industrial del ácido sulfúrico ordinario es inmensa, mayor, por supuesto, que la de cualquiera otro producto químico. Renunciamos á enumerar las aplicaciones del ácido que nos ocupa, porque tendríamos que hacer poco ménos que un catálogo de todas las industrias químicas. Basten, por lo demas, para dar una idea de la importancia de este ácido, las siguientes cifras que expresan las cantidades fabricadas en el año 1875 en los países que se expresan:

Inglaterra.....	500.000.000	kilógramos.
Francia.....	150.000.000	—
Alemania.....	106.250.000	—
Bélgica.....	30.000.000	—
Austria-Hungría.....	40.000.000	—
Otros países.....	15.000.000	—

Total..... 841.250.000 kilógramos.

Cámaras de plomo.—Cuando en determinadas circunstancias y con ciertas precauciones, que iremos pronto dando á conocer, se ponen en contacto el ácido sulfuroso, ácido nítrico ó nitroso y aire atmosférico y vapor de agua, se forma ácido sulfúrico. Las reacciones que en este caso se verifican, y que en la práctica industrial tienen lugar dentro de grandes cámaras de plomo, á donde concurren todos los agentes

indicados, pueden considerarse las siguientes:

1.^a El ácido sulfuroso se oxida especialmente por la acción del oxígeno del ácido nitroso, en presencia del vapor de agua, reduciéndose este último por tal motivo á bióxido de nitrógeno. El ácido nitroso produce la oxidación tan pronto como ha sido absorbido por el agua en exceso, verificándose la disolución de dicho ácido que encuentra libre en la cámara de plomo ó por descomposición del ácido hiponítrico por aquella agua. Este líquido dispone en el caso presente á la formación del ácido sulfúrico, como en las otras reducciones producidas por el ácido sulfuroso.

2.^a En presencia del oxígeno del aire atmosférico, el bióxido de nitrógeno se convierte en ácido hiponítrico. Por la acción recíproca de este último y del ácido sulfuroso, bajo la influencia siempre del vapor de agua, se forma una combinación de ácidos sulfúrico y nítrico que cae al fondo de la cámara de plomo, en forma de neblina blanca, llega á ponerse en contacto con el ácido caliente de dicha cámara y se disuelve, al mismo tiempo que queda libre y bajo la forma gaseosa el ácido nitroso.

3.^a El ácido hiponítrico, formado á expensas de este último, se descompone despues, y si se hace llegar el ácido sulfuroso bajo la forma de corriente continua, se irá formando el ácido sulfúrico sin interrupción (1).

La figura 1.^a representa el conjunto de las

(1) Segun Wagner, las reacciones de la cámara de

cámaras de plomo donde, como acabamos de decir, tienen lugar las reacciones que engendran el ácido sulfúrico. Las cámaras de plomo, ó, por mejor decir, el conjunto de aparatos que sirven para la fabricacion del expresado ácido, consta: 1.º De un horno *F* donde se produce el ácido sulfuroso, el cual se desprende por el tubo *T* arrastrando el ácido nítrico y los vapores nitrosos que se desprenden del mismo horno, en el caso que representa la figura, pero que pueden proceder de otros puntos segun veremos despues: 2.º Un aparato *C* lleno de pedazos de cok, donde circula una corriente de ácido sulfúrico nitroso de arriba abajo. 3.º Una série de cámaras de plomo *A*, *A'* *A''* en las que se verifica propiamente la trasformacion del ácido sulfuroso en sulfúrico en presencia de los agentes ántes indicados. 4.º Otro gran aparato *K*, llamado condensador de Gay-Lussac, por donde circula de arriba abajo una corriente de ácido sulfúrico á 66º Baumé, destinado á retener los ácidos hiponítrico y nitroso de los gases procedentes de la última cámara ántes de que salgan al aire libre. Antes de los importantes trabajos de Winkler, se creia que en el expresado con-

plomo pueden representarse por las siguientes ecuaciones:

- a. $N^2O^4 + H^2SO^5 = (H^2SO^4 + N^2O^3);$
- b. $(H^2SO^4 + N^2O^5) + 3H^2O = (H^2SO^4 + 3H^2O) + N^2O^3;$
- c. $N^2O^5 + SO^2 + 4H^2O = (H^2SO^4 + 3H^2O) + 2NO;$
- d. $2NO + 2O = N^2O^4, \text{ etc.}$

densador quedaba también retenido el bióxido de nitrógeno.

Para la producción del gas ácido sulfuroso puede emplearse el azufre ó las piritas. En el primer caso se emplean hornos como el representado en la figura con la letra *F*, ó en otros análogos. Este horno está construido de manera que puede regularse perfectamente la entrada del aire. A veces, sobre el horno va montado el generador de vapor, y otras, las calderas de concentración del ácido débil procedente de las cámaras, con el objeto de aprovechar mejor el calor de dicho horno, y conseguir otras ventajas en la marcha de las cámaras.

El azufre se carga á intervalos regulares y por pequeñas porciones, procurando evitar su destilación por el excesivo calentamiento de la plaza del horno, cosa que puede conseguirse con facilidad guardando las debidas precauciones al hacer las cargas y regulando la entrada del aire.

En el caso que representa la figura, se forman los vapores nitrosos en el mismo horno de combustión del azufre, y al efecto se introducen en él marmitas de fundición que se colocan sobre piés, cargadas de nitrato de sosa y ácido sulfúrico de 52° *B.*; bajo la influencia del calor desarrollado por dicha combustión se desprenden vapores de ácidos hiponítrico y nítrico que, como hemos dicho, suben por el tubo *T* mezclados con el gas sulfuroso.

Con el objeto de obtener una producción regular de ácido sulfuroso, ha imaginado Blair

un horno dividido en tres compartimientos: en el primero se convierte el azufre en vapores por la combustion incompleta del mismo, los cuales son quemados en el segundo, y estando reservado el tercero para la descomposicion del nitrato de sodio mediante la accion del ácido sulfúrico. Los tres compartimientos están dispuestos uno encima de otro, y cada uno de estos hornos puede reemplazar á doce de los ordinarios, por lo que se suelen emplear con ventaja en las grandes fábricas.

Algunos fabricantes emplean en lugar de las marmitas para la produccion de los vapores nitrosos, unas cajas de fundicion de fondo plano y bombeado que corren sobre rails, por cuyo medio la carga del nitrato de sosa y ácido sulfúrico se efectúa con gran facilidad. En general, por cada 100 partes de azufre, se toman 6 ú 8 de nitrato de sodio.

En los hornos se quemañ ordinariamente de 50 á 70 kilogramos de azufre por metro cuadrado de superficie de plaza en veinte y cuatro horas. Para los pequeños sistemas de cámaras de plomo de 1.000 metros cúbicos de cabida, se queman 600 kilogramos de azufre, ó sea $0,^{ks} 6$ por metro cúbico, en igual tiempo. Para los sistemas mayores, se aumenta dicha cantidad de azufre proporcionalmente al volúmen de las cámaras de plomo.

La tendencia de la moderna fabricacion del ácido sulfúrico, es reemplazar el azufre por las piritas en la preparacion del ácido sulfuroso. Los primeros hornos empleados con el objeto de

quemar las piritas, que son los llamados *kilns* en Inglaterra, eran de sección cuadrada ó rectangular, sin rejilla y de piso inclinado. Estos hornos presentaban en su pared anterior cinco aberturas, provistas de registros, y dispuestas verticalmente unas sobre otras; la inferior servía para extraer la pirita tostada, y las otras cuatro para la entrada del aire en el horno y para las necesarias manipulaciones del mineral que debía descender con regularidad. En cuanto á las piritas frescas, se introducían por una abertura practicada en la bóveda del horno. Generalmente se combinaban seis *kilns*, cuyo ácido sulfuroso se reunía en un canal común, donde se desprendían los vapores nitrosos de las marmitas colocadas allí al efecto, y aquel y estos mezclados marchaban á las cámaras de plomo.

Los modernos *kilns* son más anchos y bajos que los primitivos, y están provistos de rejillas que presentan gran superficie. Estas rejillas son de barrotes que pueden moverse por medio de una llave; la distancia entre estos barrotes es muy variable, así como el número de cargas, según las fábricas y la naturaleza de los sulfuros; así se tiene que, mientras en unos cada tres horas se hace una carga, en otros se hace de doce en doce horas.

Uno de los progresos más notables introducidos en la disposición de los hornos para quemar las piritas, es el que consiste en poderlas tostar en polvo, en cuyo estado no servían antes. En todos estos hornos modernos el prin-

cipio es el mismo, y consiste en la desulfuración de la pirita en polvo por el calor desprendido por la combustión del azufre en pedazos.

Entre los varios hornos que pudiéramos describir y aún recomendar para la tostación de las piritas, lo haremos de uno sólo, ya que la índole del presente manual no nos permite otra cosa. La figura 2.^a representa uno de estos hornos llamado horno Gerstenhoefer, del nombre de su inventor. Hé aquí su descripción:

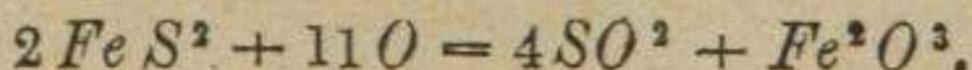
AA, caja de hierro fundido y distribuidor de la pirita en polvo.—*BB*, prisma de tierra refractaria que permite la distribución de la pirita á derecha y á izquierda.—*cccc*, barras prismáticas de tierra refractaria, dispuestas de modo que los huecos de una serie se encuentran cubiertos por las barras de la serie inmediata superior.—*DD*, colector donde llega el mineral después de haber atravesado todos los huecos que dejan los barrotes *cccc*.—*EE*, hogar que se carga de combustible para hacer funcionar el aparato y calentar la masa al rojo blanco.—*ff*, tubos horizontales que conducen el gas á las cámaras de plomo.—*F*, tubo principal que conduce el gas á la cámara *G*, donde se deposita el polvo arrastrado.

En medio de las ventajas que presenta el empleo de las piritas para la producción del ácido sulfuroso, no debemos ocultar algunos inconvenientes que tiene dicho empleo. El volumen de gases de la combustión es mucho mayor que cuando se quema el azufre para el mismo objeto, lo cual es una consecuencia de

la oxidación del metal de las piritas, oxidación que produce un aumento en la cantidad de nitrógeno contenido en aquellos gases (1). Así es que mientras 1 kilogramo de azufre exige tan sólo para su transformación en ácido sulfúrico 5.275 litros de aire, la misma cantidad de azufre en forma de pirita necesita 6.595; y en la práctica se emplea aún mayor cantidad, que llega á 8.145 litros. La temperatura de combustión de la pirita para su transformación en ácido sulfuroso es igual á 2.588°. Los gases procedentes del horno contienen, además de dicho ácido, vapores de ácido sulfúrico anhídrido, y pasan, ántes de entrar en las cámaras de plomo, por cuatro cámaras especiales donde se despojan de los cuerpos arrastrados mecánicamente y de las sustancias volátiles más fácilmente condensables, tales como el óxido de hierro, selenio, combinaciones del talio, ácido arsenioso y otras; y aún cuando una gran parte del ácido arsenioso se deposita en las primeras cámaras, no es posible obtener con las piritas un ácido sulfúrico completamente libre de arsénico, por lo que hay necesidad de acudir al azufre ordinario cuando se quiera obtener aquel ácido desprovisto de dicho arsénico.

Si se quiere obtener en los hornos de piritas juntamente con el ácido sulfuroso los vapores nitrosos, se coloca la mezcla de nitrato sódico y

(1) Hé aquí la reacción en el caso de que se trate de la pirita de hierro:



ácido sulfúrico en marmitas ó crisoles, las cuales se disponen entre las rejillas móviles en que se verifica la combustion. Digamos, sin embargo, que generalmente se prefiere preparar aparte el ácido nítrico en aparatos especiales é introducirlo directamente al estado líquido en la cámara de plomo, según pronto veremos.

Volviendo á la figura 1.^a, y siguiendo el camino de la mezcla de ácido sulfuroso y vapores nitrosos, diremos que ésta sube por *T* para pasar á través de un refrigerante de madera *B*, lleno de agua fría, para bajar la temperatura de dicha mezcla, que no conviene sea muy alta al entrar en las cámaras de plomo. Cuando los hornos de azufre no llevan en su parte alta calderas de evaporacion, ni están seguidos de refrigerantes, ni de conductos de longitud calculada, los gases llegan á dichas cámaras con una temperatura de 100° á 130°; si tienen dichos hornos calderas y están seguidas de los expresados refrigerantes, es fácil hacer descender la temperatura de los gases hasta 40°, condicion eminentemente favorable á la fabricacion del ácido y á la conservacion de las cámaras.

Del refrigerante *B*, pasa la mezcla gaseosa á la parte baja *a* del aparato *G*, llamado condensador Gay-Lussac, y tambien denitrificador. Sobre la parte vacía del aparato, que está formado de placas de plomo y de grés, se encuentra una rejilla de hierro, forrada de plomo, debajo de la cual llegan los vapores, y sobre esta rejilla se encuentra la columna de cok en la que cae, como ya se ha indicado ántes, ácido sul-

fúrico nitroso, procedente de la condensación de los últimos productos de las cámaras. Este ácido, bajo la influencia de la presión del vapor, llega, como en un monta-jugos, del recipiente *J* al frasco de Mariotte *M*, de donde cae en una especie de tolva de báscula, y de ésta por un tubo penetra en la columna de cok, pero después de haber pasado por una especie de bolsa cerrada en su parte superior por una tapadera de cierre hidráulico, y terminada inferiormente por una regadera, para que se distribuya bien el ácido en lluvia fría sobre el cok. Como este ácido sulfúrico nitroso llega al contacto íntimo de los gases todavía calientes, abandona todos sus compuestos nitrosos bajo forma de vapores, que se mezclan con dichos gases, y esta mezcla entra por la abertura *m* en las cámaras de plomo. En cuanto al ácido sulfúrico, libre de vapores nitrosos, cae por un tubo inferior en la primera cámara.

El condensador ó denitrificador que acabamos de describir, ha sido más ó menos modificado, y hasta sustituido por otros aparatos completamente distintos; pero la mayor parte de aquellas y de estos han sido abandonados en vista de los malos ó poco ventajosos resultados que daban en la práctica. En cambio parece adquiere cada día más aceptación la llamada torre de Glover, que se coloca en vez de la columna de cok, entre el horno y la cámara,

La torre Glover, — que se emplea, además del caso presente, ó como denitrificadora, como

aparato de concentracion del ácido sulfúrico al salir de las cámaras de plomo, — permite utilizar los gases calientes de los hornos, y por consiguiente, economizar mucho combustible, presentando además la ventaja de poder separar del ácido sulfúrico nitroso la totalidad de los productos nitrosos, lo que era casi imposible conseguir en el aparato Gay-Lussac. Débese aquella separacion únicamente á la doble accion del ácido sulfuroso y del agua contenida en el ácido diluido de las cámaras, que se encuentra mezclado con el ácido sulfúrico nitroso.

La altura normal de una torre es de 7 á 8 metros, y su seccion puede ser redonda ó cuadrada. Está dividida en dos partes desiguales, separadas por una bóveda de piedra que resiste á los ácidos y llena de agujeros. La parte inferior, que tiene 1^m 5 de altura, está hueca y sirve para dividir igualmente los gases y recoger el ácido concentrado y denitrificado; la superior, cuyas paredes son ménos fuertes, está lleno de pedazos de bombonas de grés ó de tubos, sobre los que va una capa de 6 centímetros de pedazos de cok, del tamaño del puño. La torre se construye de ladrillos que resisten á los ácidos; los muros se revisten, en intervalos libres de 2 centímetros, de planchas de plomo soldadas. La altura que hemos señalado corresponde á un consumo de 140 quintales de pirita, de 48 por 100 de azufre, en veinte y cuatro horas, y los gases que atraviesan el aparato contienen de 7 á 8 por 100 de ácido sulfuroso. Las cámaras de plomo á que pertenece esta torre pueden

producir 190 quintales próximamente de ácido sulfúrico de $50^{\circ}B$. La concentración verificada por la torre es de 44,4 quintales de ácido concentrado de 49° á 60° en las veinte y cuatro horas; de suerte que resultan 12,20 quintales de agua evaporada, y una economía de 75 kilogramos de carbon.

La marcha del aparato es bien sencilla: el ácido sulfúrico nitroso procedente de la torre de Gay-Lussac se reparte por uno ó dos aparatos de oscilacion, ó por cualquier otro mecanismo á propósito, de un uso desigual sobre el cok; al bajar por el aparato encuentra los gases calientes, procedentes de los hornos de piritas; por la acción del ácido sulfuroso y del vapor de agua, desprendido por la concentración del ácido, se verifica primero la denitrificación, y en seguida la concentración por los gases, cada vez más calientes. El ácido que tenía 48° á $50^{\circ}B$. al entrar en la torre, sale con una concentración de 58° á 60° , y completamente libre de compuestos nitrosos; y mientras este ácido concentrado corre á la base del aparato, el ácido sulfuroso, cargado de vapores nitrosos y de vapor de agua, y en una pequeña cantidad de ácido sulfúrico arrastrado, escapa por la parte alta y entra en las cámaras con una temperatura de 60° á 70° . Hemos dicho ántes que la torre se coloca entre los hornos y las cámaras de plomo, y ahora debemos añadir que debe situarse lo más próxima posible á los primeros para que los gases conserven una temperatura bastante alta; pero cuando la naturaleza de las

piritas lo exija, se intercalará una cámara, en donde se depositarán las impurezas, pudiéndose también hacer los tubos bastante gruesos, aunque no debemos ocultar que, en ambos casos, se tendrá una pérdida de calor más ó menos considerable.

Ciertas piritas contienen selenio, y en este caso, la torre Glover presta también el importante servicio de privar al ácido de tan perjudicial metalóide. Este efecto se obtiene por la reducción del ácido selenioso por el sulfuroso (1), quedando el metalóide retenido en la torre y formándose ácido sulfúrico.

La utilidad de la torre de Glover se va reconociendo en todas partes donde se establece, á pesar de lo que se diga en contra de su empleo por algunos; y en cuanto al precio de la concentración, se le puede comparar al de las cubetas de plomo, que aprovechan el calor perdido del horno. Hay dos casos, sin embargo, en que no puede servir: si el ácido sulfúrico nitroso procedente de la torre de Gay-Lussac contiene impurezas extraídas del cok, como la temperatura del ácido en las torres de Glover no es bastante alta para quemar estas partículas orgánicas, queda aquel ácido de color pardo, coloración que no desaparece sino lentamente, cuando el cok haya servido varios meses. Podríase cargar el aparato Gay-Lussac con otra sustancia, pero ésta no es fácil de encontrar en condiciones tan ventajosas como el

(1) $SeO^2 + 2SO^2 = Se + 2SO^3$.

cok por su bajo precio, su porosidad y su resistencia á los ácidos. Si las piritas empleadas contienen muchas cenizas, se tendrá un ácido demasiado impuro, conteniendo mucho hierro.

Antiguamente se usaban varias cámaras de plomo, de diferentes dimensiones: la primera era la más grande, y á ella seguían otras más pequeñas que comunicaban entre sí por medio de tubos para la conducción de los gases; pero se ha visto que la condensación del ácido sulfúrico se verifica tan bien en una sola cámara como en varias, y de aquí que los sistemas que comprenden 3.000 y hasta 5.000 metros cúbicos de cámara, consisten en la actualidad y generalmente, en dos cámaras de iguales dimensiones, colocadas paralelamente una al lado de otra. También existen cámaras de plomo, únicas que tienen 100 metros de longitud por 6 de ancho y 6^m,50 de altura, y cuyo cubo es, por consiguiente, de 4.000 metros. La experiencia ha demostrado que la forma más ventajosa para las cámaras, tanto bajo el punto de vista de la construcción, como el de la fabricación del ácido, es el de un paralelepípedo cuyas bases están formadas por un cuadrado ó por un paralelógramo rectangular que se aproxima mucho á dicho cuadrado.

En ciertas fábricas se hacen pasar los gases, ántes de entrar en las cámaras de plomo, por las llamadas cámaras para el polvo, destinadas, como su nombre indica, á recoger y contener los polvos piritosos que acompañan á los gases al salir de los hornos. Estas cámaras para el

polvo se construyen de mampostería ó de plomo; en este último caso, el techo está cubierto de agua para favorecer el enfriamiento de los gases y proteger el plomo contra la acción de los mismos calientes. Cuando los conductos de los gases de los hornos á la cámara son muy largos, pues á veces tienen hasta 80 y 100 metros, se les da un ancho suficiente, 1 metro, por ejemplo, para que no se obstruyan por el polvo. Estos largos conductos suelen ser generalmente de fundición. La capacidad de las cámaras de plomo debe ser de 30 metros cúbicos por cada 20 kilogramos de azufre quemados en 24 horas, y producen por hora 2,5 kilogramos de ácido sulfúrico.

En la figura que nos viene sirviendo para esta descripción no hay más que una sola cámara dividida en tres compartimientos por medio de planchas de hierro *RR*, cuya parte inferior penetra en el ácido sulfúrico que recubre el piso de la cámara. La comunicación entre los compartimientos se verifica por medio de los tubos *t t'*. Los tubos *v v'* y *v''* inyectan en la cámara corrientes de vapor de agua que mezclan los gases, y al propio tiempo sirven para suministrar al ácido sulfúrico el agua que necesita. El Sr. Sprengel sustituye este vapor de agua por agua pulverizada, con lo cual se obtienen excelentes resultados y una notable economía de combustible. Esta pulverización del agua se produce por un chorro de vapor á dos atmósferas, que se lanza por una tubuladura de platino á través de una corriente de agua que

penetra en la cámara de plomo por un tubo que envuelve la tubuladora. Cualquiera que sea el modo de introducir el agua en las cámaras, se ha observado que los mejores resultados se obtienen cuando se trata de formar el hidrato $SO_3, 3H_2O$, cuya densidad es 1,55, próximamente, y para obtenerlo son necesarios por cada átomo de azufre 4 moléculas de agua, ó sea, por cada 32 partes en peso 72 de agua; de suerte, que se introducirá en las cámaras de plomo 2.250 gramos de agua por kilogramo de azufre, y con ello se obtendrá el expresado hidrato que disuelve ménos ácido nítrico que el ácido más diluido en agua, y descompone el compuesto cristalizabile de los ácidos nitroso y sulfúrico que pudiera formarse. A medida que la condensacion del ácido sulfúrico en las cámaras avanza, es preciso disminuir la admision del vapor, de modo que sea proporcional á la cantidad de ácido sulfuroso existente en los gases, en cualquier momento dado.

En el compartimiento del centro, que es el más grande de los tres, se forma la mayor parte del ácido sulfúrico, que se precipita sobre las paredes de la cámara, y se reúne sobre el fondo de ésta combinado con mucha agua. Los gases del último compartimiento, que sólo contienen una pequeñísima cantidad de ácido sulfuroso, y que están sobre todo compuestos de nitrógeno atmosférico y de vapores nitrosos, llegan por el tubo T' al depósito de plomo D , en el que se precipitan los últimos restos de ácido sulfúrico. En el trayecto de dicho tubo T' se encuen-

tra una mira *L*, por donde se puede observar el color de los gases. Del depósito *D*, pasan los gases por el tubo *T''* al condensador *K*, ideado por Lay-Lussac y Lacroix, en el que abandonan todas las combinaciones nitrosas. Este aparato está fundado en la solubilidad del ácido nitroso en el sulfúrico y en la producción de una combinación de los dos. Consiste el condensador en una columna de cok de 8 á 10 metros de altura sobre la cual llega, por medio de una tolva oscilatoria, el ácido sulfúrico de 62° á 64° *B.*, suministrado por el frasco de Mariotte *M'*. El ácido sulfúrico quita á los gases todo el ácido nitroso y pasa por el tubo de plomo *hh* al depósito *J*, desde donde, merced á la presión del vapor, puede el ácido ser dirigido por *h'* al frasco de Mariotte *M''*. Por último, el tubo *T'''* conduce el gas á la chimenea de la fábrica.

El condensador de Gay-Lussac suele ser sustituido por la disposición siguiente: Los gases de la última cámara de plomo son conducidos por un tubo á un refrigerante, donde abandonan la mayor parte de los productos condensables, y pasan en seguida por una serie de bombonas que comunican entre sí y contienen ácido sulfúrico de 60° á 62° *B.*, que absorbe el ácido hiponítrico, mientras que los otros gases se escapan por la chimenea. Con el objeto de que la condensación de los vapores sea todo lo más completa posible, se disponen también á veces, entre las últimas bombonas y la chimenea, dos columnas llenas de cok ó de piedras silíceas,

sobre las que cae continuamente una corriente de ácido sulfúrico de $60^{\circ} B$.

En gran número de fábricas se prefiere, al procedimiento que hemos expuesto antes de preparación de los vapores nitrosos, preparar el ácido nítrico en aparatos especiales, é introducirlo directamente al estado líquido en la misma cámara de plomo. De este modo se evita la formación en los conductos de los gases y en los hornos, de grandes cantidades de ácido sulfúrico, cuyo contacto deteriora rápidamente los materiales que entran en la construcción de estos aparatos. Para esta introducción directa se aplican varios medios, de los que vamos á dar una idea de los más principales.

Consiste uno de estos medios en hacer correr el ácido nítrico por medio de un sifón que atraviesa las paredes de la cámara por una serie de terrinas de grés, dispuestas en cascada en dicha cámara sobre un soporte de ladrillos silícicos, inalterables por el ácido. El líquido cae desde luego en la vasija más elevada, de ésta corre á la segunda, y así sucesivamente hasta la última. Por este medio se obtiene una corriente de ácido sensiblemente constante.

Otro sistema consiste en el empleo de cubetas de vidrio en vez de las terrinas interiores. Estas cubetas presentan mayor superficie á la acción de los gases teniendo el líquido una pequeña altura. Sus dimensiones son: 1 metro de longitud y $0^m,20$ de ancho, disminuyendo su altura de la parte posterior á la delantera, de modo que corra el líquido por derrame de una

á otra cubeta. El número de éstas que se suele emplear, es de 20 á 80 para una cámara, segun el volúmen de ésta y la cantidad de ácido nítrico que haya que introducir. Estas cubetas se colocan sobre ladrillos barnizados.

Un tercer sistema, consta de torres de grés formadas de varias piezas, cada una de las cuales es un plato con pico y un pié cilíndrico, hueco y con varios agujeros. Colocadas unas sobre otras varias de estas piezas, que van siendo cada vez menores á medida que están más altas, se obtiene una especie de torre, á cuya parte superior llega el ácido nítrico que baja sucesivamente de plato en plato.

Cualquiera que sea el sistema empleado, es preciso que el líquido que corre por la parte inferior de estos aparatos no contenga ácido nítrico sin descomponer; si tuviese, sería indispensable aumentar el número de terrinas, de cubetas ó de platos.

El Sr. Nobel ha obtenido privilegio en Inglaterra, por un procedimiento para introducir en la cámara de plomo el ácido nítrico concentrado bajo la forma pulverulenta, como hemos dicho para el agua.

A pesar de todo, el ácido nítrico se introduce las más de las veces en estado gaseoso en las cámaras de plomo, descomponiendo, como hemos explicado, el nitrato de sosa por el ácido sulfúrico dentro de una marmita de hierro, procurando que dicho ácido tenga 60° *B* para que el hierro no sea atacado prontamente. Sin embargo, se va abandonando el uso de colocar

estas vasijas en los mismos hornos, porque la descomposicion se verifica en tal caso con demasiada rapidez. En Inglaterra se las coloca á dichas vasijas en un pequeño horno especial ó en los conductos de los gases; se las da de una vez toda la carga de nitrato de sosa, y el ácido se va añadiendo poco á poco por una especie de sifon de cierre hidráulico; una varilla de hierro sirve para agitar la mezcla sin que puedan escaparse los gases.

La introduccion directa del ácido nítrico en las cámaras es indispensable, cuando se emplea la torre de Glover para la descomposicion del ácido sulfúrico nítrico; por este motivo, en las fábricas en que el ácido nítrico se obtiene por la descomposicion del nitrato de sosa en los hornos de azufre ó de piritita, estos se dividen en dos grupos: uno que suministra, además del ácido sulfuroso, el nítrico, y comunica directamente con las cámaras de plomo; mientras que en el otro grupo no se produce más que el ácido sulfuroso que se dirige á la expresada torre, y se emplea en la denitrificacion.

El Sr. Bode propone algunas materias como capaces de reemplazar el nitrato de sosa, las cuales no son otra cosa que los residuos de otras fabricaciones. Así, por ejemplo, en las fábricas de anilina, se obtiene el ácido sulfúrico concentrado, cargado de ácido nítrico; en las de nitroglicerina, queda un ácido muy cargado de derivados nítricos. La regeneracion puede hacerse tambien en las torres de Glover como en los denitrificadores.

Para conocer el grado de concentracion del ácido que se va formando en las cámaras, y poder regular la marcha de las mismas, se puede recurrir á varios medios. Si se tienen dos cámaras solamente, por ejemplo, el grado del ácido de la segunda difiere poca cosa del de la primera, y hasta suele ser el mismo á veces. En este caso se puede ver el ácido en cualquiera de las dos cámaras y medir su graduacion por el areómetro. Cuando se tienen varias cámaras, y sus dimensiones no son considerables, basta recoger el ácido que se condensa en los tubos de comunicacion, y que representa el término medio del que la atmósfera gaseosa puede suministrar. Para poderlo recoger, los tubos de comunicacion están provistos en su parte inferior de un pequeño agujero, al que está soldado un tubo de plomo que sumerge en una probeta en la que se encuentra un areómetro, que indicará las fluctuaciones en la densidad del líquido constantemente renovado.

En las modernas cámaras de plomo, que son más grandes, ha sido preciso recurrir á otros medios. El más sencillo y más empleado es el que indica la fig. 3.^a Sobre la pared de la cámara de plomo está soldada una canal *A*, á la que se da más ó ménos longitud. Esta canal recoge todo el ácido que se condensa sobre la parte de pared que se encuentra sobre ella; el ácido corre por *A'*, fuera de la cámara á una probeta *B*, en donde un areómetro *C* introducido en el líquido, indica el grado, volviendo el ácido á la cámara otra vez por el tubo *d*.

Para obtener una representación lo más exacta posible de la condensación que se verifica en la cámara, se tiene cuidado de multiplicar el número de estas goteras.

Para terminar todo lo referente á las cámaras de plomo, vamos á decir dos palabras sobre un método de fabricación del ácido sulfúrico propuesto por el Sr. Hemptinne. El antiguo principio, es decir, la transformación del ácido sulfuroso en sulfúrico, por medio del nítrico ó de sus derivados, en presencia del agua, subsiste en el nuevo procedimiento; pero el inventor ha tratado de reducir el volúmen de las cámaras de plomo.

El Sr. Hemptinne hace atravesar el ácido sulfuroso, obtenido por la combustión de las piritas, por dos cámaras concéntricas para que se depositen las impurezas que acompañan el gas. La parte alta de las cámaras está ocupada por una cubeta, en donde se hace la concentración y la denitrificación del ácido. Esta cubeta es de palastro, forrada de plomo; el fondo está atravesado por cien tubos también de plomo, de un metro de longitud y 50 centímetros de diámetro. En cada tubo está colgado otro más delgado, cuyo extremo inferior está abierto, poco más ó menos como en los tubos de vapor de la caldera del sistema Field. Este segundo tubo desemboca á 10 centímetros de distancia del fondo, y sirve para alimentar el primero de ácido débil. Por este sistema, se establece una corriente rápida del ácido en estos tubos, y se concentra á 61° B. Para denitrificarlo, es preciso

recubrir la cubeta y, por un tubo de plomo, se aspira el ácido sulfuroso que ya habia entrado en la cámara; en seguida cuatro calderas de dos metros cada una de longitud por un metro 20 de ancho, bastan para concentrar á 62° *B.* la cantidad de ácido sulfúrico correspondiente á 3.000 kilogramos de ácido monohidratado, en veinte y cuatro horas, y consumiendo 500 kilogramos de hulla.

Al hablar de las cámaras de plomo ya dijimos que en algunas fábricas se valen para esta primera concentracion del ácido sulfúrico, del calor producido por la combustion de las piritas, empleando al efecto la torre de Glower, ó colocando sobre los hornos calderas de plomo. No debemos dejar de decir, sin embargo, que las calderas montadas sobre los hornos tienen el inconveniente, si no están bien construidas, de dejar escurrir el ácido, que deteriora dichos hornos. Por este motivo, es más conveniente situar estas calderas detrás de los hornos, y al mismo tiempo construir un segundo conducto que pone el horno en comunicacion con la cámara, de suerte que en el caso de que ocurra en aquellas algun accidente, y se haga preciso hacer reparaciones en las mismas, se puede continuar sin obstáculo la fabricacion del ácido sulfúrico.

La evaporacion al vapor se extiende más cada dia por las ventajas que presenta. En efecto, como la operacion se verifica á baja temperatura, no se volatiliza ácido sulfúrico, obteniéndose una gran economía de combustible y mano de obra. Para aplicar este medio á la concentra-

cion del ácido se dispone, dentro de una caja de madera forrada de plomo, de 4 metros de longitud por otro tanto de ancho, dos serpentines de 45 metros de desarrollo, tambien de plomo, de 30 milímetros de diámetro interior y 44 de exterior. El vapor llega á estos serpentines á 3 atmósferas de tension, y para facilitar la subida del agua de condensacion de los tubos, se le da al fondo la forma de una pirámide truncada; presentando el depósito en su medio una altura de 0,^m60 y 0,^m30 es conducido, por una especie de inyector Giffard, á través del ácido sulfúrico nitroso y los vapores de agua procedentes de la evaporacion. El ácido sulfuroso, cargado de vapores nitrosos, entra en la cámara por otro tubo. La cámara de plomo en la que se debe hacer la trasformacion extremadamente aprisa, está revestida de hojas de plomo, y rellena de bolas huecas en número de 5.200, provistas de agujeros. El ácido nítrico entra en la cámara por medio de un embudo Welter, y periódicamente se vierte el ácido sulfúrico débil sobre las bolas por medio de la tolva de báscula. Exceptuando el horno de vapor, que se encuentra entre la chimenea y el aparato Gay-Lussac, no hay otro origen de vapor en la cámara.

Concentracion del ácido sulfúrico.—El ácido sulfúrico, al salir de las cámaras de plomo, no marca más que de 51° á 52° B., en cuyo estado apenas tiene algunas aplicaciones. Para la mayor parte de éstas, es preciso que marque de 60° B. en adelante, y esto sólo se consigue por medio de la concentracion. Hasta los 62° B.,

que corresponden á 1.746 de densidad, se puede concentrar el ácido sulfúrico en calderas de plomo, calentadas al vapor ó á fuego directo; pero al tratar de obtenerlo más concentrado, hay que acudir á los aparatos de vidrio ó platino.

Al emplear las calderas de plomo, lo que se hace generalmente es colocar varias de tal manera que una reciba el fuego directo, mientras que las otras son caldeadas por los productos de la combustion que caminan hácia la chimenea de tiro. El ácido sulfúrico de las cámaras sigue precisamente una direccion contraria á la de los humos, y para que pase de caldera á caldera, se colocan éstas escalonadas, ó se recurre á sifones de vidrio ó de plomo en sus costados. Los dos extremos de cada tubo estan en comunicacion con el generador de vapor y pueden cerrarse por medio de llaves, estando dicho generador más bajo que las cajas de concentracion. El agua condensada vuelve al generador, con lo cual se obtiene una notable economía de combustible y de agua, siendo la operacion intermitente.

En estas cajas de concentracion, que se llenan con ácido de las cámaras, de 1,5 de densidad, adquiere éste una densidad de 1,7; pasando en seguida á un depósito de madera forrado de plomo, en el que se encuentra un serpentín que debe atravesar el ácido de las cámaras antes de pasar á las cajas de concentracion, con lo cual éstas son alimentadas por ácido calentado de antemano. En un aparato de las dimen-

siones indicadas se obtiene en veinte y cuatro horas 5.000 kilogramos de ácido de 1,7 de densidad; consumiéndose 9 kilogramos de hulla por cada 100 de ácido sulfúrico concentrado, y disolviéndose 200 gramos de plomo por cada tonelada de dicho ácido. Para evitar accidentes graves que pudieran sobrevenir, sobre cada caja de concentracion hay una cubierta de plomo. El desgaste de los tubos se evita en gran manera soldando una campana abierta inferiormente y de un diámetro algo mayor que el del tubo, en el extremo de éste que sumerge en el ácido.

Hemos dicho antes, que cuando se quiere obtener el ácido concentrado de 62° *B.* en adelante, hay que acudir á los aparatos de vidrio ó de platino. Los primeros exigen mayor cantidad de combustible; en cambio los de platino son muy costosos de adquirir y se gastan bastante por la accion del ácido, como ya diremos despues. Por este motivo, en aquellos puntos en que, como en Inglaterra, el precio del combustible no es subido y el vidrio fácil de obtener, se emplea mucho éste. En vez de las antiguas retortas de vidrio se emplean frascos que se introducen en vasijas de fundicion, llenando los huecos con arena, y calentando las últimas directamente, disponiendo cuatro para un sólo hogar. Las aguas ácidas que se evaporan, pasan á unos recipientes de plomo. Así que ha terminado la concentracion, y despues de dejarlo enfriar, se extrae el ácido concentrado de los frascos por medio de sifones.

La figura 4.^a representa un alambique de pla-

tino destinado á la concentracion del ácido. Compónese este aparato de una caldera destilatoria provista del capitel *A*, cuyo tubo de desprendimiento termina en el refrigerante *S*. El ácido de $62^{\circ}B$. llega al embudo *b*, cuyo interior tiene una campana *c* que hace cierre hidráulico en el tubo de entrada en la caldera, viniendo á ganar la parte superior *ov* de la misma, que lleva muchos agujeritos, con el objeto de repartir el líquido sobre toda la superficie interior del cono. Los vapores ácidos que se desprenden durante la concentracion, pasan á la esfera de plomo *B*, rodeada de agua fria, que lleva á partir de *S* un serpentín de plomo introducido en el mismo refrigerante que la esfera *B*. En la esfera y en el serpentín se condensan aquellos vapores, y las aguas ácidas, que son el producto de esta condensacion, se recogen por la parte inferior de dicho serpentín. La caldera lleva un tubo de platino *I*, en el que se encuentra un flotador que indica constantemente la altura del ácido en el interior de la caldera. Por último, un sifón *t* sirve para el trasiego del ácido concentrado, que se carga por medio de los embudos *a* provistos de tapones.

Para enfriar el ácido concentrado, atraviesa el sifón de platino una cuba llena de agua fria, y pasa el ácido, por último, á un gran refrigerante de madera forrado de plomo, que contiene varios recipientes de grés, especie de bombonas rodeadas de agua, los cuales son recorridos por dicho ácido por medio de sifones de

vidrio. El ácido concentrado y frío se recoge en las vasijas de almacenaje y exportacion.

Ultimamente se ha introducido en el interior del alambique una modificacion, por medio de la cual, el líquido condensado sobre las paredes laterales, en vez de caer otra vez en el ácido concentrado, es conducido al exterior. Gracias á esta modificacion, la concentracion del ácido se hace más rápidamente que en los aparatos ordinarios.

El Sr. Hemptinne hace la concentracion del ácido sulfúrico en cubetas de plomo, destilando en el vacío. Al efecto dispone dos cubetas de plomo de paredes bastante resistentes, una junto á otra sobre un mismo hogar. La que recibe el calor perdido del horno sirve para calentar el ácido, y la otra para concentrarlo. Las dos llevan cubierta, y la de evaporacion, para poder resistir á la presion atmosférica, está revestida por otra de fundicion, haciendo igualmente el vacío en el intervalo de las dos. Los vapores de agua y de ácido que se desprenden se llevan por un tubo grueso de plomo á un serpentín del mismo metal donde se condensan; este ácido débil es recibido en seguida en un cilindro de plomo lleno de tiestos de grés ó de bolas huecas de la misma materia, para que pueda resistir á la presion interior. Cuando el ácido ha adquirido la concentracion deseada, se le trasiega de la cubeta por medio de un sifon rodeado de agua fría; corre á una caja de plomo cerrada, y cuando tiene ya bastante, se le trasiega á depósitos situados debajo. El vacío

se obtiene inyectando el vapor de agua en una caldera de fundicion, recubierta interiormente de madera, y este vapor se condensa por medio de un chorro de agua. Como se necesita al final de la operacion un vacío de 2 á 3 centímetros de mercurio para entretener la ebullicion del ácido y llevarlo á $66^{\circ}B.$, aun despues de haber apagado el fuego, se recurre todavía á una tromba de Bunsen, análoga á la empleada en los laboratorios, que funciona con un salto de agua de 11 metros. Contra este aparato se objeta la formacion de mucho sulfato de hierro.

Hace tiempo se viene trabajando en el ensayo y construccion de aparatos en que, ó no se emplee el platino, ó entre éste metal en pequeña cantidad relativamente. El primer problema no ha encontrado todavía solucion industrial fuera del empleo del vidrio, que ya conocemos; pero el segundo sí. Entre los aparatos mejores de estos últimos, merece que demos á conocer el del Sr. Faure y Kessler, que se compone en principio de una cápsula de platino que descansa sobre un anillo plano de hierro colocado directamente sobre el fuego; su borde está encorvado hácia fuera y se apoyá sobre una placa de plomo cuyo borde sube hácia adentro; la parte exterior de la placa tiene dos rebordes que pueden formar un cierre hidráulico, y en el intervalo de estos entra el borde inferior de una campana de plomo que cubre toda la cubeta. En esta especie de canal es donde se reune el ácido débil. La cápsula tiene 72 á 76 centímetros de diámetro y 13 de profundidad; la cam-

pana, 1^m,05 de diámetro, estando enfriada por una corriente de agua que corre al exterior á tres depósitos circulares. De estos aparatos trabajan dos juntos, colocando el uno 12 centímetros más alto que el otro, y suministra al segundo el ácido por medio de un tubo de platino. De igual modo, el ácido concentrado pasa á un refrigerante. Estas dos cápsulas deben dar 7.140 kilogramos de ácido de 66°B. en veinte y cuatro horas, economizándose bastante combustible.

Los aparatos Faure y Kessler han hecho una seria concurrencia á los fabricantes de platino, habiendo obligado á estos á cambiar la forma poco práctica de sus alambiques. Con el objeto evidente de hacer hervir con mayor rapidez el ácido con el menor consumo de combustible, y de disminuir el peso del platino, la casa Demoutis, Quenessen y Lebrun, de París, ha cambiado la primera la forma de sus aparatos. Como podia verse en la última Exposicion Universal de París, la caldera es muy baja. Para que el ácido que se introduce no pueda correr directamente, y para no obtenerlo de desigual concentracion, se ha adoptado el siguiente sistema: sobre el fondo del alambique se han dispuesto tres ó cuatro arcos concéntricos de platino, que forman tabique y obligan al ácido á tomar varias direcciones, y le hacen recorrer el mayor camino posible; en el centro se verifica la salida, que se obtiene con un sifon. Segun el Sr. Bode, el peso de este aparato es de 17.598 kilogramos, y en veinte y cuatro horas concentra 1.500 kilogramos de ácido á 66°B.

La combinacion de la cubeta Demoutis con la cubierta de plomo del Sr. Faure y Kessler, nos parece un excelente sistema de concentracion.

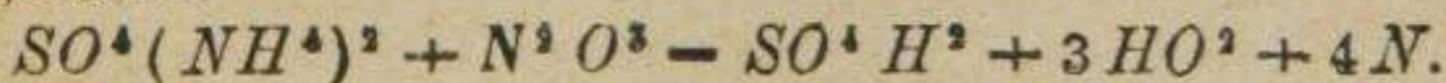
Tambien la casa Johnson, Matthey y compañía, de Lóndres, construye desde hace algun tiempo aparatos de concentracion de forma distinta que los antiguos. En los nuevos alambiques, que hemos podido observar en la citada Exposicion Universal, se reduce considerablemente el peso de platino y se utiliza mejor el calor, y, para dar la mayor resistencia al metal con la máxima superficie y notable potencia de evaporacion, dichos constructores adoptan una forma ondulada para el fondo de las calderas. El alambique tiene forma trapezoidal, midiendo 9,92 por 0,44 para concentrar 80 ó 100 quintales de ácido á $66^{\circ} B.$, en veinte y cuatro horas. Detrás de la caldera se coloca una cubeta de platino, de fondo acanalado igualmente, utilizándose de este modo el calor perdido del horno calentando el ácido. Una envolvente de amianto, que presenta la misma forma del alambique, cubre á éste é impide que se pierda el calor por irradiacion. Por último, el refrigerante mismo ha sido perfeccionado, y consiste en un sistema mixto del serpentín ordinario y del frasco.

El Sr. A. Scheurer-Kestner ha hecho algunos estudios sobre la pérdida de platino en la concentracion del ácido sulfúrico, pudiéndose resumir los resultados de aquellos en esta forma: La pérdida de platino no resulta solamente de

a acción mecánica del ácido hirviendo. Si este ácido no contiene compuestos nitrosos, se puede calcular que para evaporar un ácido á 94 por 100 de monohidrato, se gasta 1 gramo de platino, próximamente, por tonelada de ácido concentrado; pero la pérdida equivalente de 6 á 7 gramos si el ácido se evapora hasta 98 por 100, y á 9 gramos para un ácido de 99 por 100 de monohidrato. Un ácido que contenga derivados nitrosos (1), ó arsénico, ataca el platino mucho más enérgicamente. El platino que contiene iridio resiste á la acción de los ácidos el doble, próximamente, que el platino puro.

Para terminar este punto vamos á decir dos palabras sobre la purificación del ácido sulfúrico, cuando contiene arsénico. A este efecto se le puede tratar,—antes de someterlo á la evaporación,—por el hidrógeno sulfurado, que se suele preparar en algunas fábricas rociando un mate bruto de la fórmula $FeS + Fe^2S$ con el ácido de las cámaras, tratando despues por el vitriolo verde la disolución que de este modo se obtiene. El sulfuro de arsénico amarillo precipitado se lava en agua y se expende á las fábricas de arsénico.

(1) El Sr. Pelouze propone destruir los productos nitrosos antes de someter el ácido de las cámaras á la concentración, disolviendo sulfato amónico en dicho ácido. De este modo se descompone el sulfato amónico, bajo la influencia de estos compuestos, en ácido sulfúrico y en nitrógeno, como indica la reacción siguiente:

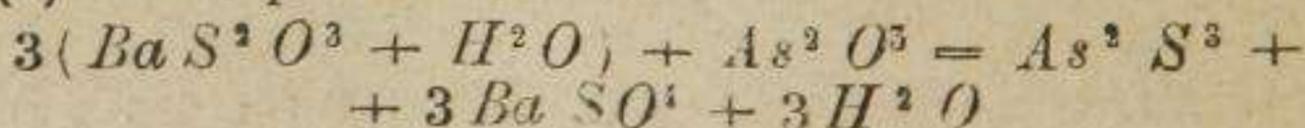


Este procedimiento de depuración no ha sido aceptado en todas las fábricas á causa de la dificultad, y áun del peligro que presenta el manejo de este gas. El empleo del hiposulfito de sosa da buenos resultados. El arsénico se encuentra en el ácido de las cámaras, al estado de ácido arsenioso, sobre todo, que, por el hiposulfito de sosa, se trasforma en sulfuro de arsénico y en sulfato de sosa. Segun Thorn, se calienta el ácido de 50° en un depósito de plomo; en seguida se añade la necesaria cantidad de hiposulfito, en polvo, ó disuelto, en un poco de agua. El sulfuro de arsénico se precipita en copos amarillos que no se extraen sino despues de varias operaciones sucesivas. El ácido depurado contiene 0,30 á 0,40 por 100 de sulfato de sosa; y en cuanto á la riqueza en arsénico, baja á 0,004 despues de la operación, de 0,098 que tenía ántes el ácido de 50° *B*.

El método del Sr. Dupasquier nos parece el mejor de todos. Consiste en añadir sulfuro de bario al ácido de 50° ó hiposulfito de barita, obtenido por descomposición del cloruro de bario y el hiposulfito de sosa (1), formándose sulfuro de arsénico y sulfato de barita insolubles.

A pesar de todos los métodos propuestos, no se consigue nunca quitar completamente el arsénico. Por este motivo esta operación no se

(1) Hé aquí la reacción:



hace más que en muy pocas fábricas, y sólo cuando es absolutamente necesario, á causa del gran desgaste del platino que resultaría de la concentracion de un ácido muy arsenical. Cuando se desea un ácido sulfúrico completamente exento de arsénico, se quema todavía el azufre.

Nuevos procedimientos de fabricacion del ácido sulfúrico.—Aparte del procedimiento que hemos descrito detalladamente, de la fabricacion del ácido sulfúrico ordinario, se han propuesto otros varios, que todavía no han merecido la sancion de la práctica industrial, por cuyo motivo nos limitaremos á dar una idea de los tres principales.

El Sr. Hahner oxida el ácido sulfuroso por medio del cloro en presencia del vapor de agua. De este modo se forman no tan sólo ácido sulfúrico, sino tambien ácido clorhídrico (1). Pero cuando se haya de emplear el primero para la descomposicion de la sal comun en la fabricacion de la sosa por el procedimiento Leblanc, que pronto describiremos, no hay necesidad de separar el ácido clorhídrico.

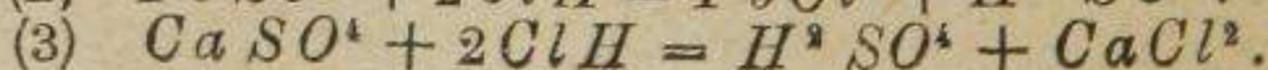
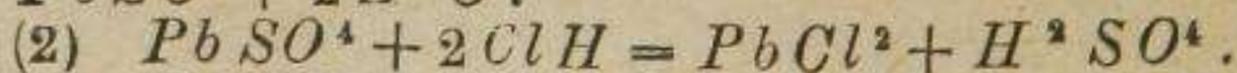
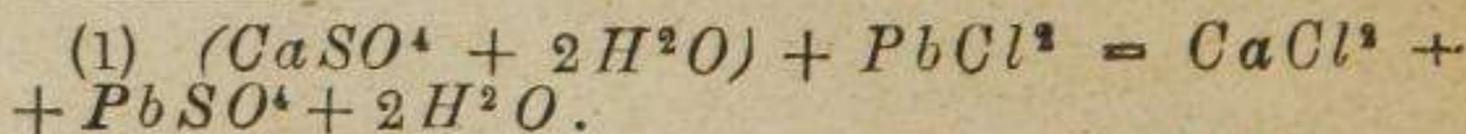
Otro procedimiento ha sido propuesto por el Sr. Persoz, basado sobre las dos reacciones siguientes: 1.^a oxidacion del ácido sulfuroso por medio del nítrico, para lo cual se dirige el primero hacia el segundo calentado á 100°, y diluido en cuatro á seis veces su volúmen de agua, ó bien hácia una mezcla de nitratos y

(1) $SO^2 + 2H^2O + 2Cl = H^2SO^4 + 2ClH.$

ácido clorhídrico, en cuyo caso se formará ácido cloro-hiponítrico ($N^2 Cl^4 O^2$); 2.^a los vapores de ácido hiponítrico son transformados otra vez en ácido nítrico por medio del oxígeno del aire y en presencia del vapor de agua, siendo empleado en seguida este ácido nítrico para oxidar nueva cantidad de ácido sulfuroso. En este procedimiento no se necesitan cámaras de plomo, y se puede emplear ácido sulfuroso de cualquier procedencia.

Por último, el tercer procedimiento consiste en el empleo del yeso y de los sulfatos análogos. A este efecto, el Sr. Shanks introduce en una vasija de piedra, yeso pulverizado y cloruro de plomo, y una gran cantidad de agua á 50° ó 60°. La mezcla se agita con cuidado, descomponiéndose las dos sales y formándose cloruro de calcio, que queda disuelto y el sulfato de plomo se precipita (1). El sulfato precipitado se trata por el ácido clorhídrico, formándose cloruro de plomo casi insoluble, y ácido sulfúrico que queda disuelto (2). La mezcla se agita y calienta á 60° para que se precipite bien el cloruro.

Un procedimiento análogo ha propuesto el Sr. Seckendorff, y consiste en dirigir una corriente de ácido clorhídrico gaseoso sobre el yeso calentado al rojo, en cuyo caso se desprende ácido sulfúrico y queda como residuo cloruro de calcio (3).



Acido sulfúrico fumante.—Este ácido tiene una consistencia oleaginosa, color amarillo ó pardo intenso y olor picante de ácido sulfuroso. En contacto del aire esparce vapores de ácido sulfúrico anhidro, lo que le ha valido el nombre de fumante. Su densidad varía de 1,86 á 1,92. Es un buen disolvente del añil, pues 4 partes de este ácido disuelven 1 de la materia colorante, para lo cual se necesitarían 8 de ácido inglés ú ordinario. También se le emplea con ventaja en el tratamiento de la ozokerita, y en otras industrias (1).

Es ménos hidratado que el ácido inglés ó monohidrato. El Sr. Weber ha encontrado que el ácido sulfúrico, considerado generalmente como anhidro, que cristaliza en masas sedosas blancas, no es otra cosa que anhídrido mezclado con hidrato. Por medio de destilaciones y cristalizaciones fraccionadas, preparó dicho químico el anhídrido puro, que forma, á la temperatura ordinaria, un líquido incoloro, poco denso, que cristaliza en cristales largos y transparentes por enfriamiento. Estos cristales funden á $14^{\circ},8$ y entran en ebullicion á $46^{\circ},2$; siendo su densidad 1,940, el menor indicio de humedad produce hidrato en agujas finas; habiendo sido separados dos hidratos ($H^2SO^4_3SO^3$ y $H^2SO^4SO^3 = H^2S^2O^7$). Este último es el verdadero ácido piro-sulfúrico.

(1) La cantidad de ácido sulfúrico fumante que se fabrica al año puede calcularse en la actualidad en 45.000 quintales métricos; pero es indudable que esta producción aumentará de día en día.

Antiguamente se fabricaba el ácido sulfúrico fumante, destilando, despues de desecado parcialmente, el vitriolo verde, en cuya operacion queda como residuo el colcotar ó sesquióxido de hierro, llamado por muchos rojo inglés. La destilacion á sequedad del sulfato de hierro produce gas ácido sulfuroso y una mezcla de ácido sulfúrico y de anhídrido sulfúrico, cuya mezcla constituye el ácido fumante. Lo que sucede en este caso puede explicarse de la siguiente manera: el sulfato cristalizado contiene 7 moléculas de agua y pierde 6, no desprendiéndose la sétima sino á temperatura más elevada. Si se calienta más, el sulfato se convierte en sub-sulfato férrico á expensas del ácido sulfúrico; la mitad de este ácido se descompone y trasforma en ácido sulfuroso, que se desprende. Si se sigue aumentando la temperatura, el sub-sulfato férrico se descompone; despréndese el ácido sulfúrico y queda óxido férrico. Como la sal férrica retiene siempre un poco de agua, el ácido que se desprende no es completamente anhidro, como hemos ya manifestado.

En las fábricas de Bohemia se emplea para esta fabricacion un sulfato férrico muy impuro, que se obtiene por la evaporacion de las aguas madres de la preparacion de la caparrosa verde y del alumbre, y que contiene principalmente sulfato de peróxido de hierro. La fabricacion en este caso, comprende tres operaciones: 1.^a Preparacion del sulfato férrico. 2.^a Calcinacion del mismo en los hornos. 3.^a Empleo del residuo para hacer el rojo inglés.

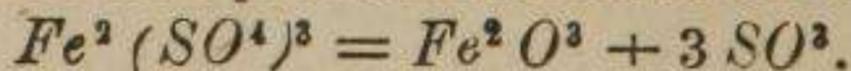
En vez de extraer el sulfato férrico, según hemos dicho, de las aguas madres de la preparación del vitriolo y del alumbre, se suele recurrir con ventaja al empleo directo de las pizarras piritosas. El Sr. Stark, de Bohemia, emplea á este efecto ciertas pizarras que contienen, término medio y en 100 partes: sulfuro de hierro 12, á 30; alúmina, 2; sílice, 50 á 74. Una vez extraído de las minas este mineral, se amontona, dejando en el interior del monton ó masanos canales para que pueda circular el aire y oxidarse en consecuencia el sulfuro; además una corriente de agua, reparte este líquido por todos los puntos de la masa en la necesaria cantidad. La descomposición dura ordinariamente tres años; el sulfuro se trasforma primero en sulfato ferroso, después en sulfato férrico, acompañado de un poco de sulfato de alúmina. Estas sales son disueltas en el agua en vasijas de lejiviación; así que las disoluciones marcan de 18 á 20° B. se las conduce á grandes depósitos, de donde pasan á las calderas de evaporación.

Estas suelen ser muy grandes, y los gases calientes del hogar pasan por encima del líquido y lo concentran á 40° B. En tal estado pasa el líquido á otras calderas de hierro, donde se le concentra hasta la consistencia de jarabe, siendo en seguida decantado y enfriado, por cuyo medio se solidifica y forma el vitriolo bruto, que se calcina en un horno especial para expulsar el agua de cristalización y transformar el sulfato ferroso todo lo más posible en sulfato férrico.

El producto de esta última calcinación, que ha tomado un color amarillento, se trata en los hornos de ácidos. El rendimiento de los diferentes minerales de este modo tratados, es muy variable, y depende de su riqueza en sulfato férrico. Así, mientras que unos producen hasta 50 por 100 de ácido, otros sólo suministran 33 por 100.

El mineral calcinado se tritura é introduce en unas retortas de tierra refractaria, colocadas en el tan conocido horno de galera. En cada costado de este horno se encuentran una sobre otra cuatro séries de treinta y cuatro retortas cada una; por último, en la parte superior treinta y cuatro grandes retortas, abiertas en sus dos extremos, están colocadas perpendicularmente á las otras, llenan toda la longitud del horno y forman una sola, que tiene sus dos recipientes á cada extremo. Las otras retortas, más pequeñas, tienen igualmente cada una su recipiente, pero bastante capaz para poder contener el producto de la destilación de cuatro á cinco operaciones sucesivas. Cada una se carga con 500 á 750 gramos de mineral. Auméntase gradualmente la temperatura, de suerte que sólo después de cuatro horas llega al rojo la série inferior de las retortas. Hasta aquí todas estaban abiertas para favorecer la oxidación; pero así que empiezan á desprenderse los vapores de ácido sulfúrico anhidro. (1), es llegado el

(1) La reacción puede formularse de este modo:



momento de tapar los recipientes y se enlodan las juntas con tierra gredosa. Como el mineral ha sido deshidratado, se pone en el recipiente agua ó ácido sulfúrico ordinario. Para juzgar de la concentración de su producto, los obreros introducen un pedazo de madera, y según sea la carbonización más ó menos rápida, se sabe si es preciso continuar destilando ó no. El ácido se vacía en bombonas de grés y se deja reposar durante ocho días. Si no es bastante fuerte la densidad, se añade con frecuencia sulfato de sosa anhidro, con gran detrimento del consumidor.

Además del aceite vitriolo, se prepara en las mismas fábricas el ácido sulfúrico anhidro. Generalmente se expende este último al comercio al estado sólido en cajas de hoja de lata, pues sabido es que el ácido sulfúrico anhidro no ataca los metales, sobre todo el estaño, cuando se le preserva de la humedad.

El residuo, colcotar ó rojo inglés, se extrae después de cada destilación de las retortas todavía al rojo, y, según el grado de calor que ha experimentado, presenta matices diferentes; más intenso en las retortas bajas y más claro en las altas. Se le reduce á polvo finísimo, y se le calcina segunda vez con varias adiciones de cloruro de sodio, según el matiz deseado, regulando con cuidado la temperatura. Esta operación se hace en grandes cilindros de tierra refractaria en hornos análogos á los empleados en la destilación del ácido. Las retortas superiores dan mejores productos; estos se trituran,

tamizan y someten en seguida á lavados. Por último, por la mezcla de los tres matices principales, se obtienen todos los colores deseados, del amarillo al violeta oscuro.

El Sr. Winckler ha fundado en otro principio completamente distinto la fabricacion industrial del ácido sulfúrico fumante. Sabido es que el ácido sulfúrico concentrado se descompone por el calor en ácido sulfuroso, oxígeno y agua, dejándose ésta última condensar fácilmente, y quedando, por lo tanto, una mezcla gaseosa de ácido sulfuroso y de oxígeno: estos dos gases, puestos en contacto de un cuerpo poroso como el amianto platinado, por ejemplo (1), se combinan de nuevo y forman ácido sulfúrico.

Esta fabricacion se asocia á la del ácido sulfúrico ordinario para tener la materia primera lo más barata posible, y para utilizar el ácido sulfuroso que escapa á la combinacion. El horno tiene precisamente la forma de los empleados en las fábricas de gas. Caliéntanse al rojo varias retortas de tierra refractaria, llenas de materias porosas como el cuarzo, ladrillos, pedazos de retortas, etc.; la cara delantera de la retorta está provista de un tubo para conducir los gases, mientras que por el otro costado se hace caer un hilo de ácido en la retorta. El agua, el oxígeno y el ácido sulfuroso, produci-

(1) El amianto platinado puede obtenerse humedeciendo el amianto con cloruro de platino, introduciéndole en amoniaco, y calcinándole despues de haberle secado.

dos en varios aparatos iguales, van á reunirse en un tubo principal que sirve de recipiente, y de aquí son conducidos al condensador, que consiste en un sistema de tubos de plomo, enfriados por agua, donde se condensa el ácido sulfúrico arrastrando el agua. Para secar los gases, se les hace entrar en un aparato análogo á la torre de Gay-Lussac, llena de pedazos de cok, llegando dichos gases por la parte baja y atravesando una lluvia de ácido sulfúrico de 60° que cae desde la parte superior de la torre.

A primera vista se presenta la dificultad que consiste en la trasformacion de los gases en ácido sulfúrico anhidro, pero como ha demostrado el Sr. Winckler, esto se consigue fácilmente, aún trabajando en grande escala, con el amianto platinado, necesitándose de 50 á 100 kilogramos, que contienen 8 á 12 kilogramos de platino. El hecho, observado generalmente, de que el platino pierde de su poder condensador al cabo de cierto tiempo de uso, no se verifica en este caso, porque no existe ninguna sustancia nociva, ni polvo, ni carbon, etc., que acompañe la mezcla gaseosa. En las operaciones en grande escala, basta llevar el amianto al rojo una vez para siempre, pues el calor desprendido por la combinacion le mantendrá á la temperatura conveniente.

El amianto se introduce en cilindros de grés colocados en un horno de mufla. El ácido sulfúrico formado es conducido por medio de tubos barnizados, de grés tambien, á las cámaras de plomo, donde se recoge el ácido anhidro:

haciéndole absorber por el ácido sulfúrico ordinario, se tendrá el ácido fumante.

Si en vez del ácido sulfúrico se calentasen, por ejemplo, en muflas de zinc, sulfatos anhidros, como el férrico, el de zinc ó el bisulfato de sosa, la combinación del ácido sulfuroso y del oxígeno se hará como anteriormente, con amianto platinado, pero sin que se necesite secar los gases de antemano. Por lo demás, por estos procedimientos se puede, á voluntad, obtener el ácido más ó menos concentrado.

El Sr. Debray objeta al procedimiento del Sr. Winckler, que no puede emplearse en grande escala á causa de la dificultad de encontrar vasijas de composición resistente á la acción de los ácidos; pues aun el platino, que es, sin embargo, el cuerpo ménos atacable, es fácilmente agujereado por los gases calientes; y si el ácido contiene arsénico, entónces es atacado muy pronto.

A esta objeción contesta el Sr. Winckler con el hecho de que su procedimiento ha sido ensayado y adoptado en diferentes fábricas de Alemania y de Inglaterra. El ácido no llega directamente sobre el metal, sino sobre un lecho bastante grueso formado por un cuerpo poroso, como la alúmina ó el óxido de hierro, que divide y volatiliza el ácido.

En una retorta de tierra refractaria, del tamaño de las empleadas en las fábricas de gas, y llena de sustancias porosas, se puede descomponer hasta 15 kilogramos de ácido por hora. De modo que, en un horno de cinco re-

tortas, se tratarían por día 1.800 kilogramos, que pueden dar 1.000 kilogramos de ácido anhidro; y disuelto éste en 1.500 de ácido de 66° Baumé, produciría un total de 2.500 de aceite de vitriolo, de 85 por 100 de riqueza.

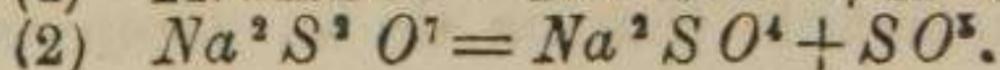
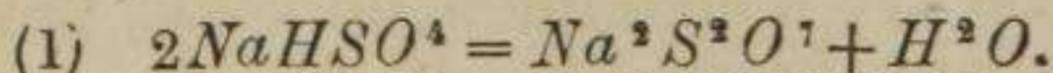
A pesar de todo, nosotros creemos que el procedimiento que acabamos de describir, debe presentar algunas dificultades en la práctica industrial.

El bisulfato de sosa ($NaHSO_4$) que, como veremos más adelante, es el residuo de la fabricación del ácido nítrico, se emplea en algunos puntos para la preparación del ácido sulfúrico fumante. Aquella sal tiene, con efecto, la propiedad de convertirse desde luego en pirofosfato de sosa (1), perdiendo su agua cuando se la calienta á mayor temperatura de la de su fusión; desdoblándose despues á 600° próximamente en ácido sulfúrico anhidro y sulfato neutro (2).

En Francia se combina la fabricación del ácido sulfúrico fumante con la del borax. Al efecto, se destila el sulfato de sosa calcinado y mezclado con ácido bórico; los vapores del ácido sulfúrico anhidro que se desprenden, se condensan sobre ácido sulfúrico ordinario.

SULFURO DE CARBONO.

Propiedades y aplicaciones.—El llamado impropriamente sulfuro de carbono, puesto que es



un bisulfuro (CS^2), es un líquido incoloro, sumamente fluido, de olor casi etéreo y hasta agradable cuando está puro y recién depurado, pero que va siendo cada vez más desagradable á medida que se descompone, lo cual ocurre con facilidad. A 0° tiene por densidad 1,293 y 1,271 á 15° ; hierve á $46^{\circ},6$ segun Gay-Lussac, y á $46^{\circ},2$, segun Regnault; no puede ser solidificado ni aún expuesto á temperaturas muy bajas.

Es muy volátil, de tal modo que, echando algunas gotas en la palma de la mano, se siente frio. Colocado en el vacío y haciendo funcionar la máquina neumática, por su rápida volatilización baja la temperatura hasta -60° . La tensión del vapor del bisulfuro de carbono ha sido determinada por el Sr. Seyferth, para diferentes temperaturas, y encontró lo siguiente:

A	$45^{\circ},5$	.....	1	atmósfera.
	$57^{\circ},7$	.....	1,5	—
	$66^{\circ},9$	.....	2	—
	$74^{\circ},3$	.....	2,5	—
	$80^{\circ},6$	.....	3	—
	$86^{\circ},1$	.....	3,5	—
	$90^{\circ},9$	.....	4	—
	$94^{\circ},5$	.....	4,5	—
	$99^{\circ},0$	.....	5	—

Es casi insoluble en el agua, pero es soluble en el éter, alcohol, aceites grasos y esenciales. Resiste á temperaturas altísimas sin descomponerse. En contacto del aire arde muy bien, con llama azul, produciendo ácidos sulfuroso y carbónico.

Por la considerable tensión de su vapor, se

rodea de una atmósfera inflamable, con más facilidad que el mismo éter, siendo más combustible que éste. Esta gran inflamabilidad hace su manejo muy peligroso, lo mismo que su almacenaje. Mezclado con el oxígeno, arde con detonación al tocar un cuerpo en ignición. Los operarios que lo respiran constantemente pueden contraer graves enfermedades.

A pesar de todos estos peligros, el bisulfuro de carbono posee propiedades tan especiales que, unidas á que es un cuerpo que puede conseguirse por poco precio, tiene muchísimas aplicaciones en las artes, en la industria y hasta en la agricultura. Las principales de estas aplicaciones son: la vulcanización del caucho; la preparación del fósforo amorfo; tratamiento de los minerales bituminosos; extracción de las grasas de los residuos y sustancias grasas, como los orujos de la aceituna y de las semillas oleaginosas, huesos de cocina, trapos y estopas que han servido en el engrase de las máquinas, etcétera; separación de la grasa de los huesos destinados á la fabricación del negro animal; tratamiento de las especias (pimienta, ajo, etcétera) para preparar las especias solubles; fabricación del prusiato de potasa por el procedimiento Gellis; y del sulfocianuro amónico; platingo galvánico, en la extracción del azufre de los minerales pobres; en la destrucción de animales dañinos; en las lámparas Gell para producir la luz del sulfuro de carbono y bióxido de nitrógeno, empleadas en fotografía; como materia primera para el azufrado de las vasijas

vinarias y desinfeccion de las bodegas; como agente antifiloxérico, etc., etc.

Fabricacion del bisulfuro de carbono.—La fabricacion del bisulfuro de carbono está fundada en la propiedad que tiene el vapor de azufre de convertirse en dicho sulfuro cuando se pone en contacto con carbon calentado al rojo. El aparato que primero se ha empleado para esta fabricacion, y que aún suele emplearse, es el de Perroncel, que consiste en lo siguiente: Un cilindro de fundicion, de 2 metros de altura, 30 centímetros de diámetro y completamente cerrado, cuyas paredes tienen 6 centímetros de espesor, y están revestidas, tanto interior como exteriormente, de arcilla de crisol. Este cilindro, ó por mejor decir, retorta, se coloca dentro de un horno vertical, cilíndrico, y descansa sobre un pedestal tambien de fundicion. La tapa superior tiene dos tubuladuras; en una se introduce un tubo de porcelana, que baja hasta casi el fondo del cilindro, y está enlodado á la tapa de modo que no haya pérdida de vapor por la juntura; este tubo se puede cerrar con un tapon. La otra tubuladura se puede tambien cerrar, y sirve para cargar por ella en el cilindro el carbon, que es conveniente sea vegetal y poroso. El horno tiene diferentes conductos para que pueda penetrar el aire y alimentar la combustion del combustible exterior, que suele ser cok. De cerca de la tapa superior parte un tubo largo de tierra silícea, que se dobla en ángulo y entra en una de las bocas de una damajuana de grés ó tierra silícea; de la

otra boca de la damajuana arranca otro tubo que va á terminar en un serpentín colocado dentro de un refrigerante.

El azufre se carga poco á poco en cartuchos, y cuando esté el carbon al rojo. El bisulfuro que se condensa en la damajuana se extrae por un tubo con llave colocado en la parte baja de la misma. Los vapores no condensados aquí, lo son en el serpentín del refrigerante. Para recoger mejor el sulfuro se recibe en un recipiente florentino.

Con un aparato como el descrito se puede fabricar 100 kilogramos de bisulfuro de carbono al día.

El aparato Perroncel ha sido modificado ventajosamente por el Sr. Deiss, de una parte, y por los Sres. Gerard y Aubert, de otra. En la actualidad se emplean en las fábricas principales estos aparatos modificados.

Compónese el aparato Deiss de cuatro cilindros verticales que se colocan en un horno, al rededor de los cuales circula la llama de un hogar lateral comun. Los cilindros son de tierra refractaria, á los que se les da un baño interior para tapar los poros que puedan tener. ⁽¹⁾

Los cilindros tienen 1 metro de altura y 80 centímetros de diámetro interior, llevando cer-

(¹) Este baño se prepara fundiendo una mezcla de 130 partes de cristal, 20 de carbonato de sosa y 12 de ácido bórico. La masa fundida se echa sobre una placa de fundicion fria; reducida á polvo y diluida en agua engomada, se aplica con un pincel al interior de las retortas.

ca del fondo, á 15 centímetros de altura, un disco de tierra agujereado que hace las veces de rejilla, y tiene una abertura un poco cónica, en la que se introduce un tubo, por donde desciende el azufre. Los cilindros tienen un obturador con tres agujeros: uno, por donde entra el tubo para cargar el azufre; otro más ancho, para cargar el carbon; el tercero está en comunicacion con los condensadores. Durante la operacion, la segunda abertura debe estar cerrada en los intervalos en que no se está cargando carbon, cuyas cargas se repiten tres veces al dia, dejando cada vez llenos los cilindros. El azufre se introduce por intervalos iguales de tres en tres minutos, en dos cartuchos por carga, de 156 á 157 gramos cada uno de azufre pulverizado toscamente; de suerte, que en un dia de trabajo se cargan 500 kilogramos de azufre en los cuatro cilindros. La introduccion del azufre no se debe hacer sino despues de trascurrída una hora, por lo ménos, de calentamiento de la carga del carbon, para que éste adquiera la temperatura necesaria para reaccionar sobre el vapor de azufre. Por lo demas, el azufre penetra debajo del falso fondo, mientras que el carbon está sobre él.

El sistema de condensacion del aparato Deiss consiste en una serie de vasijas cilíndricas ó campanas abiertas por la parte inferior, de palastro ó de zinc, que comunican entre sí por medio de tubos fijos al fondo superior; la parte inferior de cada campana que, como hemos dicho, está cubierta y con bordes escotados, pe-

netra en una cubeta llena de agua, un poco más arriba de los escotes, de modo que pueda pasar el sulfuro de carbono condensado, cerrando las salidas á los vapores y á los gases. Las paredes de cada vasija suben 10 centímetros sobre su fondo superior, y forman de esta suerte un depósito, en el que se echa agua fría con el objeto de facilitar la condensación. El sulfuro reunido en las cubetas se extrae por medio de un sifón. Los gases no condensados que escapan del refrigerante, pasan por unas cajas que contienen varias capas de cal hidratada, donde quedan retenidos. El Sr. Payen propuso el sesquióxido de hierro hidratado mezclado con serrín de madera.

Los Sres. Gerard y Auber emplean cilindros de fundición, de 2 metros de altura, de sección elíptica, de 1^m y 0^m,4 de diámetro. Los vapores que se desprenden pasan primero por un condensador que retiene el azufre arrastrado, y después por un refrigerante particular formado de dos ó tres cajas lenticulares, superpuestas y enfriadas; estas cajas comunican entre sí por medio de tubos, y el sulfuro llega por la parte inferior.

En la fabricación del bisulfuro de carbono, y por mucho cuidado que se ponga en el enfriamiento del producto, hay una pérdida muy considerable de éste cuando se compara la cantidad obtenida con la que debiera obtenerse con arreglo al cálculo. Esta pérdida se debe, no tan sólo á la volatilización inevitable de una parte del bisulfuro durante la preparación y rec-

tificacion, sino tambien á la formacion de monosulfuro de carbono (CS), que se produce en gran cantidad al mismo tiempo que aquel, así como el hidrógeno sulfurado.

Wagner, que ha estudiado esta industria con gran detenimiento, dice que cualquiera que sea el procedimiento seguido en la fabricacion del bisulfuro de carbono, contiene siempre éste 10 ó 12 por 100 de azufre en disolucion, y además hidrógeno sulfurado, y probablemente otros varios cuerpos, combinaciones del azufre, del carbono y del oxígeno, que le dan un olor en extremo desagradable. A este propósito dice con mucha razon el Sr. Braun, que los cuerpos que alteran la pureza del bisulfuro de carbono bruto, merecen ser estudiados con cuidado. De no admitir la presencia de estas combinaciones, no se podrá explicar el enorme desprendimiento de gases y la pérdida, que se eleva hasta 25 por 100, que se produce en la rectificacion del líquido bruto.

Rectificacion y almacenaje.—Compréndese, despues de lo que acabamos de decir sobre las impurezas que acompañan al bisulfuro de carbono, la absoluta necesidad de rectificarlo ó depurarlo ántes de emplearlo en la mayor parte, si no en todas sus aplicaciones. A este efecto se recomiendan varios procedimientos.

El Sr. Millon empieza por someter el bisulfuro bruto ó alterado á una simple destilacion en un aparato perfectamente limpio, separándole de este modo la sustancia fétida, fija ó poco volátil que le comunica el mal olor. Sin

embargo, para que el resultado sea más completo, es muy conveniente mezclar el líquido, antes de destilarlo, con un tercio de lechada de cal, agitando bien la mezcla. La destilacion debe hacerse con gran cuidado, calentando tan sólo suavemente el alambique, y aún será mejor que nada empleando un baño de maría.

En vez de la cal emplean otros varios óxidos metálicos, especialmente el litargirio, y el de hierro, cobre y zinc. El Sr. Cloer emplea para esta depuracion el sublimado corrosivo (bicloruro de mercurio) en polvo fino, añadiendo al bisulfuro bruto 0,5 por 100 de este sublimado, y agitando de vez en cuando durante veinte y cuatro horas. Lo que sucede en este caso es, que el sublimado corrosivo se combina con la materia fétida contenida en el bisulfuro, precipitándose el compuesto que resulta al fondo del recipiente en que se opera; en seguida se decanta, se añade al líquido decantado 2 por 100 de un cuerpo graso inodoro, y se destila al baño de maría y á temperatura suave.

Segun el Sr. Braun, se obtiene bisulfuro de carbono puro, destilándolo varias veces sobre un aceite graso puro. Este procedimiento, como se comprende á la simple vista, no puede ser aceptado en la práctica industrial, aún cuando nos parece muy bueno para un laboratorio.

El Sr. Dorvault verifica la depuracion mezclando al bisulfuro bruto un 50 por 100 de ácido sulfúrico monohidratado, agitando durante diez minutos, añadiendo nuevo ácido, agitando otra vez, y dando por terminada la

operacion cuando dicho bisulfuro no se colora más al hacer una de estas adiciones. En tal estado se decanta el bisulfuro, se agita con agua alcalina para saturar el ácido interpuesto, se deja depositar, se decanta el agua, que como es ligera, sobrenada sobre el bisulfuro, y, por último, trascurridas algunas horas, se seca con papel secante la superficie, y se destila.

El Sr. Deiss efectúa la rectificacion del bisulfuro de carbono en una gran caldera de palastro, de fondo plano, provista de una tapa bombeada; de esta tapa arrancan seis tubos encorvados que ponen el aparato en comunicacion con seis serpentines verticales, dispuestas en sus correspondientes refrigerantes de agua. La caldera lleva un falso fondo agujereado, bajo del cual se encuentran dos serpentines independientes y colocados horizontalmente; al primero llega el vapor, que debe producir la volatilizacion del líquido, elevando su temperatura á 48°; el segundo sirve para inyectar al final de la operacion el vapor para expulsar el bisulfuro que queda en el fondo de la caldera con el azufre precipitado, y que puede ser extraido del aparato, en cuanto éste se ha enfriado lo suficiente. Generalmente se trabaja en este aparato por destilacion fraccionada, y se recogen de este modo productos de diferentes grados de pureza.

Para llevar á cabo esta rectificacion, ha imaginado el Sr. Bonière un aparato especial, del que vamos á dar una idea. Dispónese un gran depósito perfectamente cerrado, y provisto de

boca, para cargar el bisulfuro, que puede cerrarse con tapon de rosca, llave de aire para poder hacer la carga, tubo de vidrio indicador de nivel, y, por último, en su parte más baja, un tubo, tambien de vidrio, provisto de llave, que conduce el bisulfuro á un recipiente cerrado que hace las veces de alambique, situado dentro de otro que forma baño de maría. El tubo conductor del bisulfuro penetra hasta cerca del fondo del alambique, partiendo otro tubo encorvado de la cubierta de éste para penetrar hasta cerca del fondo de otro alambique semejante aunque más pequeño; de la cubierta de este último arranca otro tubo que penetra en un tercero, y así sucesivamente se completa la serie de cinco alambiques, siendo los cuatro últimos enteramente iguales y un poco más pequeños que el primero. Del último alambique arranca un tubo que termina en un serpentín con refrigerante. El baño de maría de estos alambiques es calentado por el vapor, y el agua de condensacion de los cinco puede pasar á un tubo general colocado en la parte baja, con el que comunican los espacios libres del alambique y el recipiente exterior, por medio de tubos provistos de su correspondiente llave.

Veamos ahora la marcha de la operacion. El bisulfuro entra en el primer alambique, donde encuentra una disolucion de potasa cáustica calentada, de 60° á 65° ; de éste pasa al segundo alambique, donde encuentra una disolucion de sales de plomo; de aquí pasa al tercero y así sucesivamente, encontrando en cada alam-

bique una disolucion de sal alcalina, de cobre, de hierro, etc.; del último alambique pasan los vapores del bisulfuro, convenientemente puro al serpentín, donde se condensan y se recoge el líquido en vasijas á propósito, que suelen ser una especie de recipiente florentino. Para conocer la temperatura interior del aparato se emplean termómetros.

El Sr. Millon propone, para conservar el bisulfuro de carbono, sin que se descomponga, y una vez depurado, que se introduzca en la vasija que le contiene cierta cantidad de recortaduras de cobre, ó tambien de litargirio, los cuales impiden la descomposicion ulterior, segun aquel.

El bisulfuro de carbono se conserva bajo del agua por ser ésta más ligera y completamente insoluble, ó poco ménos, en él. Pero cuando hay que conservar una cantidad algo considerable del mismo, debe recurrirse al empleo de vasijas especiales. El Sr. Gerard propone á este efecto el uso de recipientes cilíndricos de zinc, de 30 á 40 litros de cabida, que tienen en su fondo y cerca de sus paredes un pequeño hoyo en el que penetra el extremo de un tubo que sale fuera de la tapa y está ligeramente ensanchado en su boca, por la que se carga el recipiente por medio de un embudo. Este recipiente lleva en su tapa superior una llave de aire para que se pueda llenar de bisulfuro de carbono, y una vez lleno se echa por el expresado tubo un poco de agua, con lo cual se imposibilita, ó por lo ménos se dificulta en gran

manera la evaporacion de dicho bisulfuro, tanto más si se cierra la boca del tubo con un tapon á propósito. Cuando se quiera extraer el bisulfuro para cargar las latas con que debe ser expedido al comercio, se recurre á un sifon cuyo brazo menor se introduce en el tubo.

Sulfocarbonato potásico.—Hasta aquí, el sulfocarbonato potásico apénas tenía otra aplicacion que como reactivo en los laboratorios, y por este motivo no se han preocupado ni los químicos ni los industriales en buscar un procedimiento económico y expedito de fabricacion de dicha sal potásica. Preparábase, en efecto, este sulfocarbonato generalmente, por no decir siempre, por el procedimiento del Sr. Dumas, que consiste en tratar una disolucion acuosa de sulfuro de potasio por el bisulfuro de carbono, á la temperatura de 50° próximamente. Esta fabricacion presenta una grave dificultad; la preparacion preliminar del protosulfuro de potasio en estado conveniente de pureza. Seguíanse, para obtener este expresado protosulfuro alcalino, uno de estos dos procedimientos: 1.º La reduccion del sulfato de potasa por el carbon. 2.º La saturacion de una lejía de potasa por el hidrógeno sulfurado. Ahora bien: estos dos procedimientos distan mucho de dar resultados satisfactorios, bajo el punto de vista industrial: el primero, produce un sulfuro que contiene siempre cierta cantidad, á veces bastante considerable, de polisulfuro y de hiposulfitos alcalinos, perjudiciales ambos á la riqueza del sulfocarbonato potásico; el segundo da un pro-

ducto muy puro, pero es, en cambio, mucho más costoso.

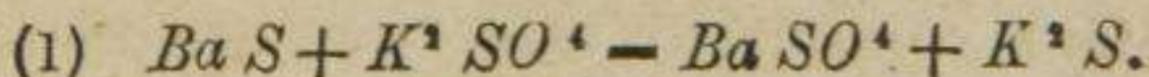
Por estas razones no ha sido posible, hasta ahora, á los fabricantes de productos químicos, expender el sulfocarbonato potásico de una riqueza suficiente y á precio bastante módico. Para poder conseguir estas dos tan precisas condiciones, era necesario de todo punto fabricar dicho producto en abundancia y en el grado de pureza conveniente; era indispensable encontrar un procedimiento sencillo y económico de preparación del protosulfuro potásico; y esto lo ha conseguido, en nuestra opinion, el conocido químico Sr. Vincent, con el procedimiento que vamos á describir.

Está fundado el nuevo procedimiento en el empleo como primeras materias del sulfato de barita y del sulfato de potasa. El primero, que se encuentra muy abundante y en estado natural, se reduce á polvo, mezclando éste con 20 por 100 de su peso de carbon, tambien pulverizado; la mezcla se calcina fuera del contacto del aire, para que no impida el oxígeno de éste la acción reductora de dicho carbon. Al cabo de cinco horas próximamente de calcinacion al rojo, la masa que está formada, sobre todo, de sulfuro de bario y del exceso del carbon empleado, se saca rápidamente del horno y se introduce en unos apagadores, donde se la deja enfriar, no sin enlodar ántes perfectamente con arcilla estos enfriadores.

Por otra parte, se disuelve en agua hirviendo la cantidad suficiente de sulfato de potasa has-

ta saturacion, y se añade á esta disolucion, hirviendo siempre, el sulfuro de bario frio y pulverizado, agitando sin cesar la mezcla. Es indudable que se verificará en seguida una doble descomposicion, cuyo resultado será la formacion de sulfato de barita insoluble, que se precipitará, y protosulfuro de potasio, que quedará disuelto en el agua (1). Tomando una pequeña cantidad del líquido, y filtrándolo rápidamente, se puede averiguar si hay exceso de sulfuro de bario por descomponer; al efecto, bastará tratar el líquido filtrado por una disolucion de sulfato alcalino, y es indudable que se formará precipitado si queda de aquel sulfuro libre; si se trata del mismo líquido filtrado por una sal de barita soluble, es tambien indudable que se formará precipitado tambien, siempre que haya en el líquido ensayado sulfato de potasa libre ó sin haber tomado parte en la expresada doble descomposicion. Se tiene, por lo tanto, un medio seguro y sencillo para regular esta doble descomposicion.

Terminada esta última, se filtra con el objeto de separar el precipitado, aunque tambien pudiera hacerse esta separacion por medio de la decantacion, siquiera sea preferible el primer procedimiento por ser más rápido. El líquido filtrado juntamente con las aguas de locion del precipitado, se somete á la evaporacion, operacion que se da por terminada en cuanto se observe que una gota del líquido hirviendo dejado



enfriar sobre un cuerpo frío, un vidrio de reloj, por ejemplo, cristaliza completamente, á la vista al ménos. Los químicos que tienen alguna práctica en esta clase de operaciones no necesitan hacer tal prueba; basta observar el momento en que se forma sobre la superficie del líquido en evaporacion una especie de película para conocer que ha llegado el momento oportuno, y de dar por terminada la evaporacion ó concentracion.

Colando el líquido concentrado en vasijas á propósito, se obtiene por enfriamiento un bloque de protosulfuro de potasio.

Preparado de este modo este protosulfuro es muy puro, conteniendo tan sólo indicios de polisulfuro y de hiposulfito de hierro. Puede ser trasportado á grandes distancias con suma facilidad en envases cerrados. Disuelto en una cantidad conveniente de agua, da en seguida un líquido que, agitado juntamente con el bisulfuro de carbono á la temperatura de 50° poco más ó ménos, forma en poco tiempo cerca de cinco veces un peso de sulfo-carbonato potásico (K^2CS^5), que puede ser cristalizado si es que no se trata de emplearlo inmediatamente. Sin la agitacion tardaria mucho en verificarse la combinacion.

Tetracloruro de carbono.—El bisulfuro de carbono puede dar origen en ciertas circunstancias que luégo indicaremos, á un compuesto llamado tetracloruro de carbono y cloruro de metilo perclorado, y antiguamente bicloruro de carbono. Este compuesto está evidentemente

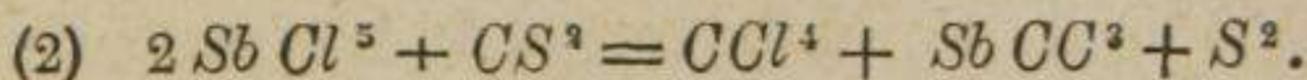
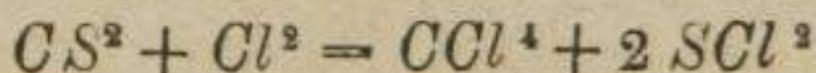
llamado á prestar buenos servicios á la industria, empleándose por lo pronto como medio de oxidacion en las industrias tintóreas el sesquicloruro de carbono, en que se trasforma el tetracloruro cuando se le hace atravesar por un tubo de porcelana calentado al rojo.

Segun Kolbe, el tetracloruro de carbono (CCl^4) se forma haciendo pasar el cloro, saturado de vapor de bisulfuro de carbono, á traves de un tubo calentado al rojo, que contiene fragmentos de porcelana (1); la mezcla amarilla que se obtiene se añade poco á poco á un exceso de lejía de potasa ó lechada de cal, agitando bien y destilando despues. El exceso de sulfuro de carbono se quita generalmente por medio de la potasa; pero el Sr. Leuther trasforma dicho exceso en xantato de potasa, separando el cloruro de carbono por medio del agua, y purificándolo con auxilio de lavados.

Hofmann propone otro procedimiento, que consiste en hacer reaccionar el pentacloruro de antimonio sobre el bisulfuro de carbono (2). Obtiénese un rendimiento máximo mezclando el percloruro de antimonio con un gran exceso de bisulfuro de carbono, y haciendo pasar una corriente de cloro por el líquido hirviendo.

.Por último, los Sres. Muller y Crumps hacen pasar el cloro por una disolucion de cromo ó

(1) La reaccion que en este caso se verifica puede formularse de este modo:



de iodo en bisulfuro de carbono. De este modo se forma tetracloruro de carbono y percloruro de azufre que, en contacto con el aire en exceso, se transforma en protocloruro, pudiéndose separar aquel por destilacion fraccionada. Una pequeña cantidad de iodo basta para una cantidad en cierto modo indeterminada de bisulfuro de carbono.

Para depurar el tetracloruro de carbono se destila y recoge lo que pasa á temperaturas inferiores á 100° , y en seguida se trata por la potasa hirviendo. Cuando puro, este tetracloruro es un líquido oleoso, incoloro, que no se mezcla con el agua, de olor etéreo, agradable, soluble en el alcohol y en el éter; hierve á $78^{\circ},1$ á la presión de $0^m,7483$, y su densidad á 0° es de $1,6298$.

Protocloruro de azufre.—Ultimamente se ha empleado el protocloruro de azufre ($Cl^2 S^2$) para la vulcanizacion del cautchuc, por cuyo motivo vamos á decir dos palabras sobre su preparacion. Este compuesto es un líquido oleaginoso, de $1,60$ de densidad, de color pardo y de olor sofocante; esparce vapores al aire, y hierve á 136° . Obtiénese el cloruro de azufre haciendo pasar una corriente de cloro lavado y desecado por azufre fundido y calentado de 125° á 130° . El cloruro que se forma inmediatamente, destila y pasa á un recipiente enfriado, arrastrando consigo vapores de azufre que se condensarán juntamente con él. Para separarle este azufre bastará destilar de nuevo.

Tambien puede obtenerse el mismo protoclo-

ruro destilando una mezcla de 1 parte de azufre con 9 de cloruro estánico ú 8,5 de cloruro mercúrico. Este último procedimiento no es tan industrial como el primero.

CLORURO DE SODIO.

Propiedades y aplicaciones.—El cloruro de sodio ($Na Cl$), que no es otra cosa que la sal comun pura, se encuentra muy abundante en la naturaleza, unas veces disuelto en el agua, y otras en estado sólido formando grandes masas de la llamada sal gema. Esta última se presenta á veces completamente pura, entre lechos de arcilla y de yeso, y formando depósitos ó bancos y hasta como montañas de una potencia considerable; pero es muy comun encontrarla mezclada con arcilla ó con marga, formando la llamada tierra salada y arcilla salada.

El contacto de las aguas con estos depósitos de sal gema y la salida del líquido á la superficie de la tierra, da origen á los lagos salados, manantiales, salinas, etc., en donde se separa otra vez la sal por evaporacion del disolvente. A igual origen debe atribuirse la formacion de las eflorescencias de sal comun en ciertos terrenos. España es, quizas, la nacion que posee más y mejores salinas.

Además de estos manantiales de sal comun, tenemos otro inagotable, que es el mar. La composicion de las aguas del mar es bastante constante, y las diferencias que se observan de un punto á otro son debidas á circunstancias loca-

les. Su peso específico á 17° varía de 1,0269 á 1,0289. El análisis de multitud de muestras de aguas del Océano Atlántico ha demostrado que está formada de 3,63 por 100 de materia sólida disuelta, y el nitro, ó sea, 96,37, es agua; las aguas del Mediterráneo están formadas de 3,37 de sales y 96,63 de agua. Hé aquí, ahora, la composición de 100 partes ponderales de la parte sólida disuelta en estas aguas:

Naturaleza de las sales.	Océano Atlántico.	Mediterráneo.
Cloruro de sodio.....	77,03	77,07
Cloruro de potasio.....	3,89	2,48
Cloruro de magnesio...	7,86	8,76
Bromuros de sodio y magnesio.....	1,30	0,49
Sulfato de cal.....	4,63	0,76
Sulfato de magnesia...	5,29	0,34
Carbonatos de cal y magnesia.....	»	0,10

Mencionemos también, aunque sólo sea de pasada, que el cloruro de sodio es el residuo ó producto indirecto de algunas industrias químicas, por ejemplo, la fabricación del nitro por medio del nitrato de sosa y el cloruro de potasio, de que nos ocuparemos en momento oportuno.

La sal común, cuando pura no es higroscópica; esta propiedad la debe la sal del comercio á la presencia de otras materias extrañas,

como los cloruros de magnesio y calcio. La cantidad de agua que contiene la sal suele variar de 2,5 á 5,5 por 100. Cuando se la calienta al rojo decrepita, lo cual se debe al agua interpuesta entre los cristales que se convierte en vapor. Es fusible al rojo claro, y se volatiliza al rojo blanco sin alterarse.

Una de las particularidades de la sal comun, es la de no ser mucho más soluble en el agua hirviendo que en la fria. Con efecto, 1 parte de dicha sal se disuelve, segun Gay-Lussac, en 2,78 de agua á 14°, en 2,70 á 60°, y en 2,48 á 109°, 7. Hé aquí, segun Gerlach, la riqueza centimal de una agua salada para las diferentes densidades, á la temperatura de 15°:

Densidad.	<i>Na Cl</i> p. 100	Densidad.	<i>Na Cl</i> p. 100.	Densidad.	<i>Na Cl</i> p. 100
1,00725	1	1,07335	10	1,14345	19
1,01450	2	1,08097	11	1,15107	20
1,02174	3	1,08859	12	1,15931	21
1,023999	4	1,09622	13	1,16755	22
1,03624	5	1,10384	14	1,17580	23
1,04366	6	1,11146	15	1,18404	24
1,05103	7	1,11938	16	1,19228	25
1,05851	8	1,12730	17	1,20098	26
1,06593	9	1,13523	18	(¹) 1,20433	26,395

Las aplicaciones de la sal comun son tan conocidas, que no se necesita indicarlás. Baste

(1) Saturada.

decir, que se emplea en cantidades enormes en la economía doméstica, en la industria y en la agricultura. La producción de sal en 1874, en los diferentes países fué la siguiente, según Wagner:

Inglaterra..	1.840.000.000	kilógramos.
Rusia..	1.250.000.000	—
Austria-Hungría.. . . .	600 000.000	—
Francia..	650.000.000	—
Italia..	350.000 000	—
Portugal y España.. . . .	700.000.000	—
Alemania..	600 000.000	—
Suiza..	35.000.000	—

Extracción de la sal.—El primer manantial de sal común hemos dicho que es la sal gema. Cuando esta se presenta pura ó poco ménos, se extrae y reduce inmediatamente á polvo en molinos á propósito. La explotación de los criaderos de sal gema se hará á cielo abierto, ó por medio de pozos ó galerías, según se presenten aquellos.

Si la sal no es bastante pura, se la disuelve en agua y se purifica por cristalización. Esta disolución se verifica generalmente en la misma mina, sobre todo si hay agua á mano para llenar con ella los agujeros de nudo practicados en la masa de sal gema. Por medio de bombas se retrae después el agua saturada de sal, para lo que se procurará que el tubo de elevación descienda hasta la parte más baja del agujero ó pozo que es donde se encontrará la disolución más rica en sal común, conteniendo 27 por 100 de ésta. Las aguas saladas de este modo extrai-

das, deben someterse á la evaporacion para que depositen la sal que contienen; debiéndose agenciar siempre un procedimiento de evaporacion económico. La sal de los cristalizadores se somete á la desecacion, que puede hacerse al aire libre y al sol ó en estufas, segun convenga y las circunstancias locales permitan.

En España poseemos la importantísima explotacion de sal gema de Cardona, cuyo producto tiene la siguiente composicion:

Cloruro de sodio	98,55
— de calcio	0,99
— de magnesio	0,02
Sulfato de cal.	0,44
	100,00

Vemos, pues, que esta sal puede considerarse casi como pura, pues no llegan ni á 2 por 100 las materias extrañas que contiene.

Para extraer la sal comun del agua del mar, y de las lagunas saladas, puede recurrirse á los siguientes medios: 1.º Evaporacion espontánea al aire libre en los saladares; 2.º congelacion; 3.º evaporacion por medio de combustibles. El primero de estos medios está puesto en práctica en España.

Los saladares no son otra cosa que vastas superficies de terreno sobre la que se cuaja la sal por evaporacion del agua en que está disuelta. Constrúyense, como es consiguiente, cerca del mar ó de los lagos salados, dividiéndolos en varios compartimientos que el agua salada recorre con mucha lentitud, y formando

capa de muy poco espesor; esta corriente puede graduarse á voluntad por medio de compuertas, de modo que cuando el agua llegue á los últimos compartimientos, donde permanece algun tiempo, marque unos $25^{\circ} B.$ y cristalice la mayor parte de la sal que contiene. Al llegar á tal estado se rompe la artesa salina formada á la superficie del agua, y se remueve esta agua con un rastrillo para perturbar la cristalización é impedir que la sal adhiera al fondo de los compartimientos. La sal se recoge dos ó tres veces por semana y áun todos los dias si el tiempo es seco; y se forman pequeños montones sobre la orilla de los compartimientos, y así que han escurrido lo suficiente, se forman otros mayores que se recubren con una capa de tierra gredosa para conservar la sal hasta el momento de la venta, si es que no se la lleva á almacenes cubiertos. En estos grandes montones continúa la sal abandonando los compuestos delicuescentes que corren por pequeñas canales abiertas al efecto.

Esta explotacion se hace en el verano, y suele empezar el mes de Mayo para terminar en Setiembre; pero esto, como se comprende, ha de variar mucho con las condiciones climatológicas del país y del año. La sal que de este modo se obtiene deja bastante que desear bajo el punto de vista de su pureza.

El Sr. Roux, de Rochefort, ha indicado el siguiente método que da productos mucho mejores. Una gran área recibe directamente el agua del mar y la concentra hasta los $24^{\circ} B.$;

de aquí pasa perfectamente clara y límpida á otras tres áreas donde permanece durante diez ó más dias, procurando que sólo tenga 2 ó 3 centímetros de espesor, sin removerla. De este modo, y si las áreas han sido construidas con esmero, se precipita la sal perfectamente blanca en capas cada vez más gruesas. La concentración del agua se dirige de manera que su densidad se mantenga superior á 27° ó 28° B. El líquido de la gran área es reemplazado á medida que va pasando á las otras tres. La sal se pone á escurrir como en el caso anterior, se somete á la acción de un aparato centrífugo, extendiéndola, por último, en capas delgadas al sol y acumulándola en seguida en grandes pilas.

Este método da mucho mejores productos, como hemos dicho, y ahora debemos añadir que el trabajo es más fácil, más sencillo y más económico. El análisis comparativo de las sales obtenidas por el nuevo método y por el antiguo ha dado los siguientes resultados que indican la mejor calidad de las primeras:

	Procedimien- to Roux.	Procedimien- to antiguo.
Materias extrañas insolubles.	0,124	0,440
Humedad.	2,439	8,541
Sulfato de magnesia.. . . .	0,090	0,354
— de cal.	0,283	1,050
Cloruro de magnesia.. . . .	0,049	0,955
— de sodio.. . . .	97,006	88,650
Pérdidas.. . . .	0,009	0,010
	100,000	100,000

Cuando no hay mareas, como sucede en el Mediterráneo, hay que elevar las aguas saladas por medio de máquinas á propósito, á no ser que el fondo del saladar estuviera más bajo que el del mar.

En los lagos salados próximos al mar, no se hace en España otra cosa, cuando se les explota, más que recoger la sal que naturalmente queda cuajada durante el verano. Esta sal se deposita en montones sobre la orilla de la laguna, para que se deseque, y despues al aire. En tal estado se la almacena.

En las salinas del interior de la Península se explotan las aguas salobres, que son bastante ricas, para dar por evaporacion al aire libre la mayor parte de la sal que tienen disuelta. Al efecto, se eleva el agua salada por medio de norias, desde las acéquias ó conductos subterráneos por donde viene, hasta las regatas que la conducen á unos estanques de depósito llamados *recocederos*. Estos se mantienen llenos casi todo el año, y el agua experimenta en ellos una primera concentracion ántes de llegar la época de la *cosecha de sal*, que se verifica en los meses de estío. El agua de los depósitos se esparce una ó dos veces por semana, segun el tiempo, sobre vastas superficies divididas en compartimientos, y estos en cuadrículas ó *albercas*. La sal cristaliza á los dos ó tres dias, y se la recoge en pequeños montones sobre las estrechas calzadas que separan los compartimientos, ligeramente inclinadas por ámbos lados para que escurran las aguas. Se deja la salmuera que

queda en las albercas, y la que falta se echa del recocedero, volviendo á condensarse y convertirse en sal en más ó ménos dias, pero que nunca pasan de cinco, segun el grado del calor que hace. Despues de uno ó dos dias de insolacion, la sal queda bastante seca, y se procede á lo que llaman *entrojar*, es decir, á conducirla y depositarla en almacenes.—(REGNAULT).

Los análisis de Roux han dado la siguiente composicion para las sales de Figueras y de Cádiz:

	<u>SAL</u> <u>de Figueras.</u>	<u>SAL</u> <u>de Cádiz.</u>
Materias extrañas.....	0,120	0,060
Agua.....	2,070	5,180
Cloruro de sodio.....	96,664	93,585
— de magnesio.....	0,234	0,327
Sulfato de cal.....	0,650	0,630
— de magnesia.....	0,245	0,213
Pérdida.....	0,015	0,005

La sal puede ser tambien extraida del agua del mar y de los lagos salados, por enfriamiento. Este método, que no tiene aplicacion en España, está fundado en que una disolucion de sal comun, expuesta á temperaturas inferiores en algunos grados á la de la congelacion del agua, se divide en agua sólida, casi pura, y en agua más rica en sal, que continúa líquida.

El tercer sistema es el de la evaporacion en caliente, que tampoco tiene aplicacion en Es-

pañía. En todo caso sólo podría emplearse con éxito un sistema mixto, es decir, que las aguas se concentraran todo lo más posible al aire libre, y despues se llevara ésta concentracion al punto necesario para la cristalización, en calderas convenientemente dispuestas y calentadas por cualquier combustible barato.

En algunos puntos explotan los manantiales salados que suelen correr en los terrenos inmediatos á los criaderos de sal gema. Estas aguas distan mucho de ser ricas en cloruro de sodio, porque casi siempre atraviesan capas de diferentes terrenos, mezclándose á menudo con agua dulce.

La explotación de estas aguas saladas pobres, abraza estas operaciones: 1.^a enriquecimiento en sal, que puede obtenerse aumentando ésta ó disminuyendo el agua; 2.^a evaporacion del agua salada enriquecida ó convenientemente concentrada.

El primer medio de enriquecer las aguas, ó sea el de disolverlas cierta cantidad de sal, es muy conveniente y sencillo cuando se tiene cerca del manantial el banco ó depósito de sal gema. El segundo medio de enriquecimiento, ó sea el de eliminacion de agua, suele consistir en el empleo de los llamados graduadores, ú otro medio análogo.

La evaporacion se hace por medio de calderas á propósito, y en algunos puntos comprende dos operaciones: 1.^a evaporacion del agua á la temperatura de la ebullicion, hasta saturacion del agua salada; 2.^a evaporacion del agua sala-

da saturada hirviente, con el objeto de que la sal se separe en cristales. La sal cristalizada se coloca en cestos cónicos de mimbres, donde escurre, y despues se la deseca en las estufas.

Las aguas madres que quedan despues de extraida la sal comun de los criaderos de sal gema, manantiales salados, aguas de mar, etcétera, contienen algunos otros productos de gran importancia industrial, como el cloruro de potasio, bromuros y ioduros, y en una explotacion inteligente y bien dirigida se dedican dichas aguas madres á la extraccion de estos productos, lo cual se verifica por procedimientos que describiremos al ocuparnos de las sales de potasa y de la fabricacion del iodo y del bromo.

Cuando se tiene una sal gris muy impura, y se la quiere refinar, se acude á un simple lavado con agua saturada de sal, ó á una completa refinacion. Para esto último, se disuelve en el agua la sal bruta, y añadiendo una lechada de cal se precipita la magnesia que se encuentra al estado de cloruro ó de sulfato; se filtra la disolucion en unas vasijas de doble fondo agujereado, sobre el que se dispone una estera, y el líquido claro se evapora en grandes calderas de fondo plano hasta que cristalice; los cristales se recogen, escurren y desecan en estufas calentadas al vapor, ó por cualquier otro medio que resulte más barato y sea eficaz.

CARBONATO DE SOSA.

Propiedades y aplicaciones.—El carbonato de sosa recibe en el comercio el nombre de sal de sosa, y se presenta principalmente en tres suertes: 1.º sal de sosa carbonatada, que es un carbonato de sosa anhidro que contiene, aparte de ciertas impurezas accidentales, de 3 á 5 por 100 de sosa cáustica; 2.º la sal de sosa cáustica, que es también un carbonato de sosa anhidro, que puede contener de 6 hasta 18 por 100 de sosa cáustica; 3.º los cristales de sosa, que son un carbonato cristalizado con 62,8 por 100 de agua de cristalización ($CO^3Na^2 + 10H^2O$), y no contiene sosa cáustica.

Aparte de este carbonato ó sal de sosa, que procede de ciertas reacciones químicas que pronto expondremos, se encuentran también en el comercio otras suertes de carbonato que podremos llamar natural, y recibe el nombre de *natron* y *trona*, cuando procede directamente de ciertos criaderos, y *barrilla* si se ha preparado por incineración de plantas marinas.

Digamos ante todo dos palabras sobre estos últimos carbonatos de sosa naturales y procedentes de la incineración de las plantas, ántes de entrar en la fabricación del primero, que es el más importante bajo todos conceptos.

El natron ($CO^3Na^2 + H^2O$) se encuentra mezclado con cantidades más ó menos grandes de otras sales, especialmente el cloruro y sul-

fato sódicos. El origen del natron puede ser el ataque por el ácido carbónico y el agua de las rocas ó minerales ricos en sosa, la reaccion de la sal comun sobre las rocas calizas, y por último, la descomposicion pútrida de las plantas ricas en sales de sosa y ácido orgánico.

La trona contiene siempre, independientemente del carbonato neutro, cierta cantidad de sesquicarbonato ($3CO^3, Na^4H^2 + 3H^2O$); es mucho más rara que el natron. En Méjico se encuentra esta sal y se la llama *urao*.

Hé aquí la composicion de algunas sosas naturales:

	<u>NATRON</u> de Ar- menia.	<u>NATRON</u> de Arabia.	<u>TRONA</u> de Egipto.	<u>URAO</u> de Méjico.
Carbonato de sosa..	22,91	51,05	18,43	"
Sesquicarbonato de sosa	"	"	47,29	80,22
Sal comun.....	51,49	24,94	8,16	"
Sulfato de sosa....	16,05	"	2,15	"
Agua	9,88	19,66	19,67	18,80
Arena y otras sales..	"	4,35	4,31	0,98

Sabido es que las plantas marinas, llamadas tambien salíferas, viven cerca del mar y de los lagos salados, y que al quemarlas dejan muchas cenizas que contienen una cantidad muy notable de carbonato de sosa, procedente de la descomposicion de las sales de esta base con ácido orgánico, como son el oxalato, tatrato, etcétera. Y es bueno observar, á este propósito,

que las plantas que viven dentro del mar, tienen ménos sosa que las que crecen en la orilla y hasta á cierta distancia de ésta.

El carbonato de sosa obtenido de la incineracion de las plantas marinas, varía en su composicion y aspecto con las localidades. El mejor, quizás, es el que se obtiene en España de la barrilla ó *Salsola vermiculata*. Las sosas de Málaga, de Cartagena y de Alicante eran antiguamente muy apreciadas, distinguiéndose tres variedades comerciales: la barrilla dulce, de aspecto ceniciento, formando una masa bien fundida y que contiene de 20 á 25 por 100 de carbonato de sosa, independientemente del cloruro de sodio, sulfatos de sosa y potasa, carbonato y fosfato de cal, sílice, magnesia y arena; la barrilla mezclada, masa celulosa negruzca, de fractura limpia; por último, la burda ó basta, cualidad muy inferior, sumamente cargada de carbon, de sal comun y de materias terrosas.

En el dia apénas tienen importancia las sosas naturales y las procedentes de la incineracion de las plantas sulíferas. Por este motivo añadiremos tan sólo á lo que de ellas acabamos de decir, que entre las especies de sosa de origen vegetal debemos citar la que procede de la remolacha sacarina, que se produce en gran cantidad al lado de la potasa en el tratamiento del carbon de vinazas, de los destilatorios de remolacha.

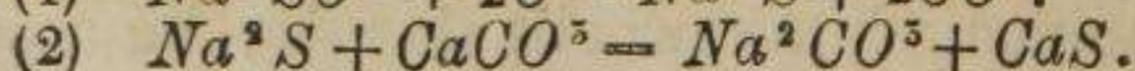
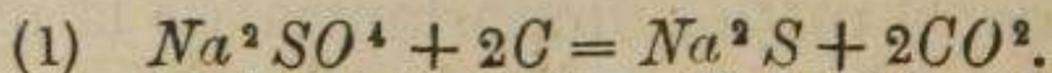
El siguiente estado indica la riqueza centesimal de las disoluciones de carbonato de sosa en sal cristalizada y sal anhidra, segun Schiff:

la cantidad de sosa producida en 1875 en Europa:

Inglaterra.....	400.000.000	kilógramos.
Francia.....	100.000.000	—
Alemania.....	40.000.000	—
Austria.....	20.000.000	—
Otros países.....	50.000.000	—
	<hr/>	
	610.000.000	kilógramos.

Fabricacion del carbonato de sosa.—El procedimiento de fabricacion del carbonato de sosa más importante en el día, continúa siendo el de Leblanc, por lo que le describiremos con todos los detalles necesarios, dejando para lo último la exposicion del nuevo procedimiento al amoníaco, y la indicacion de otros de escaso interés industrial.

Como es bien sabido, el procedimiento Leblanc consiste en hacer reaccionar dentro de un horno, y á cierta temperatura, una mezcla de sulfato de sosa, de carbonato de cal y de carbon. En la formacion del carbonato de sosa por esta mezcla, se presentan tres fases principales: 1.^a reduccion del sulfato á sulfuro por el carbon, con desprendimiento de ácido carbónico (1); 2.^a doble descomposicion entre el sulfuro de sodio formado y el carbonato de cal, en la que se forma, por lo tanto, carbonato de sosa y sulfuro de calcio (2); 3.^a reduccion parcial,—paralizada por el enfriamiento de la masa,—del

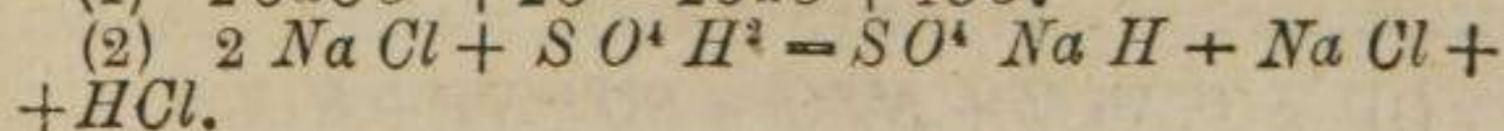
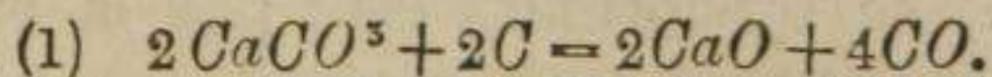


carbonato de cal empleado en exceso por el carbon, formándose cal y óxido de carbono (1). Esta cal, como veremos al hablar de la lejivación de la sosa bruta, es la que convierte una parte del carbonato de sosa en sosa cáustica.

El sulfato de sosa puede adquirirse procedente de las fábricas especiales de ácidos clorhídrico y nítrico, de los criaderos especiales que se encuentran en ciertos puntos, siendo muy abundantes en España, y también de otras procedencias. Pero en una fabricación bien organizada, se combina la industria de la sosa con la del ácido clorhídrico, cloruros y cloratos, aprovechando para la primera el sulfato de sosa que queda como residuo de esta última.

Describamos por lo tanto, ante todo, la preparación del sulfato de sosa con la condensación del ácido clorhídrico, dejando para más adelante la transformación de este último en los expresados cloruros y cloratos.

El sulfato de sosa se prepara mediante la acción del ácido sulfúrico sobre la sal comun. La reacción se verifica en hornos especiales llamados hornos de sulfato, y se divide en dos períodos: el primero empieza á la temperatura ordinaria, y no exige para terminar más que un calor bastante moderado, formándose bisulfato de sosa con desprendimiento de la mitad del ácido clorhídrico (2); el segundo reclama una tempera-



tura próxima al rojo, y durante él reacciona el bisulfato á su vez sobre la sal comun, no descompuesta todavía, resultando, en consecuencia, sulfato neutro de sosa con desprendimiento de la segunda mitad del ácido clorhídrico (1).

La eleccion de las primeras materias para la preparacion del sulfato de sosa, tiene gran importancia. Por punto general, se elegirá una sal comun lo más pura posible, por cuyo motivo se prefiere la sal refinada, que, á la vez de ser más pura, reúne la preciosa cualidad de ser porosa y dejarse penetrar bien por el ácido sulfúrico, lo que no sucede con la sal gema áun cuando se la reduzca á polvo. En el caso de no haber más remedio que emplear ésta, se procurará que no tenga mucha arcilla, ni óxido de hierro, ni yeso, ni sulfato de magnesia.

En cuanto al ácido sulfúrico, es preciso que no esté muy diluido, por más que tampoco es necesario que sea concentrado ni muy puro. El ácido procedente de la torre de Glover, que marca de 58° á 61° B., es bueno. Frecuentemente se aumenta la concentracion en un depósito de plomo que hace parte del horno de sulfato, por cuyo medio se tiene la ventaja de emplear un ácido caliente. Si el sulfato de sosa resultante ha de ser empleado en la fabricacion del cristal, se procurará que el ácido sulfúrico no esté cargado de sulfato de hierro procedente de las piritas. Cuando el ácido sulfúrico contenga ácido arsénico, se trasformará éste por la sal

(1) $SO^4 NaH + Na Cl = SO^4 Na^2 + HCl.$

comun en cloruro de arsénico ($As Cl_3$) que es volátil y se condensa juntamente con el ácido clorhídrico.

Prescindiremos de las antiguas retortas en que se cargaba el cloruro de sodio y el ácido sulfúrico, porque en el día se han abandonado por completo, y nos ocuparemos tan sólo de los hornos que más se usan. Cualquiera que sea la construcción de estos hornos, constan siempre de dos compartimientos: la cubeta, que puede ser de plomo ó de hierro fundido, donde se verifica el primer período de la operación, y la calcina, que puede ser de reverbero, es decir, de fuego directo, ó de mufla, donde se calcina la mezcla procedente del otro compartimiento y de donde se extrae el sulfato neutro.

Los hornos pueden ser de mufla ó de reverbero; pero los primeros van sustituyendo á los segundos en las fábricas mejor montadas. Tienen, en efecto, los hornos de mufla la ventaja sobre los de reverbero, de que en ellos la condensación es más perfecta, obteniéndose más concentrado el ácido clorhídrico, siendo más sencillos al propio tiempo los aparatos de condensación, y pudiéndose emplear la hulla como combustible. Por su parte, los hornos de reverbero presentan también algunas ventajas, tales como la mejor producción de sulfato, mayor riqueza de éste y estar menos expuestos á reparaciones.

La fig. 5.^a representa un horno de mufla y cubeta, que da muy buenos resultados en la práctica. Compónese de una mufla de ladrillos

cuando se han desprendido $\frac{2}{3}$ del ácido clorhídrico, —para ser trasportada por el canal de comunicacion *i*, que se abre bajando el contrapeso *K* á la mufla de ladrillos *A*, que se mantiene al rojo vivo, con el objeto de que acabe de desprenderse el ácido clorhídrico. Si en este período de la operacion se desea obtener un ácido concentrado, se enfrían los gases ántes de que penetren en el condensador. Como durante la operacion está interrumpida la comunicacion entre la cubeta y la mufla por medio del registro *i*, los gases que se desprenden de estos dos departamentos pueden recogerse separadamente; de la cubeta salen por el tubo de barro cocido *G*, y de la mufla por el tubo *H* de ladrillo refractario. (1).

Con el objeto de economizar mano de obra, se han introducido en la preparacion del sulfato hornos mecánicos. Uno de estos es el de los señores Jones y Walsh, de Midleburgo, que parece da muy buenos resultados. Sabido es, como ya hemos visto, que el trabajo de la calcina, donde acaba de formarse el sulfato es muy penoso, y la calidad del producto depende de la fuerza y de la habilidad del obrero. El nuevo horno es de forma circular; su plaza, horizontal con rebordes; el caldeo se hace con la llama de

(1) La cantidad de ácido sulfúrico se mide de modo que quede 1 á 3 por 100 de sal comun sin descomponer; así se obtendrá un sulfato completamente neutro. 100 partes de dicha sal comun necesitan, para ser completamente descompuestas; 95 partes de ácido sulfúrico de 60° B y 104 del mismo ácido á 55° B.

un hogar al cok que pasa por el horno. Por el centro de la bóveda pasa una varilla de hierro formando eje, que descansa y gira sobre un cojinete implantado en el medio de la plaza; el movimiento lo recibe por medio de un engranaje cónico encima del horno. Este eje lleva diferentes sistemas, que al girar remueven y bracean constantemente la masa que está sobre la plaza; un movimiento especial empuja el sulfato á voluntad hácia un costado del horno por donde se verifica la descarga. Toda la descomposicion se hace en este horno; el ácido clorhídrico se desprende con mucha regularidad, lo que no se consigue en los hornos ordinarios; de aquí que se haga la condensacion muy bien, á pesar de la gran dilucion del ácido en los gases. Segun el Sr. Lunge, se necesita cerca de 5 por 100 ménos de ácido sulfúrico que en el antiguo procedimiento; la temperatura es solamente de 450° , mientras en otros casos se necesita la de 650° ; la operacion termina en seis horas.

Segun Simmonds, el sulfato de sosa bruto de las fábricas inglesas, tiene, término medio, la siguiente composicion:

Sulfato de sosa.....	96,50
Cloruro de sodio.....	0,75
Acido clorhídrico libre...	0,54
Acido sulfúrico libre.....	0,46
Sulfato de cal.....	1,00
Oxido de hierro.....	0,30
Sílice.	0,25
Humedad.....	0,20

100,00

En muchas fábricas se va introduciendo el procedimiento Hargreave, cuyo objeto es obtener directamente el sulfato de sosa por la acción del ácido sulfuroso sobre la sal común, en presencia del oxígeno del aire y del agua. En esta reacción se forma, con efecto, sulfato de sosa y ácido clorhídrico (1).

El sulfato producido por medio de la sal refinada no contiene más que la mitad del hierro que se encuentra en el sulfato ordinario, y su empleo se ha extendido á un gran número de fábricas de vidrio, no tan sólo en Inglaterra, sino también en el continente y en América.

La reacción del ácido sulfuroso sobre la sal, se verifica á 400°. La gran dificultad consistía en encontrar una forma en que todas las partes de la sal pudieran ser atacadas por el ácido: como término de sus numerosos ensayos y estudios, los Sres. Hargreaves y Robinson se han decidido por la de ladrillos ó prismas, empleándose indistintamente la sal gema ó la refinada, ó por último, una mezcla de las dos; con auxilio del agua, se hace una pasta espesa de sal, que se mezclará bien, y se la dará la forma de ladrillos ó prismas, los cuales se secan en un horno especial, para ser reducidos después á pedazos de 38 milímetros de tamaño. El señor Stevenson ha construido últimamente un aparato muy ingenioso para verificar mecánicamente estas diferentes operaciones.

La sal preparada en pedazos, como acaba-

(1) $SO^2 + O + 2NaCl + H^2O = Na^2SO^4 + 2HC.$

mos de decir, se coloca sobre rejillas de barrotes móviles que se encuentran en la parte inferior de unos cilindros de fundición de grandes dimensiones, revestidos en su interior de una capa de ladrillos refractarios. Ocho de estos cilindros forman una batería que funciona de tal suerte, que el ácido sulfuroso atraviesa primero el cilindro cuyo contenido está más próximo á su completa transformación en sulfato, y los gases, después de haber atravesado toda la serie intermedia, salen del que últimamente se cargó de sal.

El calentamiento se hace exteriormente por las llamas de un hogar que circulan por conductos abiertos al efecto al rededor de los cilindros. Por lo demás, la temperatura tiene gran influencia en el éxito de la operación, y no debe exceder de la indicada de 400° , y además es preciso que sea igual en todas las partes del aparato, lo que no es cosa tan fácil de obtener. Sin embargo, el calor, que queda libre por la reacción misma, ayuda mucho á que se realice esta última condición.

El ácido sulfuroso es producido por una serie de hornos de pirita, y mezclado con el aire y vapor de agua á 100° . El ácido clorhídrico, así como los otros gases, son extraídos de los cilindros por medio de un aspirador, y al primero se le condensa en una serie de columnas ó en bombonas por donde circula una corriente de agua fría en sentido inverso. Debemos decir, sin embargo, que la condensación no es fácil, á consecuencia de la gran dilución en que se en-

cuentra el ácido clorhídrico, primero, y además por su alta temperatura.

Con arreglo á la teoría, 100 partes de cloruro de sodio puro deben suministrar 121 de sulfato de sosa anhidro; pero á causa de la humedad y de las impurezas de la sal comun, no se obtienen generalmente de 100 de aquel cloruro más que 105 á 113 del sulfato. Este último contiene de 98 á 97 por 100 de sulfato de sosa anhidro puro ($SO^4 Na^2$); 0,05 á 2 por 100 de cloruro de sodio sin descomponer; 0,5 á 2 por 100 de ácido sulfúrico en exceso; 0,3 á 1,5 por 100 de sulfato de hierro, etc.

100 partes de sal comun deberán suministrar industrialmente unos 160 de ácido clorhídrico líquido de 21° Beaumé (de 32 por 100 en peso de gas HCl). Con las calcinas de mufla se obtiene con bastante frecuencia 150 partes; pero con las calcinas de reverbero, el rendimiento en ácido clorhídrico líquido de 21° Beaumé era antiguamente inferior las más de las veces á 100 de ácido por 100 de sal comun.

La condensacion del ácido clorhídrico es otro de los problemas más importantes de la fabricacion que nos ocupa: importante, bajo el punto de vista de la economía industrial, puesto que dicho ácido representa un producto de bastante valor; importante tambien bajo el punto de vista higiénico, pues los vapores de ácido clorhídrico son muy perjudiciales á la vegetacion y á las personas. Es, por lo tanto, necesario condensarlos por este doble motivo. Y hasta tal punto se han perfeccionado los procedimientos

de condensacion, que en algunas fábricas no escapa el aire más que el 0,88 á 0,73 por 100 del gas clorhídrico, y no son pocas las en que es completa dicha condensacion.

Por punto general, los aparatos de condensacion deben ser muy sencillos, recibir el gas suficientemente enfriado, presentándole gran cantidad de agua y una superficie de condensacion lo más desarrollada posible. El enfriamiento por el aire es el único práctico en las grandes fábricas. En las fábricas inglesas se emplea, en general, una serie de tubos de barro (de 0,40 á 0,60 de diámetro interior) que enchufan unos con otros y se unen por medio de un cemento de arcilla y de brea. Estos tubos, de 35 á 70 metros de longitud total, están dispuestos con una inclinacion de 5 centímetros por metro, en una sola línea, ó bien en zigzag, y desembocan en los aparatos de concentracion. Son estos, bombonas ó cubas de grés, mantenidas sólidamente por una armadura metálica, y las uniones ó junturas se mantienen impermeables por medio de láminas de cautchuc. Para prevenir el ataque del grés, puede ser bueno embrear el interior de las cubas.

Una gran parte del ácido se condensa en las cubas. Los gases no condensados llegan en seguida á una torre de cok formada de dos columnas: penetran por debajo de la primera columna, salen por arriba, atraviesan un tubo y la segunda columna de abajo arriba. Un tubo de barro provisto de registro los recibe en seguida y los conduce á la chimenea.

El agua es distribuida uniformemente en la parte superior de la torre, por una cubeta de báscula ó por un molinete hidráulico. La columna está llena de fragmentos de ladrillo, ó más generalmente de cok, que no deben estar muy apretados,

Con dos hornos de mufla, que producen por semana 8.000 kilogramos de sulfato anhidro de sosa, se obtiene un ácido suficientemente concentrado, dando á la primera columna cuadrada 15 metros de altura y 2,3 metros de lado; la segunda columna acaba la condensacion, y el ácido recogido no señala más que 1° Beaumé. Se puede dejar perder ó utilizarlo enriqueciéndole.

La figura 6.^a da una idea exacta del conjunto de bombonas ó sistema condensador. El agua pura entra por el tubo *b* de la izquierda y pasa por *a* para entrar en la bombona siguiente, etc. La comunicacion entre las bombonas para la circulacion del líquido se verifica por medio de cabos de tubo de cautchouc vulcanizado, sujetas en las aberturas *b b b*, etc. El agua corre, pues, de izquierda á derecha, y la circulacion se facilita por la disposicion de las bombonas en escalones. Los gases del horno de sulfato circulan, por el contrario, de derecha á izquierda; por el ancho tubo, en la bombona de la derecha, corren sobre el líquido, abandonándole el gas clorhídrico, y pasan en seguida por el tubo encorvado del medio á la bombona de la izquierda, y dejan condensar nueva cantidad de ácido clorhídrico, etc., etc. Al salir de la última

bombona de la izquierda, se les pone en comunicacion con una torre de condensacion de cok ó con el conducto que los lleve á la chimenea principal, cuyo tiro provoca una aspiracion bastante enérgica á traves de toda la serie de bombonas. Para condensar el ácido clorhídrico procedente de 100 kilogramos de sal, y obtener un ácido líquido de 21° Beaumé, es preciso hacer correr á traves del sistema de bombonas 140 á 146 litros próximamente de agua,

Generalmente se condensan por separado los gases de la cubeta y los de la calcina. Como los de la cubeta son ricos en ácido clorhídrico (600 gramos de *HCl* por metro cúbico), relativamente frios y húmedos, son fáciles de condensar, aún en una serie de bombonas poco numerosa (de 35 á 50), suministrando un ácido clorhídrico líquido muy concentrado. Los de la calcina, por el contrario, están muy diseminados (frecuentemente 2 gramos tan sólo de *HCl* por metro cúbico de gases), muy calientes y secos, y son muy difíciles de condensar; con frecuencia se les hace recorrer series de 70 á 80 bombonas, y á pesar de ello, se escapa aún á la atmósfera una notable cantidad de gas ácido clorhídrico, siendo difícil obtenerlo de 21° Beaumé.

En algunas fábricas se han combinado las bombonas y las columnas de cok: los gases enfriados llegan á las bombonas que comunican entre sí por medio de tubos de cautchouc, situados á la cuarta parte de la altura, de modo que el líquido se encuentre siempre al mismo nivel. Despues de haber atravesado todas las bombo-

nas, los gases llegan á las columnas de cok, cuyo líquido vuelve á las bombonas y se concentra hasta el grado que se desea.

Los señores Jones y Walsh han introducido una innovacion muy oportuna en la condensacion del ácido clorhídrico. Este ácido, muy diluido, atraviesa una especie de arca de piedra que resiste á la accion de los ácidos, cuya cubierta contiene un centenar de pequeñas aberturas; un depósito de agua, situado en la parte alta, produce una gárgola cuyo efecto es el de enfriar los gases y precipitar el polvo arrastrado, sin condensar demasiado el ácido clorhídrico. Por último, éste es absorbido por una lluvia de agua que atraviesa una torre ordinaria de condensacion.

La figura 7.^a representa la parte baja de una torre de condensacion, combinada con dos arcas de piedra. *A*, base del condensador; *B*, parte inferior de la torre, construida de losas de grés; sobre la bóveda perforada que se ve en la figura descansa la columna de cok; *C*, cámara donde llega el gas clorhídrico, y en la que se reúne el ácido líquido concentrado; *J*, tubo que conduce el ácido líquido á la segunda caja *D*; *b*, tubo que conduce el ácido líquido del fondo de *D* á la primera caja *E*; *r*, tubo con llave para sacar el ácido; *a*, *a'*, *a''*, tubos por donde llegan los gases á condensar á la caja *E*, de ésta á la *D*, y por último, á la torre ó condensador. En vez de las arcas de piedra suelen emplearse, como ya hemos indicado, series de bombonas.

En cuanto á la preparacion de la sosa bruta,

ó sea la trasformacion del sulfato en carbonato, se verifica ordinariamente en hornos de dos compartimientos: en uno se calienta la mezcla de sulfato de sosa, carbon y creta, y en el otro se acaba la fusion. En varias fábricas se ha ensayado el empleo del calentamiento por el sistema Siemens, por medio de generadores y regeneradores; pero, segun nuestras noticias, sin éxito.

Uno de los hornos más usados, sobre todo en Inglaterra, es el de dos plazas, que representa la figura 8.^a Este horno está construido de ladrillos refractarios sólidamente unidos por fuertes armaduras de hierro. Las dos plazas $S S'$, de la que la más distante del hogar S' está más alta que la otra S , $0^m, 10$, próximamente, están sostenidas por una masa de hormigon y formadas de ladrillos refractarios, de preferencia más aluminosos que silíceos, dispuestos de canto. Son elípticas y de ángulos romos. La bóveda V ó el techo del horno, va bajando á partir del hogar hasta el conducto O ; la distancia de la primera plaza es de $0^m, 40$ y de la segunda $0^m, 30$ próximamente.

El horno tiene dos puertas de trabajo P y P' , una para cada plaza, y delante de cada una de ellas, está sólidamente sujeto un rodillo horizontal de fundicion K , destinado á facilitar el trabajo ó movimiento de las largas y pesadas barras agitadoras de hierro. En un horno de esta clase, se trabaja 500 kilogramos, próximamente, de materia por cada plaza; cada operacion dura una hora, de modo que en veinte y

cuatro, se pueden obtener 24 panes de sosa bruta, pesando cada uno cerca de 300 kilogramos; 100 de sulfato puede suministrar, según los dosados, de 153 á 168, término medio, 160 á 162 de sosa bruta.

Trabajando sobre una menor cantidad de materia á la vez, se hace el trabajo ménos penoso, más fácil la manipulacion, más igual la temperatura y más fácil de regular; por último, la materia en fusion queda ménos tiempo expuesta á un calor muy intenso, que puede provocar una pérdida notable de sodio por volatilizacion. El trabajo se conduce del modo siguiente, suponiendo el horno entero calentado al rojo:

Una carga de la mezcla de 225 kilogramos de sulfato de sosa, 240 de caliza y 120 de hulla, se introduce á la pala por la puerta de trabajo *P'* sobre la plaza superior y en seguida se iguala. La puerta se cierra, y durante el espacio de una hora, se bracea solamente dos ó tres veces. La hulla toma fuego, la temperatura de la mezcla sube, el sulfato empieza á fundirse y á reducirse á sulfuro de sodio.

Al cabo de una hora, la plaza inferior que acaba de ser limpiada, recibe la masa *M*. Estando ésta más próxima al alto *A*, queda, por lo mismo, expuesta á un calor más intenso. La fusion de la mezcla es más perfecta, y la aparicion de inmensas llamas, ambas de óxido de carbono, indican el principio de una enérgica reaccion. Esta se regula trabajando de vez en cuando la masa con las barras, con el objeto de

presentar constantemente nuevas superficies á la acción de la llama *E*. Poco á poco la masa cambia de aspecto; se vuelve pastosa, semifluida; de su superficie escapan constantemente pequeños chorros gaseosos, llamados bujías por los obreros, que arden con una llama amarilla viva. A partir de este momento debe continuar el braceado de un modo activo hasta que las bujías empiezan á disminuir y la masa á perder su fluidez, llegado lo cual se aproxima ésta hácia la parte de trabajo, por donde se la hace caer en el carretoncillo de palastro *C*, donde se moldea en bloques ó panes de sosa bruta.

Por enfriamiento se solidifica esta masa desprendiendo amoniaco. El carretoncillo se lleva entónces al almacén de los panes donde se vierte la carga; la masa sólida, de color gris usado, se desprende y se la amontona generalmente contra un muro. El pan, que resulta negro, es casi seguro que es sulfuroso; si es gris blanquecino, contiene con frecuencia sulfato sin descomponer.

En vez del horno descrito y de los de su clase, se va generalizando cada vez más, sobre todo en Inglaterra, el empleo de los hornos rotatorios, sobre todo despues de las últimas y oportunas modificaciones de Stevenson y Williamson. En la fig. 9.^a representamos un horno rotatorio.

La mezcla de sulfato de sosa, carbonato de cal y carbon, se introduce en el cilindro de hierro *A*, revestido interiormente de ladrillos

refractarios. Interiormente el cilindro lleva dos bandas salientes *B, B*, por medio de las cuales descansa sobre dos pares de ruedas *C*, provistas de ranuras correspondientes. Uno de los dos pares de ruedas tiene un eje por cuya rotación reciben el movimiento rotatorio dichas ruedas, que á su vez lo transmiten al cilindro. La llama y gases del hogar *D* llegan por la abertura *E* al cilindro, pasan en seguida por *F* á la cámara abovedada *G*, donde se puede penetrar por las puertas *LLL*, y por último, escapan por el conducto *K* á la chimenea de tiro. La carga del horno se hace por la tolva *H* y con auxilio del carretoncillo *J*.

Cada uno de estos hornos exige una chimenea especial con un fuerte tirante, y el mismo horno debe estar reforzado. Por punto general, cada uno de estos hornos hace el trabajo de cuatro de los ordinarios, y puede producir 18.000 á 19.000 kilogramos de sosa bruta; la descomposición del sulfato es más completa que en los hornos antiguos, el rendimiento de sosa mayor y la calidad del producto superior. No debemos ocultar, sin embargo, que estos hornos rotatorios son muy caros, pues cuesta uno, completamente instalado, unas 50.000 pesetas, y esta es la razón por qué no se han introducido aún en el continente. Hace algunos años se intentó montar uno en Ciempozuelos, en la fábrica de barrilla titulada *La Alcalina*; pero no sabemos por qué causa—suponemos que por lo caro y difícil de construir,—se desistió de la idea y no se ha montado.

A cada horno se adicionan dos grandes cubetas de 7 metros de longitud por 2 de ancho, para evaporar las disoluciones de sosa. Los gases procedentes de la cámara de descomposición del sulfato, despues de haber atravesado los conductos para que se depositen las impurezas, pasan á lamer la superficie del líquido á evaporar. Las cubetas están divididas en dos compartimientos; una bomba especial extrae constantemente las aguas madres de una para verterlas en la otra, obteniéndose, de este modo, carbonato de sosa muy puro de 95 por 100 en la primera, y de 80,85 en la segunda.

Al principio, el trabajo en los hornos rotatorios presentaba grandes dificultades. Los panes de sosa obtenidos eran muy compactos y no se disolvían sino con dificultad. El primer perfeccionamiento introducido por los Sres. Stevenson y Williamson consistió en introducir desde luego la creta y una parte de carbon tan sólo. Cuando se habia trasformado una parte del carbonato en cal viva, se añadía el sulfato de sosa con el resto de carbon. El resultado es que la cal, al dilatarse en contacto del agua, rompe los pedazos y permite al líquido penetrar en toda la masa. Pero este método tenía el inconveniente de exigir mucho tiempo, por consiguiente, más combustible, y era difícil juzgar cuándo era llegado el momento de añadir la segunda carga.

Al Sr. Mactear, director de la fábrica Tennart de Glasgow, pertenece la gloria de haber introducido una notabilísima mejora en los hornos rotatorios. Introduce al mismo tiempo el sulfato,

el carbon y la creta, tomando de esta última la cantidad necesaria segun la teoría ó un poco ménos. Cuando la operacion está casi terminada, lo que se reconoce por el estado pastoso de la masa, se para el cilindro un instante y se añade 5 por 100 de cal viva en pequeños pedazos, bastando en seguida hacer dar algunas revoluciones á aquel, para repartir la cal añadida entre la masa. Gracias á este tratamiento, se conserva esta masa porosa, y el carbonato puede obtenerse más ó ménos cáustico. Empleando ménos creta, se puede obtener, en el mismo horno, más sosa, quedando además mucho ménos residuo insoluble en los aparatos lejiviadores. Con efecto, de los estudios de Scheurer-Kestner resulta que la mayor parte de las pérdidas de sosa sufridas durante la fabricacion deben atribuirse á la cal, de la que es preciso, sin embargo, añadir un exceso en los hornos ordinarios, tanto para que la descomposicion del sulfato sea completa, como para suministrar al final de la operacion los gases necesarios y para hacer porosa la masa.

Por este y otros perfeccionamientos ha conseguido el Sr. Mactear producir en un sólo horno rotatorio, y en veinte y cuatro horas de trabajo, 50 toneladas de sosa bruta.

Por último, algunos industriales concluian en un mismo horno la preparacion del sulfato y su trasformacion en carbonato. Pero esto no tiene ventaja ninguna.

De cualquier modo que sea el horno de sosa, es preciso tener presente varias circunstancias

referentes á las primeras materias que en ellos reaccionan y dan lugar á la formacion del carbonato de sosa. Este punto tiene sobrado interés para que dejemos de dedicarle algun espacio.

Como materia reductiva se pueden quemar el carbon de leña, la hulla, el lignito, y áun la antracita, el serrin de madera, la brea y la turba.

Generalmente se emplea la hulla menuda, escogiendo, siempre que sea posible, la hulla grasa, que contenga ménos cenizas y esté libre lo más posible de sulfuro de hierro. Se tritura la hulla en un molino, como la caliza, pero sin reducirla á polvo fino. Es tambien útil conservar cierto número de fragmentos de hulla un poco gruesos para obtener panes de sosa bruta más porosos y más fáciles de lejiviar.

El sulfato de sosa anhidro debe ser poroso y ligero, de naturaleza homogénea, no conteniendo más de 0,2 por 100 de cloruro de sodio, y 1,2 á 1,6 por 100 de ácido sulfúrico libre. La presencia de una pequeña cantidad de este ácido parece ventajosa para obtener una sosa bruta poco sulfurada y porosa. Se la emplea tal y como sale de los hornos de sulfato.

La caliza ó carbonato de cal, debe ser lo más blanca y pura posible, sobre todo exenta de magnesia y de arcilla. Si no ha sido de antemano desecada, débese determinar siempre la cantidad de agua que contiene (que puede, segun las condiciones atmosféricas, elevarse de 4 á 18 por 100) para tener cuenta de ella al hacer el dosado de las mezclas. Los gruesos bloques ó

pedazos se rompen en otros más pequeños, que se echan en seguida á la acción de muelas de fundición verticales, donde son triturados, y luego se tamizan ó clasifican de un grueso máximo del tamaño de una avellana.

Una vez preparadas las primeras materias, se las mezcla toscamente, colocándolas ordinariamente en monton delante de la puerta del horno de sosa; á veces el monton se rocía con cierta cantidad de aguas madres de la sal de sosa carbonatada (aguas rojas), sea para encontrarlas con empleo útil, ó sea para humedecer un poco las materias é impedir que sean arrastradas con sobrada facilidad por el vivo tiro del humo.

El dosado de las materias se hace en proporciones variables, pero que no difieren, sin embargo, muy esencialmente de las que habia indicado Leblanc, á saber:

Sulfato de sosa.....	100
Caliza	100
Carbon.....	55

y que corresponden bastante exactamente á 2 moléculas del primero por 3 de la segunda.

Las variaciones más grandes se observan en la proporción de hulla empleada, lo que se explica perfectamente si se considera que ciertos fabricantes pueden hacer uso de hulla antracita que da hasta 80 por 100 de cok, y no contiene más que 4 á 8 por 100 de cenizas, mientras que otros se ven obligados á emplear hullas que no dan más que 60 por 100 de cok y dejan 10 á 15 y aún 18 por 100 de cenizas.

El siguiente estado indica las proporciones

empleadas en las fábricas de Inglaterra, Francia, Alemania y en las de Bélgica, y por él se viene en conocimiento de estas diferencias que acabamos de señalar.

SULFATO DE SOSA.		CARBONATO DE SAL.		HULLA.
$SO^4 Na^2.$		$CO^3 Ca.$		
100	. . .	100	. . .	75
100	. . .	110	. . .	50
100	. . .	103	. . .	62
100	. . .	98	. . .	56
100	. . .	115	. . .	40
100	. . .	120	. . .	46
100	. . .	115	. . .	68
100	. . .	94	. . .	41
100	. . .	100	. . .	41
100	. . .	92	. . .	42
100	. . .	106	. . .	55

Generalmente, para producir la sal de sosa carbonatada, se fuerza un poco la dosis de caliza y se disminuye la de hulla, mientras que se hace lo inverso para la sosa bruta que debe destinarse á la fabricacion de las sales de sosa cáusticas.

La composicion de los panes de sosa bruta varía bastante, como es natural, y como vemos por el siguiente estado que comprende los resultados del análisis de cinco muestras distintas:

Carbonato de sosa.....	44,80	36,90	44,40	38,50	41,0
Sulfuro de calcio.....	29,96	28,70	28,87	27,34	33,50
Sulfato de sosa.....	0,92	0,39	1,54	1,54	0,75
Silicato.....	1,52	1,18	1,30	1,12	1,16
Aluminato.....	1,44	1,70	0,80	1,02	0,39
Cloruro de sodio.....	1,85	2,53	1,42	1,75	1,31
Cal viva.....	9,68	9,27	10,44	10,18	9,32
Carbonato de cal.....	5,92	3,31	3,20	»	0,90
Oxido de hierro.....	1,21	2,66	1,75	2,40	3,02
Carbon.....	1,20	7,01	5,42	5,43	4,72
Arena y otras impurezas.	»	»	»	»	»
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

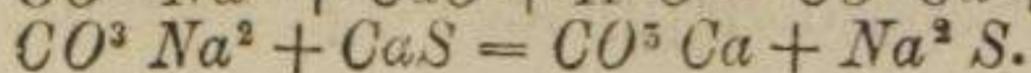
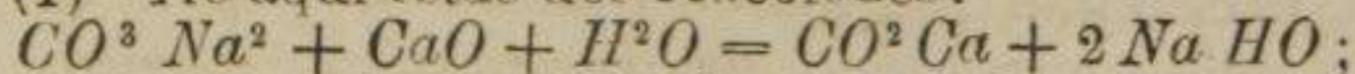
Estas materias proceden, unas de las reacciones que ya conocemos, otras del exceso de alguna de las primeras materias y de las impurezas que las acompañaban, y otras, por último, del ataque de alguna de estas materias á los materiales de que está construido el horno.

Refino de la sosa bruta.—Para refinar el carbonato de sosa, se reduce la sosa bruta á fragmentos y se trata por el agua, concentrando la disolución resultante para que deposite cristales de sosa ó evaporándola á sequedad y calcinando el residuo, si se desea obtener la cáustica..

La lejiviación de la sosa bruta, que ántes se hacía por procedimientos muy imperfectos, viene siendo objeto de importantes y detenidos estudios, habiéndose ideado multitud de aparatos más ó menos convenientes para verificarla. Esta operación es, en efecto, tan importante como delicada: por una parte, debe disolverse todo el carbonato de sosa, y por otra, es preciso evitar que éste reaccione sensiblemente sobre la cal y sobre el sulfuro de calcio, dando origen á la sosa cáustica y sulfuro de sodio (1).

De todos estos estudios, debidos á Kolb, se deduce que es preciso lejiviar la sosa bruta lo más pronto posible con un minimum de agua y á una baja temperatura. A conseguir este efecto está encaminado, entre otros, el lejiviador inventado por Shanks, que representamos en la figura 10.

(1) Hé aquí estas dos reacciones:



El nuevo lejiviador, llamado de filtración metódica, está basado en el hecho de que una disolución es tanto más densa, cuanto más sal contiene disuelta, y que una columna líquida de lejía débil, de cierta altura, es sostenida por otra menos alta de una lejía más concentrada. Las cubas, en número de cuatro u ocho, son atravesadas por una corriente de agua que disuelve la sosa y se vuelve de este modo más densa de cuba en cuba; el nivel del líquido baja sucesivamente de una á otra cuba, á partir de la primera que contiene el agua pura, hasta la última, de la que corre una lejía saturada. Aun cuando dichas cubas estén en un plano horizontal, el nivel del líquido se presenta, sin embargo, en forma escalonada. Las dimensiones de las cubas son 2^m,60 de longitud y ancho por 2 metros de profundidad, y están provistas de un falso fondo *F* de palastro, agujereado y sostenido por una rejilla. Del fondo de cada cuba parte un tubo de palastro *T*, abierto en los dos extremos, de los cuales el inferior está cortado á bisel; este tubo sube hasta la parte alta de la cuba y lleva en el costado una cortatubuladura *t t'* que hace comunicar una cuba con otra ó con la canal *c*. Por medio de los tubos conductores *r, r', r'', r'''*, provistos de llaves, cada cuba puede llenarse de agua; y por las llaves *R* y *R'*, colocadas en el fondo de la cuba, puede la lejía pasar al conducto *c'*. En general bastan cuatro lavados.

Las lejías que deben marcar de 24° á 30° *B.* se dejan en reposo en grandes depósitos de pa-

lastro, para que se aclaren, precipitándose una especie de lodo negro, formado en su mayor parte de sulfuro de hierro. Es preciso que la temperatura del local donde se verifica este aclaro sea de 40° á 60° , para impedir que en invierno se formen cristales de carbonato de sosa ($CO^3 Na^2 + 10 H^2 O$) que obstruirían los tubos y llaves.

Wagner cita el siguiente ejemplo de composición de las lejías brutas. Peso específico 1,25. 1 litro de lejía contiene 319^{gr.},9 de sales sólidas, que presentan la siguiente composición centesimal:

Carbonato de sosa.....	71,250
Hidrato de sosa.....	24,500
Cloruro de sodio.....	1,850
Sulfito de sosa.....	0,102
Hiposulfito de sosa....	0,369
Sulfuro de sodio.....	0,235
Cianuro de sodio.....	0,087
Alúmina.....	1,510
Sílice.....	1,186
Hierro.....	indicios.
	100.071

La presencia del sulfuro de sodio es muy desventajosa en las disoluciones, porque reacciona sobre el óxido de hierro para formar sosa cáustica y sulfuro de hierro que colora el líquido en verde ó en amarillo, y puede ser causa de la coloración de los cristales; por otra parte, se deposita con gran dificultad. Por este motivo, se han propuesto muchos procedimientos para eliminar dicho sulfuro. El Sr. Gossage

deja pasar las disoluciones varias veces por una torre llena de cok, en sentido contrario á una corriente de aire. El Sr. Hargreaves hace pasar una corriente de vapor recalentado á traves de la disolucion. El Sr. Kolb añade sulfato de hierro, que se precipita bien. El Sr. Parnell emplea el carbonato de zinc adicionado de óxido. Por último, en varias fábricas se recurre á torres de carbonatacion por las que sube una rápida corriente de aire y ácido carbónico, que quitan al mismo tiempo á las disoluciones de sosa bruta su causticidad, y precipitan el sulfuro de hierro. Con efecto, el oxígeno reacciona sobre el sulfuro de sodio y le hace pasar al estado de hiposulfito ó de sulfato; el sulfuro de hierro que no es soluble sino á favor de aquel sulfuro, no podrá, por lo tanto, mantenerse en disolucion, y se depositará ó precipitará completamente en las vasijas de depósito. El ácido carbónico puede ejercer una doble accion: combinarse con la sosa cáustica y hacerla pasar al estado de carbonato, y reaccionar sobre el sulfuro de sodio para trasformarlo igualmente en carbonato, con desprendimiento de hidrógeno sulfurado. Todavía puede producir otro efecto la corriente gaseosa, si atraviesa caliente la torre por donde baja la lejía, y es, que concentrará á ésta más ó ménos, siempre.

Estos tratamientos son sobre todo convenientes cuando se quiere preparar la sosa carbonatada.

Para preparar la sal de sosa cáustica, hemos dicho que es preciso evaporar la lejía hasta

sequedad y calcinar el residuo. Al efecto se emplean hornos especiales, como el representado en la figura 11. La lejía, perfectamente clara, se lleva á los dos depósitos de palastro *D* y *E*, que comunican entre sí y están calentados por los gases procedentes del hogar y horno *ABC*. Así que la lejía ha adquirido la concentración de 33° á $34^{\circ}B.$, se pasa al horno, donde se verifica la completa expulsión del agua y la calcinación del residuo, procurando, sin embargo, que la masa no llegue nunca á fundirse. La plaza del horno suele ser de ladrillos de fundición colocados de canto. Otras veces es de ladrillos refractarios, y en este caso es preciso cubrirla con una capa bastante gruesa de sal de sosa completamente seca. Por medio de los dos registros *FG*, se dirigen los gases de la combustión á voluntad y según se necesite á calentar los depósitos *E* y *D* ó directamente á la chimenea de tiro.

La sal de sosa se recibe en unos pequeños vagones y es conducida á unos grandes depósitos de palastro, donde se criba á través de tamices de mallas muy claras, y los pedazos gruesos que quedan se trituran á mano ó en molinos á propósito.

Como es consiguiente, por este procedimiento se obtiene un carbonato de sosa bastante impuro, puesto que contendrá todas las impurezas de la lejía. Sin embargo, si se ha hecho bien la calcinación, una gran parte de estas impurezas quedarán como residuo insoluble al disolver la sal en agua.

Mucho más puro resulta el carbonato de sosa cuando se prepara en estado de sal de sosa carbonatada. Para ello, se empieza por concentrar la lejía (que supondremos tiene 1,286 de densidad) hasta los $\frac{7}{12}$ de su volúmen; de este modo se precipita una sal que se recoge, y puede considerarse como formada de carbonato de sosa puro ($CO_3 Na_2 + H_2O$), quedando disueltas todas las sales que tenía la lejía con el carbonato de sosa no precipitado. Aquel precipitado se escurre bien, se calcina para que pierda su agua de hidratación, y suministra un carbonato de sosa casi químicamente puro, que es la sal de sosa carbonatada del comercio de 90° alcalimétricos.

Continuando la concentración de la lejía, y separando las sales que se precipitan, irán éstas siendo cada vez menos puras, y las aguas madres se volverán sucesivamente más rojizas, quedando últimamente de color rojo naranjado ó rojo de ladrillo. En tal estado se suspende la operación. Las últimas sales recogidas son muy impuras y tienen un color rojo debido al agua madre interpuesta ó adherida; pero por la acción del aire desaparece pronto esta coloración, que se debe tan sólo á la presencia del doble sulfuro de hierro y de sodio, que son oxidados por el oxígeno de dicho aire.

Para escurrir las sales que se van recogiendo, se colocan en grandes tolvas de palastro, dispuestas de modo que las aguas madres vuelvan á la caldera. Cada clase de aquellas sales se colocará en una tolva especial ó en un comparti-

miento, si es que no hay más que una subdividida, de modo que quedan clasificadas de mayor á menor riqueza en carbonato sódico. En cuanto á la desecacion de estas sales, se verifica de dos modos distintos: para las más puras se emplean plataformas de fundicion, muy recalentadas, donde se las remueve y pulveriza constantemente; las sales impuras se desecan y calcinan en hornos de reverbero, en donde el ácido carbónico de la llama del hogar satura en parte la sosa cáustica.

Las últimas aguas madres se guardan en grandes depósitos de palastro y constituyen, como veremos más adelante, la primera materia para preparar la sosa cáustica.

La forma de las calderas en que se verifica la concentracion de las lejías varía mucho. Unas veces son planas, dispuesto el hogar de modo que las partes laterales se calienten ménos que el fondo, gracias á lo cual las sales se precipitan con preferencia sobre las paredes laterales y se pueden extraer más fácilmente. Otras veces las calderas tienen una ranura, que puede ser lateral ó central, en cuyo caso esta depression debe estar abrigada de la accion del fuego directo, para que se reuna en ella la sal precipitada. Por último, tambien se emplean calderas cuya seccion transversal se parece á la de una embarcacion; la llama, y más generalmente el calor perdido de los hornos de sosa, lame las paredes inclinadas. Esta forma de caldera es la más conveniente, porque evita mejor que ninguna otra que se puedan quemar las

paredes á consecuencia de la costra adherente.

Para terminar este punto, copiamos el siguiente estado, que da una idea de la composicion de las sales de sosa sucesivamente depositadas y extraidas de la caldera de evaporacion, y calcinadas despues.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Grado alcalimétrico...	92°	89°,5	82°,5	78°,2	60°,5	74°
Grado de causticidad.	1°	2°	10°	17°,2	30°	73°
Carbonato anhidro....	98,20	94,60	77,42	70,61	33,00	1,16
Hidrato de sosa.....	0,80	1,60	8,16	11,03	24,50	29,10
Sulfato de sosa.....	0,50	0,80	7,15	8,06	3,30	1,00
Cloruro de sodio.....	0,50	9,90	7,10	7,10	33,30	11,07
Hierro, sílice, alúmina, azufre.....	"	0,5	0,17	0,20	5,90	1,01
Materias insolubles...	"	2,05	"	"		"
Agua.....	"	"	"	"	"	56,63

El núm. 1 corresponde al primer depósito de sal de sosa; el 2, al segundo depósito, que mezclado con el 1.º, da la sosa carbonatada de 90° alcalimétricos; el 3, depósito empleado para la sal de sosa de 80°; 4, depósito siguiente empleado tambien para la sal de sosa de 80°; 5, depósito salino de los líquidos rojos; 6, aguas rojas claras de 43° B. y 1,424 de densidad.

Ya hemos explicado ántes la manera de obtener la mayor cantidad posible de carbonato de las lejías procedentes de los aparatos lejiadores.

Otra de las formas en que el carbonato de sosa se presenta en el comercio, hemos dicho que es la de cristales de sosa, de ventajosa aplicacion en muchos casos por estar exentos de materias insolubles y de sustancias incristalizables, ó que lo son muy difícilmente, como la

sosa cáustica y el silicato y aluminato de sosa.

Para preparar estos cristales de sosa ó carbonato cristalizado, se llena de agua hasta los $\frac{3}{4}$ de su altura una caldera cónica, hasta cuyo fondo llega un tubo que conduce el vapor suficiente para calentar aquel líquido. En un cesto ó recipiente de palastro lleno de agujeros se coloca la sal de sosa, estando sostenido este recipiente de modo que pueda bajarse ó subirse con facilidad, y se introduce dentro del agua de la caldera de suerte que quede siempre parte del mismo fuera del nivel del líquido. De este modo se va disolviendo el carbonato, y cuando la disolución marca de 30° á 32° *B.*, se la lleva á grandes cristalizadores de palastro de poca altura, situados en un local bien ventilado. En estos cristalizadores se depositan hermosos cristales de carbonato cuya composición ya conocemos ($Na^2CO^3 + 10H^2O$), dándose por terminada la cristalización á los cinco ó seis días, si la temperatura es regular.

El agua madre, que se extrae por un agujero que al efecto tiene cada cristizador, suele marcar $25^{\circ}5$ *B.*, que equivalen á 1,2131 de densidad, con un grado alcalimétrico de 13° para 10 gramos; su composición suele ser:

Carbonato de sosa.	8,20
Sosa cáustica.	4,30
Cloruro de sodio.	3,08
Hierro y alúmina.	0,23
Agua.	80,89
	<hr/>
	100,00

Evaporadas estas aguas á sequedad, suministran sales de sosa cáustica de 40° á 50° alcalimétricos.

En cuanto á los panes de cristales, se separan, y, bien escurridos, se rompen, secan en una estufa calentada tan sólo de 13° á 18° , y se embarrilan inmediatamente, porque si no eflorescen al aire.

Otras veces se someten los cristales sin estos tratamientos á una segunda cristalización. Al efecto se disuelven en otra caldera de igual forma que la anterior, pero calentada á fuego directo, y de modo que laman sus paredes laterales los humos de la combustion ántes de escapar á la chimenea de tiro. La cantidad de agua que debe emplearse es muy pequeña, y se dirige por un tubo al fondo de la caldera, porque basta con el calor y el agua de cristalización para que se disuelva el carbonato sódico. Así que esta disolución es completa, se apaga el fuego y cubre la caldera con una tapa de madera ú otra sustancia mala conductora del calor, y se deja reposar el líquido; y así que la clarificación ha terminado, se decanta la lejía clara con un sifon á un depósito, desde el cual se lleva á pequeñas marmitas de fundición donde cristaliza el carbonato de sosa, operación que suele tardar unos ocho días, y con el objeto de favorecerla se cuelgan unos palillos de 6 á 8 centímetros de ancho.

Para extraer los cristales de las marmitas se separan primero las aguas madres, y en seguida se colocan un momento dichas marmitas den-

tro de una caldera de agua hirviendo, por cuyo medio se desprenden aquellos de las paredes y es sumamente fácil su extracción, pues basta invertir las marmitas para que caigan las masas cristalinas enteras. Estos cristales se someten á los tratamientos ántes indicados, incluso el embarrilado.

Aprovechamiento de los residuos.—El aprovechamiento de los residuos de una fabricación, ó por mejor decir, el empleo de estos residuos como primera materia para otra fabricación cualquiera, constituye uno de los problemas más importantes de la industria moderna. Concretándonos al caso presente, el empleo de los residuos de la fabricación de la sosa presenta un doble interés: el de la economía y el de la higiene. Las grandes masas del residuo que quedan despues de lejiviar la barrilla ó carbonato impuro procedente de los hornos, representa, en efecto, no tan sólo una primera materia de gran valor para extraer el azufre que contiene, sino que es un foco constante de líquidos que corren y destruyen los organismos vegetales á cuyo contacto llegan.

Por este motivo se han ocupado y se ocupan constantemente los químicos en buscar los convenientes tratamientos para explotar ventajosamente los residuos en cuestión, y evitar de este modo el mal que acabamos de señalar; tanto más, cuanto que no existe una sola fábrica de carbonato de sosa por el procedimiento Leblanc, en que se dejan abandonados aquellos, contra la que dejen de protestar y quejarse los

vecinos de la misma. En la Exposicion de París no hemos visto un sólo expositor de sales de sosa que no haya exhibido entre los productos de su fabricacion los obtenidos de los residuos. Entre estos últimos productos figura como el más principal el azufre, gracias al cual bien puede decirse que todo el círculo de fabricacion del ácido sulfúrico, del sulfato de sosa y de las sales de esta base, con arreglo al método Leblanc, constituye un procedimiento, complicado seguramente, pero remunerador, para extraer el azufre de las piritas.

De todos los procedimientos propuestos para la regeneracion del azufre de los residuos de la sosa, tenemos ante todo el de M. Mond, que se aplica en un gran número de fábricas en Inglaterra y en el continente. Consiste este procedimiento en tratar los líquidos obtenidos por la lejiviacion de dichos residuos, por medio de una corriente de aire. Las disoluciones que contienen polisulfuros ó hiposulfitos son descompuestas por el ácido clorhídrico. Veamos los detalles del procedimiento.

La oxidacion de los residuos tiene lugar en los mismos lejiviadores, donde quedan como masa insoluble, y se verifica por medio de una corriente de aire comprimido que atraviesa esta masa, la cual no tarda en calentarse, subiendo la temperatura poco á poco hasta 94°. Merced á las reacciones que en esta masa se verifican, se desprende mucho vapor de agua, y el color del residuo pasa gradualmente al verde y despues al amarillo; al cabo de doce á veinte y

cuatro horas, cuando se juzga que la oxidacion está bastante adelantada, se detiene la inyeccion de aire y se procede á un primer lejiviado metódico que dura de seis á ocho horas; despues de escurrir el residuo se le somete á una segunda oxidacion igual á la anterior, seguida de un segundo lejiviado. Estos tratamientos suelen repetirse hasta tres veces, para que el residuo quede completamente agotado ó empobrecido, y es una masa, por decirlo así, inerte é inofensiva, compuesta en su mayor parte de sulfato y carbonato de cal. La oxidacion debe arreglarse de modo que las lejías sulfuradas contengan dos moléculas de polisulfuros de calcio por uno de hiposulfito.

Para la precipitacion del azufre por medio del ácido clorhídrico, segun tenemos ya indicado, se procede por saturaciones parciales en un gran recipiente, alternando las adiciones del ácido y de lejías alcalinas, teniendo cuidado á lo último de dejar un pequeño exceso de aguas sulfurosas. Por medio de un chorro de vapor, se lleva la temperatura del líquido á 60°.

El azufre precipitado se recoge en filtros, en donde se lava, prensa, y por último se funde en vasijas de fundicion. Si se quiere sustituir el ácido clorhídrico por residuos de la fabricacion del cloro, se hacen penetrar en el líquido ácido y por medio de un embudo las lejías amarillas que no estén demasiado oxidadas, con el objeto de que el ácido clorhídrico que se desprende se descomponga á su paso á través de la disolucion por el cloro libre y por el percloruro de

hierro. Si la cantidad de lejía es lo exactamente justa para saturar el ácido clorhídrico libre y convertir el cloruro férrico ($Fe^2 Cl^6$) en cloruro ferroso ($Fe Cl^2$), se obtendrá un precipitado negro fácil de fundir, y que, según el Sr. Mond, contendrá 95 por 100 de azufre. En esta operación, el cloruro manganeso y el ferroso quedan naturalmente en los líquidos al mismo tiempo que el formado, y corren con él.

El Sr. Schaffner ha modificado algún tanto el procedimiento Mond para emplearlo en la fábrica de Aussig, en Austria, cuyos productos figuraban en el Campo de Marte. En dicha fábrica se abandonan los residuos en grandes montones á la oxidación espontánea durante varias semanas. Cuando el interior de estos montones presenta un color verde amarillo, se procede á la lejiviación metódica, obteniéndose de este modo las aguas amarillas sulfuradas. El residuo del lavado se echa en fosas anchas y profundas de cerca de un metro, para ser sometido á una segunda oxidación y á otro lavado. Estos tratamientos se suelen repetir hasta tres y cuatro veces.

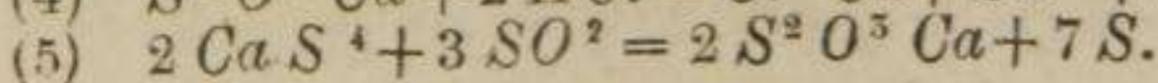
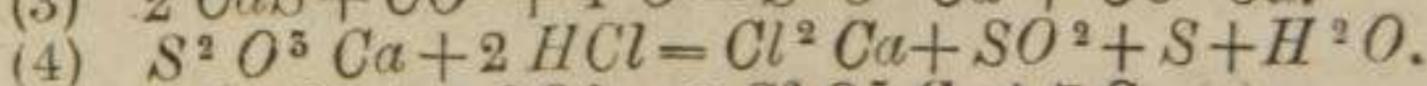
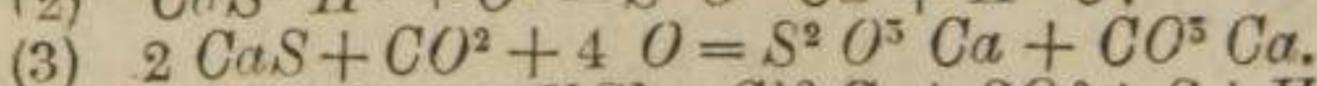
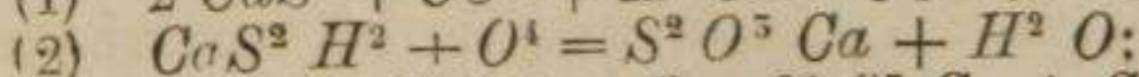
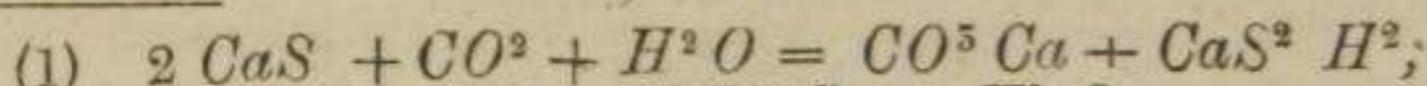
Por lo demás, Schaffner verifica la segunda, tercera y cuarta oxidación por el procedimiento Mond, dejando los residuos en los lejiviadores é inyectando aire ó gases de un hogar en actividad. El ácido carbónico puede dar origen á varias reacciones: 1.^a El sulfuro de calcio, con el ácido carbónico y oxígeno, forma carbonato de cal y azufre (1). El mismo sulfuro, con el

(1) $CaS + CO^2 + O = CO^3 Ca + S;$

mismo ácido y agua, da origen á carbonato y sulfhidrato de cal (1). 3.^a Este sulfhidrato con el oxígeno se transforma en hiposulfito de cal y agua (2). 4.^a El sulfuro de calizo con el ácido carbónico y una gran cantidad de oxígeno, forma hiposulfito de cal y carbonato de la misma base (3).

Los últimos lejiviados suministran aguas amarillas oxidadas, ricas en hiposulfitos. Las dos especies de lejías se mezclan en proporciones tales, que se tengan próximamente dos moléculas de polisulfuros de calcio por una de hiposulfito. La descomposicion de la mezcla de las lejías se verifica en vasijas cerradas, y tienen lugar dos reacciones: 1.^a El sulfito de cal con el ácido clorhídrico forma cloruro de calcio, ácido sulfuroso, azufre y agua (4). 2.^a El pentasulfuro de calcio con el ácido sulfuroso da origen al hiposulfito de cal y azufre (5).

Para la primera operacion se emplea una lejía muy oxidada, y por consiguiente muy rica en hiposulfito; al descomponerse por el ácido clorhídrico dará mucho ácido sulfuroso (SO^2), que por medio de la ebullicion se lleva á la lejía, rica en polisulfuros de calcio ($Ca S^4$ y $Ca S^5$). Habrá, por lo tanto, un gran precipitado de azufre y destruccion de los polisulfuros con produccion de hiposulfito. Esta lejía, pre-

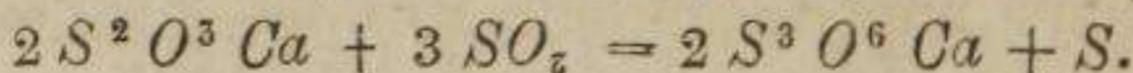
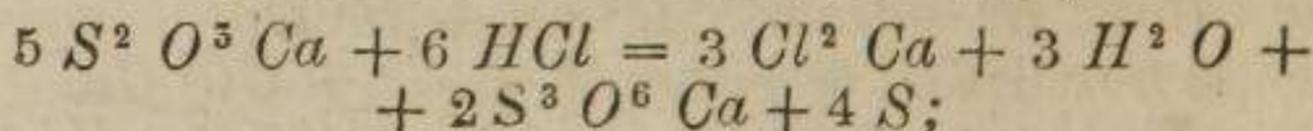
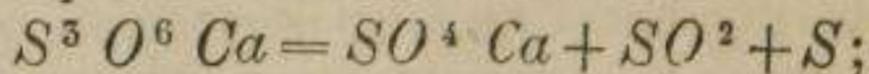


parada de este modo, cuando será á su vez tratada por ácido clorhídrico, no dará, pues, más hidrógeno sulfurado ($H^2 S$), sino solamente gas ácido sulfuroso, que á su vez pasa á una lejía sulfurada, y así sucesivamente.

Para verificar esta precipitación se emplean aparatos de piedra ó de fundición, aunque estos últimos serán atacados al cabo de cierto tiempo. El azufre precipitado se separa fácilmente de la disolución de cloruro de calcio, y con igual facilidad se puede filtrar y lavar. Como es natural, este azufre sale mezclado con cierta cantidad de yeso ($SO^4 Ca$) en polvo fino, procedente de la descomposición del tritionato de cal ($S^3 O^6 Ca$), formado por la reacción del ácido sulfuroso ó del ácido clorhídrico sobre el hiposulfito de cal (1).

Para depurar el azufre y obtenerlo al estado de azufre amarillo fundido, se lava el impuro y se introduce con cierta cantidad de agua y un poco de líquido amarillo ó también de residuo fresco primitivo en un cilindro de fundición cerrado, de doble envolvente, que recibe al exterior como al interior vapor de 1,75 á 2 atmósferas de presión. Al mismo tiempo se pone en movimiento un agitador. El azufre se funde debajo del agua y reúne en el fondo del cilindro,

(1) Hé aquí estas tres reacciones:



de donde es fácil hacerle colar en moldes á propósito.

El cloruro de calcio, todavía adherente, se disuelve en el agua; el yeso ó sulfato de cal queda en suspension, y si se hubiera precipitado con el azufre un poco de arsénico, este último se combinaría al estado de sulfuro de arsénico con el sulfuro de calcio, dando origen al sulfarsenito de calcio soluble.

El Sr. Mactear, que con tanto acierto se viene ocupando de introducir mejoras en la industria de la sosa, como hemos tenido ya ocasion de poder apreciar más de una vez en el curso de estos estudios, las ha introducido muy importantes en los procedimientos de preparacion del azufre de los residuos de aquella industria. Como la composicion de los líquidos procedentes de la lejiviacion de los expresados residuos es muy irregular, cuando se trata, sobre todo, de aprovechar los montones acumulados durante muchos años cerca de las fábricas de carbonatos de sosa, no puede emplearse en buenas condiciones el procedimiento Mond. Al efecto, propone el Sr. Mactear los dos siguientes métodos:

Consiste el primero en mezclar las aguas amarillas con la cal y someter el producto á la accion del ácido sulfuroso. Esta operacion se hace en una cuba de madera provista de agitadores. El ácido sulfuroso es absorbido, formándose hiposulfito de cal; en seguida se añade otro tanto de nuevos líquidos amarillos para que, por cada dos equivalentes de sulfuro de calcio haya uno de sulhidrato y otro de hipo-

sulfito de cal. La mezcla se descompone en depósitos cerrados por medio del ácido clorhídrico, precipitándose azufre y quedando cloruro de calcio en el líquido.

El segundo método, que da mejores resultados, consiste en prescindir de la cal, en hacer una disolución de ácido sulfuroso en el agua, dejándola correr simultáneamente con la lejía amarilla y ácido clorhídrico, á una cuba provista de agitadores. La llegada de los tres líquidos se regula de modo que no se deposite más que azufre, y que quede cloruro de calcio en la disolución. La descomposición se verifica mejor á 70°.

Para concluir con todo lo que de más notable sobre el aprovechamiento de los residuos se practica en el día, debemos decir dos palabras sobre la preparación del hiposulfito de sosa con las aguas amarillas oxidadas, que tan fácilmente se prestan para aquella preparación. Al efecto se hace pasar gas ácido sulfuroso por estas aguas, hasta tanto que no presentan más que una ligerísima reacción alcalina, y se introduce después la necesaria cantidad de sulfato de sosa para producir la doble descomposición en hiposulfito de sosa y sulfato de cal. Este último cuerpo, ó sea yeso, se filtra y exprime, evaporando la disolución del primero, que es el hiposulfito de sosa, en calderas de palastro ó de fundición, hasta que cristalice por enfriamiento. Durante la concentración, se quita con una espumadera la corteza cristalina de sulfato de cal. Una nueva cristalización basta para obte-

ner el sulfito de sosa ($S^2 O^5 Na^2 + 5 H^2 O$) suficientemente puro.

Fabricacion de la sosa al amoniaco.—Desde que Leblanc inventó su célebre procedimiento, ha venido empleándose éste casi exclusivamente en la fabricacion del carbonato de sosa. Pero sin que puedan negarse los inmensos servicios que á la industria química ha prestado dicho procedimiento, es indudable que presenta algunas graves dificultades, tales como la gran cantidad de combustible que consume,—por entrar el carbon como agente calorífico y como agente reductor,—y la poca ley ó riqueza en álcali que tiene el producto obtenido directamente, siendo por este motivo necesario en infinidad de casos someterle á tratamientos largos y costosos, etc.

La entidad de estos inconvenientes y la importancia suma de las aplicaciones de que es objeto el carbonato de sosa, han sido causa de que se hayan venido ocupando los químicos y los industriales, no tan sólo en el mejoramiento del procedimiento Leblanc, investigando las proporciones más convenientes de las mezclas de sulfato de sosa, carbonato de cal y carbon, modificando la forma y dimensiones de los hornos, etc., como hemos visto hace poco, sino en la sustitucion de este procedimiento por otro que, á la vez que más económic o, diera productos de mayor riqueza ó ley alcalina.

Entre todos los procedimientos propuestos, el que mejor éxito ha alcanzado es el llamado procedimiento por el bicarbonato de amoniaco, y tambien procedimiento por el amoniaco. Este

procedimiento, que parece fué inventado en 1838 por los Sres. Dyar, Hemming, Grey y Harris en Inglaterra, no dió resultados satisfactorios en un principio, ni aún en muchos años despues, á pesar de las modificaciones de que iba siendo objeto, hasta que últimamente la sociedad Solvay y Compañía de Couillet (Bélgica) lo ha hecho verdaderamente industrial, hasta el punto de que puede dicha sociedad luchar ventajosamente con las mejores fábricas belgas y aún inglesas, donde se emplea el procedimiento Leblanc, modificado con todos los adelantos más modernos. Para formarse una idea de la importancia que tiene la fábrica citada, bastará decir que se obtienen en ella de 40 á 50.000 kilógramos diarios de sal de sosa, en cuya fabricacion se ocupan más de cien obreros. Últimamente, la sociedad Solvay ha dado más extension á la explotacion de su procedimiento montando otras fábricas, una de ellas, segun nuestras noticias, en Inglaterra mismo. En otras partes se explota tambien ya el procedimiento del amoniaco, pudiendo citar, además de la casa inglesa, y algunas que han expuesto sus productos en la última Exposicion de Paris, otras de Liverpool y Preston, la establecida en Rusia (cerca de Kama), otra de Westfalia (en Schalcke, cerca de Gelssenkirchen), otras en Hungría, Thuringe, en Wihlen (cerca de Bâle), en Francia (cerca de Nancy), etcétera.

El principio en que se funda el procedimiento de fabricacion del carbonato de sosa por el amo-

niaco, es en extremo sencillo. Merced á una doble descomposicion del bicarbonato amónico y cloruro de sodio ó sal comun, se forma bicarbonato sódico, que es poco soluble en el agua, y cloruro amónico ó sal amoniaco, que lo es mucho en el mismo líquido (1).

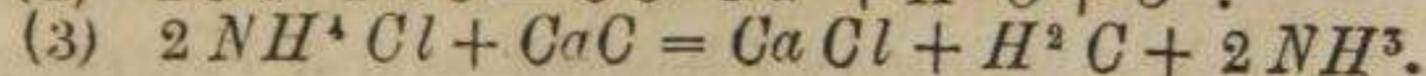
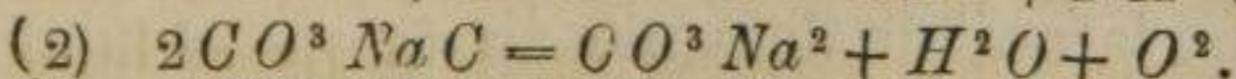
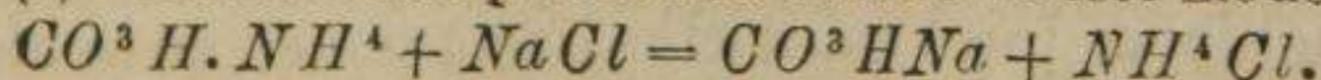
Así, pues, se carga una disolucion casi saturada de sal comun de bicarbonato amónico, ó lo que es igual, se la añade amoniaco cáustico, más ó ménos mezclado con carbonato amónico y saturado en seguida por el ácido carbónico.

El bicarbonato sódico obtenido en la doble descomposicion se recoge, lava, seca, y por último se calcina. De este modo se convierte el bicarbonato en carbonato, desprendiéndose la mitad del ácido carbónico contenido en el primero, cuyo ácido gaseoso entra otra vez en fabricacion (2).

Por otra parte, el cloruro amónico de las aguas madres se hierve con cal y suministra cloruro de calcio, dejando desprender todo el amoniaco, que se condensa en una disolucion fria de cloruro sódico (3).

Por la disolucion de sal comun cargada de amoniaco se hace pasar de nuevo un exceso de ácido carbónico, y continúa de este modo la fabricacion. Pero tratemos ya de los detalles de ésta, tal y como se lleva á efecto en la citada

(1) La reaccion puede formularse de este modo:



fábrica de Couillet, por la sociedad Solvay y compañía.

En un aparato lejiviador especial, que no describimos porque se puede variar su forma hasta el infinito, y por ser muy conocidos estos aparatos, se prepara la disolución de sal común, que debe marcar de 23 á 24 grados areométricos. Esta disolución se obtiene de una manera continua, y acaba por atravesar un filtro, ántes de pasar al aparato donde debe ser saturada por el amoniaco.

El aparato saturador se compone de un vaso cilíndrico de palastro estañado ó emplomado, con chimenea de madera; está colocado más bajo que el lejiviador, y comunica con el último compartimiento de éste por medio de un tubo que va del fondo del uno al del otro, de donde resulta que el nivel del líquido de ambos obedece á las leyes del equilibrio de los flúidos en comunicacion. La segunda vasija tiene un fondo lleno de agujeros, debajo del cual afluye el gas amoniaco, que es absorbido por la disolución de sal común, que aumenta mucho de volumen, descendiendo en densidad de 23 ó 24 á 13 ó 15 grados areométricos, y como segun las leyes del equilibrio de los flúidos, en los vasos comunicantes el nivel se eleva en la misma relacion, se tiene un medio sencillo para regular la marcha, de modo que no cuele el segundo aparato sino un líquido suficientemente saturado de amoniaco, pues para ello basta poner en lo alto un tubo lateral de derrame, hasta que el líquido se eleve cuando su densidad baja á 16 grados.

Como en la absorcion del amoniaco se desprende una notable cantidad de calor, la disolucion saturada pasa á un refrigerante para enfriarla y pasar al absorbente, donde se verifica la descomposicion por medio del ácido carbónico, que se puede obtener por la calcinacion del carbonato de cal ó descomponiendo al mismo ú otro carbonato que convenga por medio del ácido clorhídrico. El aparato de absorcion, representado en la fig. 12, consiste en un cilindro *a*, de 10 á 16 metros de altura y de pequeño diámetro. En este cilindro se encuentran un gran número de placas *b*, *b*, *b*... llenas de agujeros, de forma de segmento esférico, y otras tantas placas *c*, *c*, *c*... con uno ó pocos orificios, que sólo dejan paso al gas y á la disolucion saturada, sin que el líquido frio que va llegando pueda mezclarse con el casi saturado que se encuentra en el fondo. Sobre el borde de las placas taladradas existen unos dientes *z*, *z*, para que el líquido y los gases puedan pasar por los huecos cuando los agujeros están obstruidos en parte. El absorbedor se mantiene casi constantemente lleno, mientras que el ácido carbónico es impelido por medio de una bomba á la parte inferior por el tubo *d*.

El líquido se escapa, poco más ó menos, en la mitad de la altura del cilindro por el tubo *e*, que le conduce á un barrilete, *f*, de suerte que su nivel queda siempre á la misma altura, es decir, se encuentra siempre mantenido á tres metros próximamente debajo del extremo superior del cilindro. El barrilete es cerrado y

está en comunicacion con dicho extremo por un tubo que mantiene la misma presion en el uno que en el otro tubo, que no se ve en la figura.

Este mismo barrilete puede alimentar varios absorbedores, y de esta manera es como el líquido no se renueva sino en la mitad superior del cilindro. Este líquido no baja sino con mucha lentitud, y como queda prontamente saturado de ácido carbónico, está en aptitud de apoderarse de todo el amoniaco que el gas arrastra consigo de las partes inferiores del aparato. Por lo demas, éste tiene bastante altura para absorber al ménos la mitad del ácido carbónico que afluye por la parte baja, y trasformar al mismo tiempo en bicarbonato todo el amoniaco contenido en el líquido. Una altura de 11 á 16 metros, y una presion de 1,5 á 2 atmósferas en el gas, es lo que da mejores resultados. Cuando al cabo de cierto tiempo los agujeros de las placas quedan obstruidos, se varía el absorbedor, se llena de agua, se inyecta un chorro de vapor, y cuando las costras duras de carbonato se han disuelto completamente, se saca el líquido y se llena el aparato con el de otro absorbedor.

Del líquido saturado de ácido carbónico en la proporcion conveniente, se extrae cada treinta minutos el bicarbonato que se encuentra en suspension, se lleva sobre un filtro donde se ha hecho el vacío, y se lava con una pequeña cantidad de agua fria. En este filtro, precisamente, puede adquirir el grado de sequedad exigido en el comercio, haciendo pasar, á través del mismo, aire ú otro gas calentado á 50°.

Puédesele tambien, sobre el expresado filtro, trasformar en carbonato de sosa, haciendo que le atraviere el vapor recalentando ó los gases de un horno de cal; pero tanto para la desecacion como para la última trasformacion, creemos muy preferente el aparato que vamos á describir.

En un cilindro vertical *g* (fig. 13) se encuentran dispuestos, unos encima de otros y á distancia conveniente, cierto número de placas redondas *h*, con orificios en sus bordes y en el centro. Un árbol vertical *i*, que atraviesa la cubierta ó tapadera y el fondo del cilindro, lleva unos brazos *k k*,... armados de recogederas, *l l*,... que arrojan la masa depositada sobre la placa hácia los bordes de una de ellas, recogiéndola hácia el centro de la placa siguiente; de modo que esta masa llega, poco á poco, de la placa más elevada al fondo del cilindro.

Estas placas están huecas, y son calentadas por un chorro de vapor, ó un gas caliente cualquiera, que llega por los tubos *m m*. El bicarbonato es distribuido en la parte superior del cilindro por medio de un aparato *n*, análogo á la tolva de un molino, cuyo brazo *o* se mueve lentamente. Esta tolva se mantiene constantemente llena, para que no se escape poco ni mucho de ácido carbónico. La masa desecada llega á *p* sobre el fondo del cilindro al estado de polvo fino, y en disposicion de ser empaquetada. Los gases que se desprenden durante la desecacion, escapan por un tubo *r* colocado sobre la tapadera.

Cuando no se quieran emplear las placas huecas, se puede conducir directamente el gas caliente á través del cilindro.

Otro aparato de desecacion, que se puede emplear en la preparacion de la sosa, se compone, como de una caldera del hierro cerrada con una tapadera á través de la cual gira un árbol en una caja de estopas. Este árbol lleva en su parte inferior unos brazos con recogederas que mueven el bicarbonato que se carga, mientras que la caldera se calienta al grado necesario por medio del fuego directo.

El gas que se hace llegar á uno ú otro de los aparatos descritos, es conducido desde luego por una bomba de aire á otro aparato lavador que retiene todo el amoniaco que puede contener; cuando se produce la sosa, el ácido carbónico expulsado se dirige á los absorbedores.

Veamos ahora cómo se hace la rectificacion del amoniaco del cloruro amónico que ha sido absorbido.

Resultando la sal comun, segun opinion del inventor, completamente descompuesta en los absorbedores, el líquido que cuele del bicarbonato debe ser principalmente una disolucion de sal amoniaco, que contendrá un poco de ácido carbónico libre, y todo el bicarbonato sódico que pueda disolverse en tales circunstancias, de suerte que sólo se necesita descomponerle por la cal. Al efecto, en el primer privilegio que obtuvo el Sr. Solvay, se encuentra descrito un aparato particular, que se compone de un largo cilindro de palastro, semejante á una caldera

de vapor, en el que uno de los extremos está calentado por el agua hirviendo. En el centro se distribuye por una disposición mecánica la cal triturada, y se desprende de la sal amoniaco el álcali gaseoso que se enfria en el otro extremo del aparato que está rodeado por agua fria; en este punto pierde el gas una gran parte del vapor de agua, y sale, por último, por un tubo que le conduce al aparato, donde es absorbido por la disolución de sal comun.

En el nuevo privilegio que el expresado inventor pidió en 1872, se sirve éste, para regenerar el amoniaco del líquido separado del bicarbonato, de los procedimientos ordinarios y bien conocidos; pero en aquellas localidades donde el ácido clorhídrico tiene un precio subido, emplea al efecto la magnesia ó el cloruro básico de magnesio. La disolución de cloruro de magnesio que queda despues del desprendimiento del amoniaco, se evapora á sequedad y el residuo es calentado al rojo hasta que no se desprenda más ácido clorhídrico; éste se condensa ó sirve para preparar directamente el cloro. Resulta de aquí magnesia, que se lava de nuevo y sirve otra vez para descomponer la disolución de sal amoniaco, y así sucesivamente. Por último, se aprovecha todavía la sal comun que ha escapado á la descomposición.

Se tiene, pues, en este procedimiento la ventaja de trasformar directamente el cloruro de sodio en carbonato de sosa, con las que pueden resultar de una circulación continúa de las materias empleadas, de utilizar la acción recíproca

de los gases y el líquido, haciéndoles marchar en sentido contrario, con un exceso de presión, y de asegurar la regularidad automática del nivel conveniente del líquido.

A lo que llevamos dicho sobre la fabricación de la sosa, añadiremos algunos detalles sobre la explotación del procedimiento del amoniaco en Alemania.

En una noticia que han publicado algunas Revistas alemanas, leemos que el Sr. Honigmann, que con el Sr. Gerstenhøfer ha introducido en Alemania el procedimiento que nos ocupa, asegura que los gastos para el establecimiento de una fábrica que produzca por día 5.000 kilogramos de carbonato de sosa calcinado, á 90 por 100, se elevan á 30.000 thalers, necesitándose 10.000 kilogramos de sal gema, igual cantidad de carbon, 7.500 kilogramos de caliza, 500 de ácido sulfúrico de 50° B., y 250 de sal amoniaco.

Observemos que la cantidad de sal gema indicada es próximamente el doble de la que se necesitaria si, como asegura el Sr. Solvay, toda la sal se trasformara en carbonato, pues segun la teoría, 106 partes de carbonato de sosa corresponden á 107 de cloruro de sodio. Esta particularidad hace recordar los experimentos del Sr. Heeren, segun los cuales, más de la mitad del cloruro de sodio queda sin descomponer, siempre que no se emplee un exceso de amoniaco, cuya recuperacion es muy difícil para que dejen de producirse notables pérdidas; pero que las condiciones industriales son más favo-

rables en el caso en que se fabrica el bicarbonato. De la afirmacion del Sr. Honigmann y de la del Sr. Heeren, se puede deducir que el procedimiento seguido por el primero difiere esencialmente del que emplea el Sr. Solvay. Pero el Sr. Honigmann, en una comunicacion dirigida á una acreditada Revista alemana con tal motivo, da como razon que con el bicarbonato de sosa se deposita siempre bicarbonato amónico.

Cuando á una solucion saturada de sal comun se añade una cantidad equivalente de carbonato amónico, ó bien que despues de añadir una cantidad equivalente de amoniaco, se hace pasar al líquido ácido carbónico, el depósito se compone de:

Bicarbonato sódico.....	94	por 100.
— amoniaco...	6	—

y el líquido contiene próximamente:

Bicarbonato amónico....	4	por 100.
Cloruro.....	20	—
— sódico.....	12	—

Se precipita tanto más bicarbonato amónico, cuanto ménos sal comun haya en presencia. Cuando se emplea más de un equivalente, el bicarbonato sódico queda, despues de desecado, casi libre de amoniaco. Segun el Sr. Honigmann, es conveniente emplear vez y media más de sal que carbonato deba obtenerse; los números indicados en la noticia citada ántes, deben considerarse un tanto exagerados, porque el expresado señor garantiza el rendimiento de los aparatos que él vende, y esto inmediatamente

despues de instalados. En el siguiente estado se expresan los resultados de los experimentos verificados hasta hoy (III), así como los publicados en la noticia indicada (I), y los del *Klad-deradtsch* (II).

Para producir 5.000 kilogramos de carbonato de sosa, son menester:

	I.	II.	III.
	A 90 por 100.	A 95 por 100.	A 98 por 100
Sal gema.....	10.000 k.	9.500	8.750
Hulla... ..	10.000	7.800	7.500
Caliza.....	7.500	7.000	6.500
Acidosulfúrico á 50° B.	500	400	300
Salamoniaco.	250	200	150

La cantidad de sal amoniaco empleada tiene por objeto compensar las pérdidas de amoniaco; el ácido sulfúrico priva de este álcali á los gases de calentamiento que se encuentran en contacto del líquido amoniacal.

Las cifras que acabamos de citar muestran claramente que el procedimiento empleado se encuentra todavía en su período de desarrollo; pero así y todo, son bien dignas de excitar el interés de los fabricantes de sosa.

Como los aparatos del Sr. Honigmann funcionan ya, ó están á punto de funcionar en varias localidades, puede esperarse que será el procedimiento mejor conocido y mucho más empleado.

Por punto general, la opinion que tienen los alemanes del procedimiento de fabricacion de

la sosa por el amoniaco, es que sólo puede ser explotado con ventaja en aquellos puntos en que la aplicacion del de Leblanc presenta dificultades, y allí donde las circunstancias son favorables al primero. Entre éstas debe contarse en primera línea la facultad de procurarse á precio módico una disolucion saturada de sal comun, por ejemplo, las cercanías de una buena salina, y será mejor que se encuentre tambien cerca la caliza, partiendo siempre del supuesto de que el combustible no resulte excesivamente caro.

De todos modos, como en el procedimiento del amoniaco se emplea ménos combustible que en el de Leblanc, y la sal comun y caliza pueden obtenerse relativamente baratas, nuestra opinion sería favorable al establecimiento de aquel en España, si no lo fuera tambien por la economía que se obtiene en el transporte de la sosa Solvay, por su mayor riqueza alcalina.

El Sr. J. Young, de Kally (Escocia), ha inventado igualmente un aparato para la fabricacion del carbonato de sosa por medio del amoniaco. Consiste el invento en varios cilindros grandes rotatorios, que comunican entre sí con los depósitos de ácido carbónico y con el aparato destilador que suministra el amoniaco por medio de tubos provistos de sus correspondientes llaves. El calentamiento de los cilindros puede verificarse por la llama de un hogar, ó por el vapor inyectado al efecto.

En un mismo cilindro se verifica: primero, la condensacion del gas amoniaco en la disolu-

cion del cloruro; despues la reaccion por el ácido carbónico, dejando correr en seguida las aguas madres, y operando el lavado del bicarbonato de sosa, siempre en el mismo cilindro; por último, se hace llegar agua hirviendo y se prolonga la ebullicion hasta que el bicarbonato se haya trasformado en carbonato, y que la disolucion evacuada esté bastante concentrada para cristalizar por enfriamiento.

El invento del Sr. Young parece que no ha dado los mejores resultados. Sin embargo, daremos algunas más noticias sobre él, ya que nos las suministra el *Bulletin du Musée de l'industrie*, de Bélgica. La disolucion del cloruro de sodio se forma con 100 partes ponderales de sal, por 300 de agua. Por cada 100 partes de sal existentes en el cilindro se dejan entrar en el mismo 35 partes de gas amoniaco. Cuando empieza á precipitarse el bicarbonato de sosa, se mantiene el cilindro á la temperatura de 50°. La evaporacion de la disolucion de dicho bicarbonato se continúa hasta que el líquido esté bastante concentrado para que el punto de ebullicion suba á 105°.

El Sr. Gerlach, de Kalk, cerca de Deutz, ha propuesto una modificacion importante al procedimiento Solvay, por lo que vamos á darla á conocer con los suficientes detalles. En este nuevo procedimiento, ó por mejor decir, modificacion del de Solvay, se parte del hecho, perfectamente exacto, de que la trasformacion en bicarbonato se verifica de igual modo cuando se emplean otras sales de sosa distintas del clo-

ruro, lo que procede indudablemente de la pequeña solubilidad relativa del carbonato de sosa.

Así se tiene que las disoluciones de sulfato ó de nitrato de sosa, casi saturadas por el amoníaco y ácido carbónico, se descomponen: precipítase bicarbonato de sosa y queda en disolución al lado de carbonato amónico, sulfato ó nitrato de sosa, sulfato ó nitrato amónico. Pero solamente la mitad de las sales de sosa se transforman en bicarbonato y se precipitan; por esta eliminación, las disoluciones se vuelven ménos saturadas, y son capaces de disolver por lo mismo nuevas cantidades de sal comun ó de otras sales de sosa; de suerte, que si se introduce desde luégo un exceso de estas sales en la disolución, la operación será mucho más completa.

El autor aplica el principio de este modo al tratamiento de las aguas de las fábricas de gas. Al efecto emplea el sulfato de sosa para obtener con los productos amoniacaes contenidos en las aguas el sulfato amónico y retirar al mismo tiempo la sosa. El tratamiento de los productos amoniacaes se verificaba hasta aquí de otra manera: para obtener el amoníaco cáustico, se destilaban las aguas sobre cal viva; el carbonato amónico se formaba poniendo el gas amoníaco seco en contacto con el ácido carbónico; el sulfato se fabricaba haciendo pasar los gases por el ácido sulfúrico, ó bien tratando las aguas por el sulfato de cal; en cuanto al cloruro amónico, se obtenía llevando los productos de

la destilacion á ser absorbidos por el ácido clorhídrico, ó bien tratándolos con lejías que contuvieran un cloruro térreo ó metálico, como por ejemplo, el cloruro de cálcio y el de manganeso.

Destilando las aguas del gas obtiene el señor Gerlach una disolucion concentrada de carbonato amónico, á la cual añade sal comun en la proporcion necesaria para que á cada molécula de dicho carbonato corresponda otra molécula de sal amoniaco. El peso específico de la disolucion es en tal caso de 1,22. Se hace llegar á esta disolucion el ácido carbónico todo el tiempo que tarde en precipitarse el bicarbonato de sosa. El sulfuro amónico que contienen siempre los productos de la destilacion de las aguas del gas, da origen, durante este tiempo, á un desprendimiento de hidrógeno sulfurado, cosa que no sucede cuando la destilacion se verifica con la cal, en cuyo caso se obtiene un producto exento de azufre; pero el empleo de este amoniaco cáustico obliga á hacer pasar por el líquido dos moléculas de ácido carbónico para precipitar el bicarbonato sódico. En cuanto á la separacion de este último del líquido, se puede obtener por la turbina ó por cualquier otro procedimiento oportuno.

El bicarbonato lavado se calienta con el objeto de separarle la segunda molécula de ácido carbónico, ó bien se le hace hervir en una cantidad suficiente de agua para obtener una disolucion concentrada de carbonato de sosa que se hace cristalizar. El ácido carbónico desprendido

puede utilizarse para precipitar una nueva cantidad de sosa al estado de bicarbonato. El líquido que corre de las turbinas contiene en disolución sal amoniaco, sal comun y carbonato amónico sin descomponer, y pequeñas cantidades de bicarbonato de sosa. Para extraer ó separar el carbonato amónico, se destila; en seguida se separa la mayor parte de la sal comun por concentración; despues se extrae la sal amoniaco por cristalización; puédese tambien utilizar el líquido para extraerle el amoniaco cáustico destilándolo con cal. Toda la sal comun no descompuesta repasa por la serie de operaciones.

Señalemos ahora, porque es del mayor interés, las diferencias entre los procedimientos Gerlach y Solvay.

1.º El Sr. Gerlach utiliza lo mejor posible las aguas de las fábricas de gas y emplea siempre nuevas cantidades de agua. En el procedimiento Solvay se trata tan sólo de la producción de la sosa y se reintroduce, por decirlo así, constantemente la sal amoniaco empleada bajo la forma de amoniaco cáustico en la serie de operaciones.

2.º La sal amoniaco extraida de las aguas del gas por el tratamiento con la sal comun, se obtiene en el procedimiento Gerlach por cristalización; no se descompone por la cal, ni vuelta á operar bajo la forma de amoniaco cáustico. Así, pues, no hay ninguna pérdida de amoniaco por volatilización.

3.º El Sr. Gerlach no emplea la cal, salvo la pequeñísima cantidad necesaria en la destila-

cion, para descomponer las sustancias amoniacales no volátiles contenidas en las aguas del gas.

4.º No se pierde sal comun, que repasa en su totalidad por la serie de operaciones. Obtiene tambien por este motivo, por cada molécula de cloruro de sodio empleada, otra completa de sosa como producto accesorio, resultado que nunca se ha podido alcanzar en el procedimiento Solvay.

5.º El ácido carbónico contenido en las aguas de gas se utiliza bajo la forma de carbonato amoniaco, mientras que en el procedimiento Solvay se emplea el amoniaco cáustico ó sal amoniacal descompuesta por la cal.

6.º Aparte del residuo de la destilacion de las aguas de las fábricas, no se obtiene ningun producto secundario que se deba arrojar como inútil.

7.º Los gastos de regeneracion del amoniaco quedan suprimidos, puesto que basta evaporar ligeramente los líquidos que contienen la sal amoniaco para extraer esta última por cristalización.

8.º Como el Sr. Gerlach hace entrar siempre en trabajo nuevas cantidades de agua, la produccion de sal amoniaco y la de la sosa, como producto accesorio, son continuas.

Como ya queda dicho en otro lugar, el procedimiento [de fabricacion de la sosa por medio del amoniaco tiende á vulgarizarse cada vez más en la industria; sin embargo, su introduccion presenta todavía ciertas dificultades, á

consecuencia de la gran cantidad de lejías que hay que tratar, del mucho consumo de combustible — siquiera en definitiva sea menor que en el procedimiento de Leblanc por la mayor riqueza del carbonato obtenido, — necesario á causa de la constante regeneracion del amoniaco, y por último, las inevitables pérdidas de este álcali volátil. Estos inconvenientes no existen en el procedimiento Gerlach; las lejías son evaporadas para extraerlas la sal amoniaco, y esta sal cristaliza desde el momento en que el líquido ha sido ligeramente concentrado; la recuperacion del amoniaco cáustico por la sal queda suprimida, y por consiguiente no se consume en ella combustible; la pérdida de amoniaco es insignificante, puesto que sólo se trata aquí de cloruro amónico.

Enfrenté de todas estas ventajas no debemos ocultar un inconveniente que á veces podrá ser bastante para imposibilitar en absoluto la instalacion de una fábrica de sosa por el procedimiento Gerlach. Este inconveniente estriba en la necesidad absoluta de que aquella instalacion tenga lugar cerca de las fábricas de gas, estando además limitada la produccion del carbonato de sosa por la de aguas amoniacales que se obtenga en dichas fábricas.

Para el tratamiento de las sustancias amoniacales por el sulfato de sosa, — caso que será el más conveniente cuando se trate de ciertos puntos de España donde aquel sulfato sea abundante y barato, como sucede en Madrid, por ejemplo, — se prepara una disolucion concentrada de

carbonato amónico, destilando las aguas del gas y se disuelve directamente el sulfato de sosa cristalizado, ó bien se disuelve el sulfato de sosa anhidro (obtenido en la fabricaciou de los ácidos clorhídrico y nítrico) en una disolucion ménos concentrada de carbonato amónico. La disolucion concentrada debe tener una molécula de sulfato de sosa por cada otra de carbonato amónico; su densidad es de 1,30. En seguida se hace pasar ácido carbónico hasta que no se precipite más bicarbonato de sosa; despues se separa este último de la disolucion y se le trasforma en carbonato; todo como ya sabemos.

El líquido separado del bicarbonato contiene sulfato amónico, sulfato de sosa y carbonato amónico sin descomponer, así como pequeñas cantidades de bicarbonato sódico. Por destilacion se extrae el carbonato amónico que se hace repasar por la serie de operaciones; el líquido no contiene ya más que sulfato amónico y sulfato sódico, pudiéndose separar el primero del segundo por cristalizacion, y este último entra en el círculo de las operaciones.

Para el tratamiento de las sustancias amoniales por el nitrato de sosa, las operaciones son las mismas que en el caso anterior. El líquido resulta de una densidad de 1,37, y se obtienen como productos definitivos nitrato amónico y carbonato sódico.

Como manantial de ácido carbónico, se pueden emplear los gases enfriados de un horno de cok ó de un horno de cal. Si se desea aquel ácido puro, se hacen pasar los gases por una

disolución saturada de carbonato de sosa; el ácido carbónico es absorbido tan solo y es precipitado bicarbonato, que se calienta con el líquido para desprender la mitad de su ácido carbónico. Los aparatos empleados para descomponer los productos amoniacales por las sales alcalinas son los mismos que se usan en el procedimiento Solvay.

Cuando se compara el nuevo sistema Gerach con el empleado generalmente, en que se emplean los ácidos, resultan importantísimas ventajas sobre el último. En el primero se tiene, en efecto, que la mano de obra y los gastos de aparatos son relativamente poco considerables; las sales mucho menos costosas que los ácidos; por último, las sales amoniacales obtenidas son de un hermoso aspecto por su notable blancura, porque se extraen por cristalización.

Sin que nos conste positivamente, y sólo porque los encontramos en una Revista muy seria y muy competente (*Deutsche Industrie Zeitung*), vamos á dar algunas noticias de índole económico-industrial; noticias referentes, por supuesto, á la localidad donde está en ejecución el procedimiento Gerlach. Para fabricar por el antiguo método 1.000 kilogramos de sulfato amónico de un valor de 475 francos, era preciso emplear 1.000 kilogramos de ácido sulfúrico de 66° Beaumé, que valen 100 francos, sin contar los gastos accesorios. En el nuevo sistema se emplean 1.076 kilogramos de sulfato de sosa anhidro á 50 francos la tonelada, ó sea un valor de 53,80 francos; añadiendo 150 francos por

los gastos generales, amortizacion é intereses del capital del establecimiento, aumento de los salarios, fabricacion del ácido carbónico, etc., los gastos suben á 200 francos próximamentè; obteniéndose 1.000 kilogramos de sulfato de amoniacó, que valen 475 francos, y 803 kilogramos de sosa calcinada, ó sea 2.165 kilogramos de sosa cristalizada, de un valor de 250 francos, ó sea un total de 725 francos. Si el sulfato de sosa empleado contenia 10 por 100 de ácido libre, se obtendrian 100 kilogramos de sulfato amónico y 723 solamente de sosa calcinada, ó 1.949 de sosa cristalizada.

Aun cuando fueran exageradas las cifras que acabamos de copiar, no dejaríamos de llamar muy sériamente la atencion de nuestros lectores sobre tan importante y lucrativa fabricacion.

Todavía podemos y debemos añadir algunos detalles muy convenientes y oportunos, relativos al tratamiento de las lejías separadas del bicarbonato por la turbina. Primero se extrae, como ya hemos dicho, el carbonato amónico sin descomponer, por medio de la destilacion; al propio tiempo, el bicarbonato sódico que queda en disolucion es descompuesto por el cloruro ó sulfato amónico, desprendiéndose carbonato amónico y formándose cloruro ó sulfatos sódicos.

Veamos cómo se verifica la separacion de la sal amoniacó de la sal comun. Si se evapora una disolucion que contenga próximamente tanta sal amoniacó como sal comun, hasta que se forme una costra cristalina y se deja en se-

guida cristalizar, se deposita la primera sal, conteniendo naturalmente tanta de la segunda cuanto más contenga el agua madre. Pero si se evapora en seguida más enérgicamente la disolución hasta que se inicie la cristalización, se deposita sal común y el agua madre se enriquece de sal amoníaco; la primera contiene parte de la segunda procedente del agua madre, y se la emplea en este estado para una nueva operación.

Con el objeto de enriquecer todo lo posible el líquido de sal amoníaco y de separar mejor la sal común, ha adoptado el mismo Sr. Gerlach un sistema de evaporación metódica, por medio de cuatro calderas justo-puestas. La cuarta caldera recibe el líquido á evaporar, que pasa en seguida á la tercera; de ésta á la segunda, y por último á la primera; la sal común extraída de la primera caldera pasa á la segunda; de ésta á la tercera, y por último á la cuarta; de suerte que, como vemos, la marcha de la sal y la de la lejía se verifican en un orden inverso: la sal no se ha cargado sino despues de haber pasado á la cuarta caldera y la lejía cuando ha sido tratada en la primera. Por medio de tubos de comunicacion se mantiene siempre un mismo nivel en todas las calderas durante todo el tiempo que dura la operación. El líquido hierve á 116° en las calderas primera y segunda, á 112° en la tercera y á 108° en la cuarta.

Para extraer la mayor cantidad posible de sal común, se concentra el líquido en la prime-

ra caldera hasta que se forma en una masa cristalina por enfriamiento; en seguida se añade suficiente cantidad de agua para que se forme solamente una película de cristales bajo la influencia del calor. En un ensayo, la sal amoniaco obtenida así por cristalización no contenía más que 1,75 por 100 de sal comun.

Si se calienta una disolucion que contiene cantidades equivalentes de sulfatos amónico y sódico, se obtiene por enfriamiento una sal doble cristalizada, que contiene:

		Sal cristalizada.	Sal anhidra.
Sulfato sódico.	71	45,81	51,82
— amónico.	66	42,58	48,18
Agua.	18	11,61	»
	155	100,00	100,00

Pero si se continúa evaporando semejante disolucion, se separa sulfato de sosa anhidro y el sulfato amónico queda disuelto. Se opera exactamente aún como en el caso anterior. El sulfato de sosa anhidro obtenido contiene 20 por 100 de sulfato amónico y se emplea mezclándolo con una nueva cantidad de sulfato fresco. El líquido de la caldera primera deja depositar, aún por enfriamiento, un poco de sal doble, pero el agua madre da por evaporación sulfato amónico cristalizado, de un hermoso blanco, que sólo contiene 1,8 por 100 de sosa.

Para terminar todo lo referente á la fabricacion del carbonato de sosa por medio del amoniaco, diremos que últimamente ha tenido la

idea el Sr. Thorwald Schundt, de combinar con esta fabricacion la extraccion del iodo, bromo y nitrato de potasa. Hé aquí en lo que consiste esta nueva industria que describe últimamente el *Chemical News*, del pasado año.

La disolucion obtenida en el tratamiento de las cenizas de los varechs ó fucos se concentra todo lo posible, y se trasiega á un depósito bastante vasto para contener la cantidad de líquido que lleva en disolucion el suficiente cloruro de calcio para trasformar los sulfatos en sulfato de cal hidratado y en cloruros.

La disolucion de dicho cloruro de calcio, sabido es que constituye un producto perdido de la fabricacion de la sosa por el amoniaco, y se puede, por lo tanto, adquirir á bajo precio y en grandes cantidades si se está cerca de una fábrica donde se explota dicho procedimiento. El líquido claro, despues del tratamiento por dicho cloruro, se inyecta á traves de un filtro-prensa á otro depósito semejante; en éste se encuentra completamente claro y no contiene más sulfato que el de cal disuelto, el cual se precipita por medio del cloruro de bario.

De este segundo depósito pasa el líquido á traves tambien de un filtro-prensa á un tercer depósito. Se investiga en seguida cuánto iodo y bromo contiene el líquido claro, para añadir la cantidad necesaria de nitrato de plomo, procurando que resulte un pequeño exceso para que se precipite tambien un poco de cloruro de plomo. El líquido se remueve bien, mientras se está añadiendo el nitrato de plomo.

La parte clara pasa á un cuarto depósito, á través también de un filtro-prensa. De este modo se tiene todo el iodo y bromo, con una pequeña cantidad de cloro, al estado de ioduro, bromuro y cloruro de plomo sobre el filtro, de suerte que se evita toda pérdida de los dos primeros metalóides,—resultado que no puede conseguirse con el método ordinario, sino merced á lavados inmensos y hechos con gran cuidado,—y se economiza mucho tiempo y combustible. El ioduro y el bromuro de plomo se trasforman en seguida en tal ó cual combinación, según se necesite.

El líquido de esta operación contiene indudablemente, además de la insignificante cantidad de nitrato procedente del de plomo, todos los compuestos de potasa, sosa, magnesia y cal al estado de cloruros. Se añade cierta cantidad de carbonato de sosa impuro (como, por ejemplo, las barreduras de las fábricas de sosa), con el objeto de precipitar la magnesia y la cal. Después de agitar bien el líquido, se le hace pasar de nuevo por un filtro-prensa, y se disuelve en este líquido el necesario nitrato de plata para trasformar la potasa restante en nitrato de potasa; después se le trata de la manera generalmente empleada en la fabricación del nitrato de potasa. Es conveniente usar el filtro-prensa antes de empezar la evaporación.

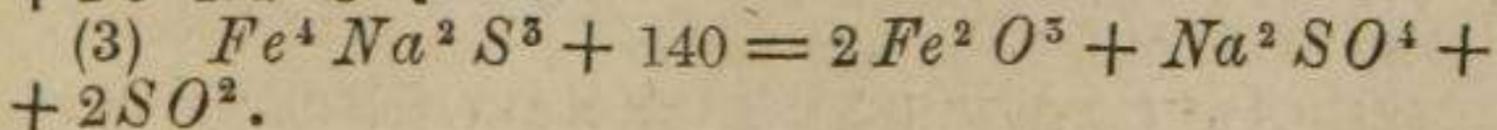
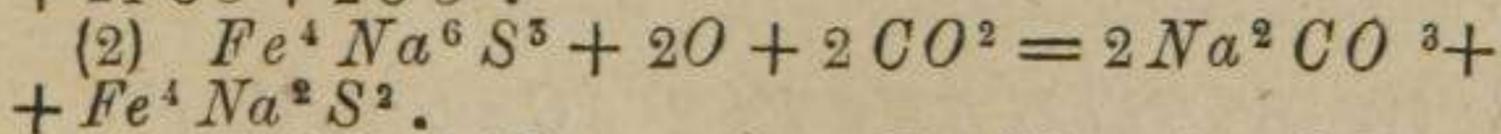
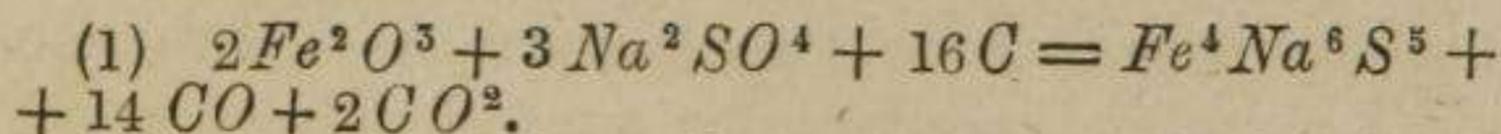
Las sales abandonadas como residuos en este sistema de fabricación, constituyen excelentes materiales para la preparación de la sosa por medio del amoníaco, como ha demostrado la

práctica. Así, pues, estas diferentes industrias se prestan ó pueden prestarse á una admirable combinacion.

Otros métodos de fabricacion del carbonato de sosa.—El Sr. Kopp ha propuesto un método de fabricacion del carbonato de sosa, que merece ser conocido, y consiste en lo siguiente: En un horno de sosa ordinario se calcina una mezcla de óxido férrico, sulfato de sosa y carbon, que produce un doble sulfuro de hierro y sodio, óxido de carbono y ácido carbónico (1). Esta sosa bruta ferrífera, en contacto del aire, se convierte en carbonato de sosa, dejando un residuo insoluble de sulfuro de hierro, que contiene sodio (2). Tratando por agua calentada de 30° á 40° el producto de esta reaccion, se disuelve el carbonato y queda como residuo insoluble el sulfuro que, tostado despues de seco, da óxido férrico, sulfato de potasa y ácido sulfuroso (3); el sulfato se separa por disolucion en el agua, el ácido sulfuroso se dirige á las cámaras de plomo, y el óxido férrico puede utilizarse de nuevo en la primera reaccion.

Como vemos, el método no puede ser más ingenioso. Pero en la práctica industrial no ha podido hasta ahora luchar con el de Leblanc.

La criolita ($Al^2Fl^6, 6NaFl$) se emplea en



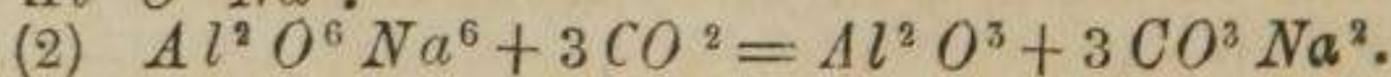
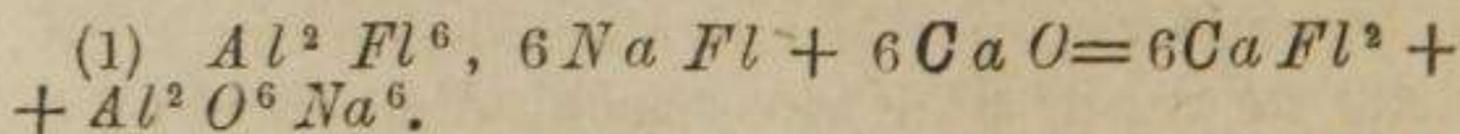
algunas partes para preparar el carbonato de sosa. 100 kilogramos de criolita producen:

44	kilogramos	de sosa cáustica seca.
75	—	de sosa calcinada.
203	—	de carbonato de sosa cristalizado.
119,5	—	de bicarbonato de sosa.

La criolita se disgrega por medio de la cal y bajo la influencia del calor, formándose fluoruro de calcio y aluminato de sosa (1). Disuelto este último en agua, y tratado por el ácido carbónico, se precipita alúmina,—que se trasforma en alumbre,—y queda en disolución carbonato de sosa (2), que se puede obtener en cristales, calcinado, ó en la forma que se desee.

La Sociedad de Saint-Gobain, Chauny y Cirey, fabrican el carbonato de sosa preparando un silicato de sosa por medio del sulfato, arena blanca y carbon en polvo, que se funden en un crisol, del que se desprenden óxido de carbono, azufre y ácido sulfuroso, y queda dicho silicato. Disuelto éste último en agua hirviendo, y tratada la disolución por el ácido carbónico, se precipita sílice y queda en disolución el carbonato de sosa.

Sosa cáustica.—La sosa cáustica se obtiene en el día generalmente de las aguas madres, de que hemos hablado en la refinación del carbonato bruto; sin embargo, algunas industrias reclaman la sosa muy rica y pura, y en tal caso



es conveniente prepararla empleando como primera materia el carbonato de sosa bruto que se caustifica por medio de la cal.

La fabricacion de la sosa cáustica por este último procedimiento, no puede ser en principio más sencilla: todo se reduce á aplicar una conocidísima reaccion química. El carbonato de sosa en disolucion es tratado por la cal en lechada, la cual se apodera del ácido carbónico del carbonato, dejando libre y disuelta la sosa, mientras el nuevo carbonato, ó sea el de cal, resultado de la reaccion, se precipita, por ser insoluble en el agua; separado este precipitado, se concentra hasta sequedad la disolucion ó lejía cáustica, y si se estima necesario, se funde el residuo sólido. En este último estado es como la expende precisamente la industria inglesa.

Pero si en principio no puede ser más sencilla la fabricacion de la sosa cáustica, en cambio en la práctica presenta grandes dificultades, y hé aquí por qué vamos á ocuparnos de ella con toda la extension debida, explicándola tal como se verifica en Inglaterra.

Se empieza por disolver en agua el carbonato bruto de sosa, y se decanta despues; si no se trata de obtener la sosa cáustica de primera clase, se deja esta decantacion aparte. La descomposicion se verifica en recipientes de 8 metros de longitud por 2 de ancho y otros 2 de profundidad, calentando la masa por medio de un serpentín, ó por la introduccion de una corriente de vapor y de aire, agitándola en el primer caso: como en el segundo procedimiento

se economiza este trabajo, y además se obtiene una oxidación más rápida, se suele emplear con preferencia al primero.

Una vez que la solución marca 12° Beaumé, para lo cual se añade la cantidad necesaria de agua caliente, se echa la cal recién apagada en canastos de hierro colgados en medio del recipiente, para que queden retenidas las piedras ó caliches que pudiera contener aquella. Conseguida la descomposición, se deja reposar la masa durante media hora, decantando después la parte líquida á unas cisternas, donde acaba ésta de clarificarse. El recipiente se llena con una nueva disolución de sosa, que sólo exige la mitad de cal para su descomposición. Después de esta segunda operación, el carbonato de cal se agita bien con agua y se coloca sobre un filtro que está formado generalmente de un viejo hervidor de caldera, cortado en dos partes en el sentido de su longitud. Cuando se construye expresamente, consta de una caja rectangular de 6 metros de longitud por 3 de ancho y 1,20 de profundidad; el fondo está cubierto de ladrillos de canto, colocados á 5 centímetros de distancia entre sí, quedando en medio una pequeña canal, y encima se ponen varias capas de cok, cada vez más menudo, completando el cuerpo filtrante una capa de carbon menudo ó arena, encima de la cual se coloca una rejilla de hierro cubierta de brasas apagadas ó cok cribado. Sobre la masa filtrante queda todavía un espacio de 45 á 50 centímetros de altura para recibir el carbonato de cal precipitado. La canal inferior

está en comunicacion con un depósito de 150 á 200 litros de cabida, y en el cual se hace el vacío. La filtracion dura de tres á cuatro horas, y el agua de locion sirve para diluir la disolucion ó lejía de sosa en bruto.

Por cada tonelada de sosa cáustica de 60 por 100 de ley se necesitan 500 kilogramos próximamente de cal viva, y se obtienen 150 kilogramos de carbonato de cal, que retienen todavía 1,25 por 100 de álcali, ó sea 2,50 en estado seco. Este carbonato entra en la composicion de la sosa bruta, y se ha propuesto tambien formar con el mismo una especie de briquetas ó prismas que se secan y se calcinan con el objeto de utilizar indefinidamente la cal.

Volviendo ahora á la disolucion ó lejía de sosa cáustica clarificada, que se encuentra en las cisternas, se somete á la evaporacion, pasando por una serie sucesiva de cuatro recipientes de fundicion ligeramente ahondados, de donde se origina el nombre que llevan de barquillas, de 3^m,50 de longitud, por 2^m,40 de ancho y 1 de profundidad. Los dos primeros se colocan tocando los extremos y se calientan con el calor perdido de los hornos de sosa, llegando la lejía á la concentracion de 24° *B.* próximamente; los dos últimos, caldeados tambien como los primeros, están provistos de un sistema de calefaccion especial compuesto de dos hogares contiguos, apoyándose el recipiente por su arista del medio sobre un muro que separa estos dos hogares y sus llamas. Este sistema, sin embargo, presenta sus inconvenientes, á saber: que si los

dos fuegos no se mantienen iguales, el recipiente puede deteriorarse á consecuencia de un calentamiento desigual. La disolucion llega á estos dos últimos recipientes de una manera continua, pasando desde luégo por el que está más distante del fuego, y se lleva la concentracion en el otro hasta cierto grado, en cuyo momento se añaden algunos kilogramos de nitro, con el objeto de empezar la oxidacion de los sulfuros. En seguida se continúa la concentracion hasta 41° B. para la sosa de 60 por 100, ó hasta 44° para la de 70 por 100, conseguido lo cual se apaga el fuego; al cabo de una ó dos horas se decanta el líquido á los depósitos; las sales que se depositan se recogen, y despues de dejarlas escurrir se ponen aparte para volverlas al horno de sosa; el líquido que queda en los depósitos abandona todavía una pequeña cantidad de sales, entre las que se encuentran los sulfuros. Algunos fabricantes prescindien de estos depósitos, dejando reposar durante cinco ó seis horas las lejías concentradas en los recipientes de evaporacion. Hé aquí, por lo demas, la composicion de las sales depositadas en estos:

Agua.....	18 por 100.
Sosa cáustica.....	9
Carbonato de sosa.....	39
Sulfato de sosa.....	29
Cloruro de sodio.....	0,5
Sulfuro de sodio.....	} indicios.
Sulfato de sosa.....	
Hiposulfito de sosa.....	

En una produccion de 10 toneladas de sosa

cáustica, se obtienen 2 toneladas próximamente de estas sales.

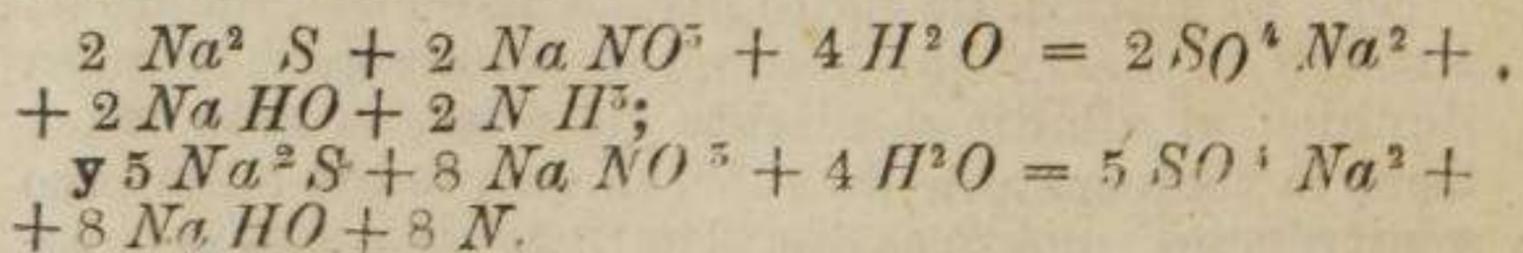
Las marmitas donde se verifica la oxidacion tienen 3 metros de diámetro por 1,5 piés de profundidad, y están dispuestas de modo que puedan moverse por medio de una grua giratoria, con objeto de que todas las partes sufran la accion del fuego directo, gracias á lo cual se consigue que sea mayor su duracion; con igual propósito la parte expuesta al fuego suele estar con preferencia protegida por un revestimiento de ladrillos. Cuando el líquido marca 47° B., próximamente, se separa una gran cantidad de sales, y si se quiere obtener la sosa de un grado muy alto, se deja enfriar y se las separa; en otro caso, se continúan calentando, por cuyo medio se redisuelven poco á poco. Así que el punto de ebullicion llega á 150° centígrados próximamente, la masa líquida toma la consistencia de jarabe; si está en buenas condiciones, se derrama fácilmente, lo cual presenta muchas dificultades y estorbos en la marcha de la operacion. A 170° el líquido queda tranquilo; se tapa la marmita, y se puede en tal caso terminar la oxidacion de los sulfuros, bien sea por inyeccion de aire ó por adicion de nitro (1); en ambos casos se conoce que la

(1) El sulfuro de sodio mantiene en disolucion al sulfuro de hierro que comunica color rojo á la masa líquida; al añadir el nitrato de sosa, si esta masa tiene la temperatura de 155° , se desprende amoniaco y nitrógeno, mientras que el sulfuro de sodio se tras-

operacion ha concluido, cuando una pequeña parte de la masa líquida, tratada por el acetato de plomo, no toma color negro, y si la oxidacion se hubiera llevado demasiado léjos, tomaria un tinte verde, probablemente por la formacion de manganato de sosa. Este defecto se remedia, ó bien añadiendo un pequeño fragmento de sosa ó el líquido de otra marmita no tan avanzada en la oxidacion.

Si los líquidos no son demasiado sulfurosos, la inyeccion dura ocho horas próximamente, y si se añadió nitro en los recipientes, tres á cuatro horas tan sólo. La oxidacion por medio del nitrato dura de cinco á seis horas, y como para esta operacion pueden llenarse casi completamente las marmitas, se economiza 10 por 100 de espacio y material. Antes de la oxidacion el líquido contiene de 1,50 á 2 por 100 de sulfuros que exigen 20 á 22 kilogramos de nitro por tonelada de sosa cáustica; si se oxida por medio del aire, se necesitan unos 800 metros cúbicos de éste. De todos modos, el precio que tenga el nitro, hará decidir en cada caso particular, cuál de los dos sistemas es preferible, pues por lo que toca al rendimiento es casi el mismo en ambos casos.

forma en sulfato y el sulfuro de hierro en óxido. Sus reacciones con el sulfuro de sodio pueden representarse de este modo:



Hacia el final de la operacion, la masa se lleva hasta el rojo; se mide en seguida el grado, y si éste es superior al que se quiere obtener, se añade con precaucion la cantidad de sal comun necesaria. Conseguido esto, se da un gran golpe de fuego, se quita la tapadera y se deja enfriar la masa, que á las doce horas se ha clarificado, y se la lleva á las cajas, procurando no llenarlas completamente de una vez, para que no se forme un gran vacío en el centro por la contraccion de la masa.

Los depósitos que resultan se cuellan en moldes, y se les vende en tal estado ó se les disuelve; se deja que deposite la parte insoluble, y se trata el líquido,—que presenta un tinte rojo,—análogamente á como hemos dicho para la primera disolucion de sosa cáustica; pero en este caso la concentracion en las marmitas no se lleva á tanto grado, y se embala sin dejar depositar, obteniéndose lo que se llama en el comercio crema de sosa.

La sosa cáustica inglesa se vende bajo tres clases ó marcas, cuya composicion es la siguiente:

	White, 60 % <i>Blanca.</i>	White, 70 % <i>Blanca.</i>	Cream, 60 % <i>Crema.</i>
Sosa cáustica.....	70	82	70
Carbonato de sosa.	6	5	5
Cloruro de sodio..	18,5	7	7
Sulfato de sosa....	5,5	6	2
Agua.....	»	»	15,8
Residuo insoluble..	»	»	0,2

La fabricacion de 1 tonelada reclama de 6 á 7 toneladas de hulla.

Como el carbonato de sosa en disolucion concentrada no se descompone por la lechada de cal, es preciso que la lejía sea muy diluida, lo que exige despues para su concentracion una gran cantidad de combustible. Algunos fabricantes, para economizar este combustible, emplean las lejías diluidas en vez de agua para alimentar sus calderas de vapor, donde puede llevarse la concentracion sin inconveniente hasta 1,24 ó 1,25 de densidad. Despues se continúa concentrando en vasijas de fundicion hasta la densidad de 1,9, en cuyo estado puede ya solidificarse la sosa por enfriamiento.

Actualmente, como hemos dicho al principio, se fabrica la sosa cáustica por medio de las aguas rojas. Se empieza por reducirlas á la densidad de 1,5 á 1,6; de este modo se precipitan las sales extrañas, quedando disuelta la sosa cáustica, el doble sulfuro rojo de sodio y de hierro con pequeñas cantidades de carbonato, de sulfuro, de cloruro, de ferrocianuro, y tal vez de sulfocianuro de sodio.

Acostumbran ciertos fabricantes añadir á las lejías rojas un poco de hipoclorito de cal ó de extracto de sosa y se concentra en calderas de barquilla, hasta 1,6 de densidad á la temperatura de 130°. Durante la evaporacion precipita nueva cantidad de sales extrañas que se separan con una cuchara agujereada, y se pasa el líquido á un recipiente donde se enfria y deposita más sales. Se añade entónces nitrato de

sosa y se concentra además en una caldera semi-esférica de fundición, que pueda resistir la temperatura del rojo. Por cada tonelada de sosa cáustica á obtener se necesitan emplear de 40 á 80 kilogramos de nitrato de sosa.

Con el objeto de economizar nitrato, se acostumbra en algunos puntos á concentrar las lejías rojas hasta que cristaliza el carbonato de sosa que contienen, y despues se oxidan filtrándolas á traves de una corriente de aire ascendente; ó bien se hace borbotar, durante siete ú ocho horas, manteniéndolas calientes, un chorro de aire muy dividido.

Cuando se quiere evaporar hasta sequedad la disolucion concentradísima de sosa cáustica, se corre el peligro de que al llegar á cierto punto se hincha la masa y se derrama del vaso. Esto se remedia removiendo la masa ó colocando en el medio una especie de embudo de palastro vuelto del reves, y que se apoya solamente por algunos puntos sobre la pared de la caldera.

Cuando toda el agua se evaporó, la sosa cáustica permanece en fusion ígnea unas doce horas, con lo cual el óxido de hierro se contrae y se deposita anhidro, precipitándose tambien silicato de alúmina, sulfato de sosa y cloruro de sodio, que forman una costra sobre la pared de la caldera. Llegado el punto en que la materia fundida contiene 60 por 100 de sosa anhidra, se cuela con cuidado la parte líquida en vasijas de palastro delgadísimo, cuyas juntas se enlodan con yeso, evitando al verter que no se remueva el sedimento.

El Sr. Hebig verifica la oxidacion de las lejías rojas de este modo: Se evaporan éstas como ordinariamente, en calderas de fundicion; esta concentracion se lleva hasta la fusion al rojo, en cuyo momento se inyecta una corriente de aire en la masa. La operacion se da por terminada cuando en una muestra extraida de la caldera no se reconoce ya la presencia del sulfuro de sodio; en tal situacion se apaga el fuego del hogar y se deja la masa fundida en reposo. Decantando, se obtiene primero sosa blanca y despues una porcion más ó ménos colorada en rojo.

En Dieuze, se eliminan los sulfuros de hierro y de sodio contenidos en las lejías rojas, por medio de una adiccion calentada de sulfato de plomo; en este caso se forma sulfato de sosa y sulfato de plomo que se precipita con el sulfato de hierro.

De los otros métodos de fabricacion de la sosa cáustica propuestos, haremos caso omiso en obsequio de la brevedad, ya que hasta hoy ninguno ha sido aceptado en la práctica industrial.

Bicarbonato de sosa.— El bicarbonato de sosa ($CO^3 Na H$) se prepara siempre, ó casi siempre, recurriendo á un manantial gratuito de ácido carbónico que se hace atravesar por una disolucion de carbonato ó por capas delgadas ó masa de cristales de este mismo. Los manantiales de ácido carbónico suelen ser ciertos desprendimientos de gas de algunas aguas minerales, como las de Vichy, ó el que se des-

prende en el acto de la fermentacion de los mostos. Tanto en uno como en otro caso, es conveniente hacer atravesar ante todo el gas ácido carbónico por un recipiente lavador.

Generalmente el carbonato que se emplea en la preparacion del bicarbonato, es el cristalizado, y se dispone en capas de 6 á 8 centímetros de espesor sobre telas claras ó redes sostenidas en marcos. Estos marcos se colocan horizontalmente dentro de una serie de cámaras de mampostería, y mejor aún de madera forrada de plomo. En la parte baja de cada marco se disponen unas planchas delgadas de modo que recojan las aguas que escurren de la parte superior, las viertan en un costado é impidan que caigan sobre el producto del marco inferior. El piso de la cámara debe ser impermeable é inclinado, para que vierta todo el líquido á un recipiente exterior; cuyo líquido sirve para humedecer los cristales de sosa al colocarlos en los marcos, ó para extraer las sales que contiene por evaporacion, si es que conviniese.

En vez de las cámaras se pueden emplear vasijas cilíndricas ó toneles, provistos de una serie de tamices en los que se colocan los cristales de sosa, aunque lo más comun es que lleven un falso fondo agujereado. El agua madre se extrae por medio de una llave por la parte inferior.

Cualquiera que sea el aparato empleado, lo que sucede es lo siguiente: el ácido carbónico ataca al carbonato, formando primero sesquicarbonato de sosa, y despues el bicarbonato.

Como esta última sal no contiene más que una molécula de agua y el carbonato cristalizado contenia 10, resulta que quedan 9 en libertad, que forman el agua que escurre y que se lleva en disolucion una mezcla de proto, sesqui y bicarbonato de sodio.

Así que el carbonato está completamente saturado de ácido carbónico, lo que tarda en verificarse algunos dias (10 á 15) cuando se trabaja en cámaras de 6 metros de longitud por 2 de ancho y otros 2 de altura, se lleva á los secaderos en los mismos marcos en que se encuentra. Los secaderos son cámaras semejantes á las en que ha tenido lugar la reaccion del ácido carbónico sobre el carbonato, y el agente secador suele ser una corriente de gas ácido carbónico, al que se le quita la humedad en un refrigerante y que despues se seca á 40°, en cuyo estado entra en dichos cuadros. Por lo demas, la desecacion puede verificarse de otro modo muy sencillo y bastante eficaz, que consiste en colocar un pequeño brasero dentro del secador, el que suministrará una mezcla gaseosa de nitrógeno, oxígeno y ácido carbónico, bastante caliente para que opere una pronta y completa desecacion.

Cuando se prepara el sulfato de magnesia con la dolomia, que es un doble carbonato de cal y magnesia, se desprende una gran cantidad de ácido carbónico. De aquí que se haya pensado en sacar partido de este ácido para la fabricacion del bicarbonato de sosa, y esto se ha conseguido del siguiente modo: En una vasija

cerrada de fundicion con capa interior de plomo y un agitador, se introduce la dolomia mezclada con bastante agua, entre la que se mantiene en suspension por medio del agitador. Se añade ácido sulfúrico de 50° *B.* poco á poco, y el ácido carbónico que se desprende despues de atravesar un vaso lavador, pasa bajo el doble fondo agujereado de un recipiente de madera, en el que se encuentran los cristales de sosa, sobre los que reacciona. El exceso de ácido carbónico pasa á otro recipiente igual y así sucesivamente. Cada uno de estos recipientes lleva en su parte baja una llave para extraer las aguas madres.

En la vasija primera, ó sea en la que se verifica la reaccion del ácido sulfúrico sobre los carbonatos de cal y magnesia, quedarán como productos de esta reaccion sulfatos de estas bases en suspension en el agua por la accion del agitador; estos sulfatos se colocan sobre filtros donde son lavados con agua caliente, y como el sulfato de cal es muy poco soluble, quedará en aquellos, mientras que el de magnesia, que se disuelve mejor, se podrá obtener en seguida por evaporacion de las aguas de locion. Este sulfato en disolucion, y tratado por el carbonato de sosa, produce el carbonato de magnesia que se precipita y puede recogerse, lavarse y secarse. Tambien suele someterse á la calcinacion para preparar la magnesia calcinada que tanto consumo tiene como medicamento.

En Inglaterra, donde el ácido clorhídrico cuesta muy poco, se obtiene el ácido carbónico

para la fabricacion del bicarbonato, descomponiendo la caliza por medio de aquel ácido, que procede directamente de la condensacion de los últimos productos de los aparatos condensadores. En otros países suelen emplear en vez de la caliza pequeños pedazos de mármol, y el cloruro de calcio que resulta disuelto en el agua, se obtiene por evaporacion, y es un producto objeto de comercio.

Casi es inútil decir, que el bicarbonato de sosa que se obtiene por el procedimiento del amoníaco, podria utilizarse tambien desecándolo convenientemente.

ACIDO CLORHÍDRICO Y SULFATO DE SOSA.

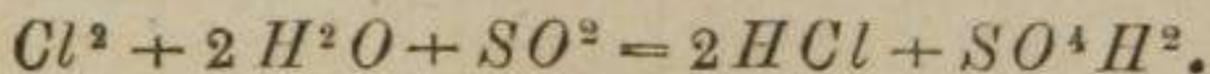
Propiedades y aplicaciones.—El ácido clorhídrico, cuando puro, es un gas incoloro, de olor y sabor marcadamente ácidos y picantes. Se liquida á 10° á una presion de 40 atmósferas. A la temperatura de 20° y presion de $0,76^m$, el agua absorbe 475 veces su volúmen de gas clorhídrico, conteniendo el líquido saturado 42,85 de este gas. Si se calienta esta disolucion, se desprende gran cantidad de gas ácido, adquiriendo en seguida el líquido una composicion constante y destilando á la temperatura de 110° . A este mismo término se llega cuando se hace hervir el ácido clorhídrico muy diluido. Segun los Sres. Pierre y Puchot, el ácido clorhídrico forma otro hidrato ($HCl, 4H^2O$), que se

prepara sometiendo á la temperatura de -20 á -25° una disolucion concentrada de dicho ácido y haciendo pasar una corriente continua de gas clorhídrico seco. Este hidrato es el más rico en ácido clorhídrico y mejor definido, y se presenta en forma de cristales que esparcen humos espesos que se descomponen.

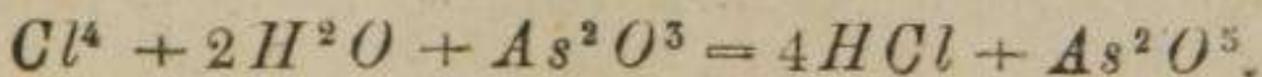
Las disoluciones acuosas del ácido clorhídrico, que son las que interesan al industrial, son incoloras si están puras, y si además están concentradas, esparcen al aire vapores espesos, poseyendo sabor y reaccion fuertemente ácidas. Generalmente, el ácido del comercio se presenta amarillo más ó ménos intenso, á causa de las impurezas que contiene, como son el percloruro de hierro, cloro libre y materias orgánicas; tambien suele contener ácidos sulfuroso (1) sulfúrico y arsenioso, y á veces cloruro de estaño y las sales empleadas en la condensacion. Es muy probable, segun Thomson, que el ácido clorhídrico contenga un hidrato (H^2O, ClH).

El siguiente estado indica, segun Kolb, la riqueza centesimal del ácido clorhídrico acuoso, para los usos industriales:

(1) La presencia del cloro libre en el ácido clorhídrico excluye la del sulfuroso, que se trasformará en sulfúrico por la accion de dicho cloro en presencia del agua, como indica la reaccion:



Análogamente, el ácido arsenioso se transforma en arsénico:



Grados del areómetro.	Densidad	100 partes contienen á 15°			
		HCl.	Acido á 20°.	Acido á 21°.	Acido á 22°.
0	1,000	0,1	0,3	0,3	0,3
1	1,007	1,5	4,7	4,4	4,2
2	1,014	2,9	9,0	8,6	8,1
3	1,022	4,5	14,1	13,3	12,6
4	1,029	5,8	18,1	17,1	16,2
5	1,036	7,3	22,8	21,5	20,4
6	1,044	8,9	27,8	26,2	24,9
7	1,052	10,4	32,6	30,7	29,1
8	1,060	12,0	37,6	35,4	33,6
9	1,067	13,4	41,9	39,5	37,5
10	1,075	15,0	46,9	44,2	42,0
11	1,083	16,5	51,6	48,7	46,2
12	1,091	18,1	56,7	53,4	50,7
13	1,100	19,9	62,3	58,7	55,7
14	1,108	21,5	67,3	63,4	60,2
15	1,116	23,1	72,3	68,1	64,7
16	1,125	24,8	77,6	73,2	69,4
17	1,134	26,6	83,3	78,5	74,5
18	1,143	28,4	88,9	83,8	79,5
19	1,152	30,2	94,5	89,0	84,6
19,5	1,157	31,2	97,7	92,0	87,4
20	1,161	32,0	100,0	94,4	89,6
20,5	1,166	33,0	103,3	97,3	92,4
21	1,171	39,9	106,1	100,0	94,9
21,5	1,175	34,7	108,6	102,4	97,2
22	1,180	35,7	111,7	105,3	100,0
22,5	1,185	36,8	115,2	108,6	103,0
23	1,190	37,9	118,6	111,8	106,1
23,5	1,195	39,0	122,0	115,0	109,2
24	1,199	39,8	124,6	117,4	111,4
24,5	1,205	41,2	130,0	121,5	115,4
25	1,210	42,4	132,7	125,0	119,0
25,5	1,212	42,9	126,6	126,0	120,1

La principal aplicación del ácido clorhídrico es, en la fabricación del cloro, de los hipocloritos y de los cloratos, y emplease también en la preparación de ciertos cloruros, como el de zinc; en la del agua régia y sal amoníaco; en el tratamiento de los huesos de que se va á extraer la gelatina; en la fabricación del ácido carbónico destinado á la preparación de gaseosas; para purificar el negro animal; en la extracción hidrometalúrgica del cobre, níquel cadmo, zinc y bismuto; en la preparación de los superfosfatos y en otras muchísimas industrias.

Fabricación del ácido clorhídrico.—Después de lo que dijimos al hablar de la preparación del sulfato de sosa en las fábricas de carbonato por el procedimiento Leblanc, poco nos resta que decir sobre la fabricación del ácido clorhídrico cuando ésta no está combinada con la de dicho carbonato.

En este último caso, único que nos importa estudiar en este momento, se suele emplear para fabricar el ácido clorhídrico un aparato compuesto de varias retortas cilíndricas de hierro fundido, que se colocan de dos en dos horizontalmente en un horno. Los fondos de estas retortas pueden quitarse y ponerse, como el de las empleadas en las fábricas de gas. Una de las dos tapas ó fondos, el anterior, lleva una abertura de donde arranca una alargadera de grés ó de plomo que conduce los vapores ácidos al aparato condensador de los mismos; en el fondo posterior hay otra abertura por la que se carga el ácido con un embudo de plomo. Cuando se va á trabajar

se introduce en cada retorta la cantidad oportuna de cloruro de sodio ó de cloruro de potasio,—si es que se desea obtener como residuo el sulfato de potasa; en seguida se tapa la retorta, enlodando bien las juntas, y se introduce por el embudo de plomo la cantidad conveniente de ácido sulfúrico, retirando este embudo y cerrando su agujero con un tapon de arcilla. Lo que sucede en la retorta por la acción del ácido sulfúrico sobre los cloruros con auxilio del calor del hogar, ya lo sabemos por haberlo explicado en otra parte detenidamente (1). Terminada la operación, se extrae el sulfato de las retortas y se cargan éstas de nuevo.

En cuanto al aparato de condensación, en este caso suele componerse de una serie de bombonas, llenas en parte de agua, de las cuales la primera está enfriada por un refrigerante; y para condensar las últimas porciones del gas clorhídrico, se recurre á cámaras con lluvia interior ó á columnas de cok.

En las fábricas pequeñas, y cuando el vidrio no sea caro, la descomposición de los cloruros puede hacerse en retortas de este material enlodadas, dispuestas en hilera en un horno. El aparato condensador puede ser el tan conocido de Wolff.

El Sr. Hoffmann ha indicado el siguiente procedimiento industrial de purificación del ácido clorhídrico: En una vasija provista de tapon de grés con dos agujeros se echa el ácido clorhí-

(1) Véase la página 121 y siguientes

drico impuro, hasta que llena el tercio de la misma. Por un embudo se introduce también ácido sulfúrico de 1,848 de densidad. El gas clorhídrico que se desprende en tal caso con gran regularidad, se lava en un frasco Wolff, y es absorbido en agua destilada. El ácido sulfúrico débil que queda como residuo, mezclado con cierta cantidad de ácido clorhídrico, puede emplearse directamente en la fabricación del sulfato de sosa, ó se le concentra de nuevo. 100 kilogramos de ácido sulfúrico suministran 40 de ácido clorhídrico puro de 1,181 de densidad; pero Fresenius asegura que el ácido depurado por este procedimiento no resulta completamente libre de arsénico.

En los laboratorios de química se precipita el ácido sulfúrico por medio del cloruro de bario. El arsénico puede ser precipitado por el sulfuro de bario.

Payen aconseja el siguiente procedimiento para transformar el ácido clorhídrico del comercio en ácido á propósito para los usos más delicados de los laboratorios. Destílese aquel ácido con una pequeña cantidad de clorato de potasa ú óxido de manganeso, para que el ácido sulfuroso pase al estado de sulfúrico, y así que todo el cloro ha sido eliminado por ebullición, se añade un poco de sulfuro de bario para precipitar el arsénico al estado de sulfuro; al cabo de algunos instantes, el hidrógeno sulfurado que se ha formado se ha desprendido por completo, y se recoge entónces el ácido clorhídrico en un recipiente que contiene cierta cantidad de agua

destilada, continuando la destilacion hasta que no quede en el aparato más que la cuarta parte próximamente del volúmen primitivo de ácido,

Algunos recomiendan el hipofosfito de sosa ó de potasa para eliminar el arsénico del ácido clorhídrico del comercio. Tiene dicho hipofosfito, en efecto, la propiedad de reducir y precipitar el arsénico al cabo de cierto tiempo; conseguido esto, se decanta el líquido claro y se destila. El cloro libre es igualmente eliminado por el ácido hipofosforoso.

El ácido clorhídrico se expedia ántes en grandes vasijas de vidrio ó de grés que tenían más valor que el mismo ácido; pero ahora se emplean en Inglaterra para dicha expedicion barricas de madera forradas interiormente con una capa de gutapercha de 7 á 8 milímetros de espesor.

No debemos terminar lo referente al ácido clorhídrico, sin llamar la atencion de los industriales sobre la reaccion del cloruro de magnesio en disolucion acuosa, que abandona todo su cloro al estado de ácido clorhídrico cuando se evapora hasta sequedad y se calienta el residuo. Sabido es, en efecto, que dicho cloruro se obtiene en varias fabricaciones como residuo; por ejemplo, en la regeneracion del peróxido de manganeso por el método Welden, como veremos pronto, y en el procedimiento Solvay de fabricacion del carbonato de sosa, segun ya tuvimos ocasion de ver.

Sulfato de sosa.—Este sulfato ya hemos visto que es el residuo de la fabricacion del ácido

clorhídrico; pero se encuentra tambien en la naturaleza, y es además producido en otras industrias.

Este sulfato de sosa puede obtenerse indirectamente sin necesidad de emplear ácido sulfúrico. A este efecto se han propuesto varios métodos, de los que indicaremos los principales.

Prodúcese sulfato de sosa y cloruro de magnesio, haciendo reaccionar á baja temperatura la sal comun y el sulfato de magnesia.

Si se tuesta la pirita de hierro ó de cobre, mezcladas con cloruro de sodio, en medio de una corriente de aire desecado con cal viva ó ácido sulfúrico, se desprende cloro; y el producto de la tostacion da por lejiviacion sulfato de sosa, quedando un residuo insoluble que contiene el metal, del que puede extraerse éste.

Segun Kuhlmann, el sulfato de magnesia, calentado al rojo con nitrato de sosa, produce ácido hiponítrico volátil y sulfato de sosa fijo.

En la oxidacion de los desperdicios procedentes de las breas de lignito y de turba para parafina y aceite de alumbrado, se obtienen, segun los Sres. Perutz y Breitenloher, grandes cantidades de sulfato de sosa.

Los Sres. Luna y Clemm proponen la calcinacion del sulfato de magnesia con la sal comun, en cuyo caso se forma ácido clorhídrico volátil y una mezcla de sulfato de sosa y de magnesia.

Para ciertas aplicaciones del sulfato de sosa se requiere que esté completamente libre de

hierro. Esto se consigue disolviendo el sulfato, precipitando el óxido de hierro por la cal, evaporando la disolución clara y secando el producto.

El bisulfato de sosa, que tiene también algunas aplicaciones especiales, se obtiene como producto secundario en la fabricación del ácido nítrico y en el tratamiento de la criolita por el ácido sulfúrico.

CLORURO DE CAL.

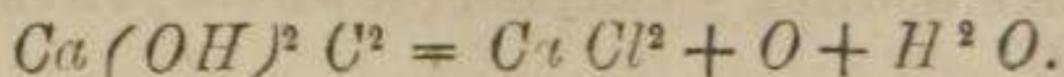
Propiedades y aplicaciones.—El cloruro de cal no es otra cosa que una forma especial de almacenar el cloro y poderlo aplicar en muchas industrias, donde sería poco menos que imposible verificarlo si hubiera absoluta necesidad de recurrir á aquel gas en tal estado ó disuelto en el agua. Estas aplicaciones del cloruro de cal, que son muchas por cierto y en extremo importantes, están fundadas todas en la propiedad que tiene el cloro—que tan fácilmente se desprende de dicho cloruro,—de descomponer, en presencia del agua, las materias colorantes y los miasmas; en estas propiedades, con efecto, están fundadas sus aplicaciones como decolorante y desinfectante. El cloro, por su parte, es empleado como oxidante y disolvente en muchos casos, como por ejemplo, en la extracción del oro de los minerales silícicos, etc.; en la separación del mismo metal de la plata, así como para quitar el estaño de las recortaduras y desechos de hoja de lata; y por último, se emplea

tambien el cloro en la fabricacion en grande escala de diferentes productos, como el permanganato de potasa, el ferricianuro potásico, el hidrato de cloral, el cloroformo, etc.

El cloruro de cal se presenta en el comercio en forma de polvo blanco y seco, exhalando un ligero olor de cloro ó de ácido hipocloroso. Expuesto al aire, absorbe con gran lentitud la humedad; si esta absorcion fuera rápida, se tendrá la evidencia de que el producto ha sido mal fabricado. El ácido carbónico reacciona con gran facilidad sobre el cloruro de cal húmedo, ó en presencia del aire húmedo, formándose ácido hipocloroso. Como esta accion es lenta, lenta es la del cloruro de cal, como decolorante y desinfectante, pudiéndose la activar considerablemente añadiéndole un ácido enérgico, en cuyo caso se forma cloro ó ácido hipocloroso, segun el ácido y el grado de concentracion de éste.

Conservado el cloruro de cal en vasijas cerradas, ha sucedido á veces que se ha descompuesto bruscamente, produciéndose una fuerte explosion (1). Pero si se le conserva perfectamente al abrigo del aire y á baja temperatura, si se ha fabricado bien, no se corre este riesgo. La mejor manera de hacer que el cloruro de cal no se descomponga con facilidad, consiste en reducirlo á polvo fino en seguida de fabricado y apretarlo fuertemente en las barricas,

(1) Segun Wagger, la descomposicion que en este caso se produce, puede formularse del siguiente modo:



donde adquiere la dureza de la piedra al cabo de poco tiempo.

El cloruro de cal se disuelve incompletamente en el agua, dejando un residuo de cal cáustica. El cloruro disuelto forma un líquido transparente que marca de 9° á 10° B.

Inglaterra produce cantidades enormes de cloruro de cal. Según el Sr. Lamy, la producción de este cloruro fué en 1877 de 120.000.000 de kilogramos, incluyendo en esta cantidad una parte relativamente pequeña de clorato de potasa.

La riqueza ó poder decolorante del cloruro de cal, que es el principal dato que decide su valor en el comercio, se indica por grados clorométricos, ó sea de cloro activo que contiene el cloruro. Así, cuando se dice que este producto acusa 100° ó 110° clorométricos, se quiere indicar que 1 kilogramo del mismo decolora tanto ó equivale á tanto como 100 á 110 litros de cloro. Por punto general no se prepara nunca el cloruro de mayor graduación que estas que acabamos de indicar, ni es conveniente tampoco.

Preparación del cloro.—Cuando se hace reaccionar el gas cloro sobre el hidrato de cal, se produce, según las modernas teorías, una verdadera combinación del cloro y de la cal; pero hay algunas dudas sobre la forma que debe asignarse á esta combinación (1). Como es con-

(1) El Sr. Kolb quiere que la constitución del cloruro de cal sea $CaOCl^2 + Ea(OH)^2$.

Los Sres. Odling y Goepner, le atribuyen esta otra: $CaCl^2 O$.

siguiente, á esta última la acompañará siempre una cantidad más ó ménos grande de cal cáustica.

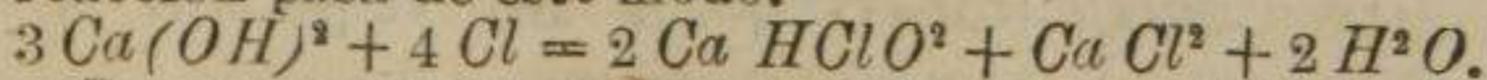
De los importantes trabajos del Sr. Kolb, resulta que el cloruro de cal de mayor riqueza en cloro que puede fabricarse, contiene 38,5 por 100 de dicho cloro en estado activo. Este cloruro de cal tiene la siguiente composición:

Cloro activo.....	38,5
Cloro inactivo.....	0,2
Cal	45,6
Agua	14,7
Clorato y pérdida.....	0,8
	100,0

La reaccion del cloro sobre la cal se verifica en aparatos especiales y en condiciones que luégo daremos á conocer. Ahora debemos ocuparnos de la preparacion del cloro, que es el agente más importante de la fabricacion del cloruro de cal.

Hasta hace poco, y aún hoy mismo en algunas fábricas, el procedimiento empleado para la fabricacion del cloro consiste en calentar una mezcla de peróxido de magnesio natural ó regenerado, sal comun y ácido sulfúrico, formán-

El Sr. Stahlschmidt, por el contrario, cree que la reaccion pasa de este modo:



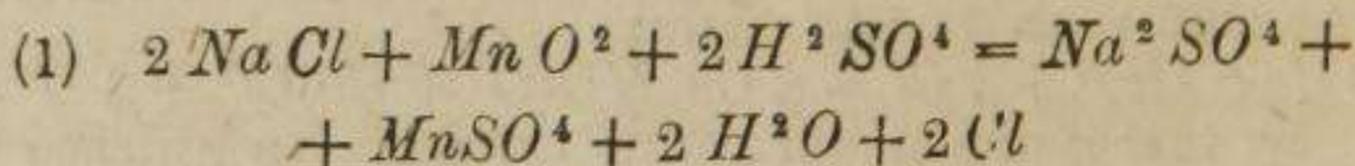
De suerte que el cloruro de cal sería un hidrato de cal, en el que un equivalente de hidrógeno es reemplazado por el cloro. Con el agua CaHClO^2 se transforma en $\text{Ca}(\text{OCl})^2$ y $\text{Ca}(\text{HCl})^2$.

dose, alreaccionar estas sustancias, sulfato de sosa, sulfato de manganeso, agua y cloro (1).

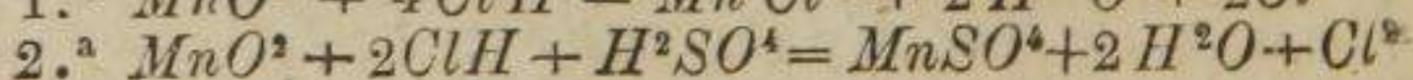
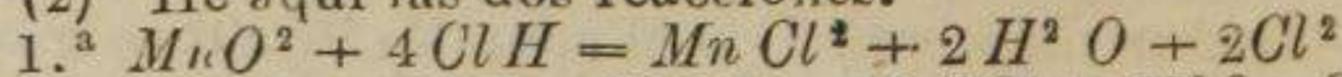
En otras fábricas se emplea, en la preparación que nos ocupa, el peróxido de manganeso y el ácido clorhídrico, ó bien estas dos sustancias más ácido sulfúrico. Cuando sólo se emplea la primera mezcla, se obtiene la mitad del cloro contenido en el ácido clorhídrico; mientras que al emplear la segunda, ó sea la en que figura el ácido sulfúrico, se obtiene todo el cloro contenido en aquel mismo ácido (2).

Los aparatos en que se verifican todas estas reacciones, esto es, los empleados en la fabricación del cloro con arreglo á ellas, varían mucho. La índole de este manual no nos permite hacer un estudio crítico sobre todos ellos, ni siquiera describirlos; pero en cambio daremos á conocer los más modernos y que mejores resultados están dando en la práctica.

Cuando se trata de preparar el cloro con el peróxido de manganeso y el ácido clorhídrico, se emplean grandes vasijas de grés que llevan en su parte alta dos bocas: una ancha para la carga y descarga, y otra más estrecha de la que arranca el tubo abductor del gas. La descarga se suele hacer también, y con más facilidad, por un tubo dispuesto en la parte baja del



(2) Hé aquí las dos reacciones:



recipiente. Varios de estos recipientes se colocan en un baño de maría al vapor formado de grandes cajas de madera, ó de mampostería con tapa de madera, de modo que sólo salgan los cuellos de los recipientes de grés.

En vez de este aparato se emplea con ventaja el que representa la figura 14, que consta de una caja *B*, rectangular, de piedra inatacable por los ácidos. Cerca del fondo de esta caja se encuentra una rejilla *A*, de barrotes de grés, sobre la que se coloca el peróxido de manganeso, que se carga por *C*, mientras que el ácido clorhídrico se carga por *D*. El cloro se desprende por el tubo de plomo *E*, y en *F* se ajusta un prisma de grés, con un taladro vertical y otro horizontal en la parte baja, y provisto de un tubo *a* para la introducción del vapor de agua, que es el agente de calentamiento, elevando la temperatura hasta 90°. Los residuos se extraen por *b*.

La fig. 15 representa un aparato muy empleado cuando se prepara el cloro con la sal común, ácido sulfúrico y peróxido de manganeso. La parte inferior que, como se ve en la figura, es una especie de cápsula plana, es de hierro y lleva un tubo de descarga *b*. En los rebordes *aa*, descansa y se sujeta el cilindro de plomo *dd*, construido sin soldadura, el cual lleva en su parte alta un tubo con embudo para la carga del ácido, una boca *f* para la de la sal común y el peróxido de manganeso, y un tubo de desprendimiento.

Como en este último caso requiere la reac-

cion mayor temperatura que en el anterior, el calentamiento del aparato se verifica á fuego directo.

En estos últimos años se han propuesto y empleado con mejor ó peor éxito varios procedimientos de fabricacion del cloro. El que más ruido ha movido en el mundo industrial, y hasta ha llegado á ser objeto de aplicacion en muchas fábricas, es el del Sr. Deacon; y aunque hoy está casi por completo abandonado, si quiera por su celebridad vamos á darlo á conocer.

El Sr. Deacon ha conseguido preparar el cloro suprimiendo completamente el bióxido de manganeso. Fúndase su procedimiento en la propiedad que tiene una mezcla de ácido clorhídrico y aire de descomponerse en cloro y en agua bajo la influencia del calor, y sobre todo en presencia de materias porosas impregnadas de ciertas sales metálicas, tales como el sulfato de cobre.

Despues de haber determinado las condiciones más favorables á la descomposicion de la mezcla de ácido clorhídrico y de aire, el Sr. Deacon ha combinado sus aparatos de la manera siguiente:

El ácido clorhídrico gaseoso se produce, bien sea en un horno ordinario de sulfato de sosa, ó bien, y esto es preferible en pequeñas explotaciones, haciéndole desprender del ácido clorhídrico líquido bruto.

Al salir del aparato que lo produce, el gas se mezcla inmediatamente con una cantidad de

aire que contiene más oxígeno del necesario para convertir en cloruro todo el ácido clorhídrico en presencia. En tal estado, atraviesa una serie de tubos de fundición en forma de U, sometidos á una temperatura conveniente. La composición de la mezcla gaseosa puede comprobarse á cada momento por medio de una pequeña bomba de aire que, á cada embolada, inyecta un volúmen dado de gas en una disolución graduada de sosa cáustica colorada con tornasol.

Al salir de estos tubos los gases llegan á la parte superior de una torre revestida interiormente de ladrillos y mantenida á una temperatura determinada. Esta torre constituye un regulador de temperatura, pero no es indispensable.

En cuanto sale del regulador, la mezcla gaseosa llega al horno de descomposición. Este horno está formado de una caja de fundición dividida por tabiques horizontales en nueve cámaras. Cada una de estas cámaras está provista, en su parte inferior, de una rejilla que forma doble fondo; sobre esta rejilla reposa en las dos cámaras inferiores un tubo de barro dispuesto verticalmente, é impregnado de una disolución formada de dos moléculas de sulfato de cobre y de tres moléculas de sulfato de sosa. Las cámaras superiores están llenas de fragmentos de ladrillo ó bolas de arcilla (1^{cm},5 de diámetro), impregnadas de las mismas sales.

Los tubos de barro tienen por objeto detener el cloruro de hierro, bien sea bajo la forma de

cloruro, ó bien bajo la de óxido cuando se encuentra descompuesto. Este depósito cae á través de los tubos y de la rejilla, y puede entónces extraerse del aparato. Sin embargo, en estos últimos tiempos se han podido suprimir sin inconveniente estos tubos, así como los tabiques que separan las nueve cámaras. Todo el horno está rodeado de una cámara de aire y ésta de un revestimiento de ladrillo, atravesado por conductos caloríferos: esta disposición tiene por objeto impedir la pérdida de calor por irradiación.

Los gases que salen del horno de descomposición, son una mezcla de cloro, agua, nitrógeno, de oxígeno en exceso y de ácido clorhídrico no descompuesto. Se baja entónces la temperatura de la mezcla por enfriamiento por medio del aire, despues se condensa el gas clorhídrico en aparatos como los descritos al principio, pero cargados de ácido clorhídrico diluido en agua. Se desecan en seguida los gases en una columna llena de cloruro de calcio ó en una torre de cok, en la cual circula el ácido sulfúrico concentrado, y se les hace llegar entónces á las cámaras de cloruro de cal. Es evidente que esta desecación es inútil cuando el cloro debe reaccionar sobre una lechada de cal, como sucede en la fábrica de clorato de potasa.

El principal inconveniente del procedimiento Deacon, es el volúmen de gas sobre que se opera, y por consiguiente, la gran dimension que es preciso dar á las cámaras de cloro. Para remediar este inconveniente, el Sr. Deacon quita

á los gases su cloro de un modo sistemático. Les hace pasar desde luego sobre la cal casi saturada de cloro y se dispone en seguida de modo, que á medida que van conteniendo menos cloro, encuentren la cal cada vez menos saturada de este gas. Para esto se sirve de una serie de cámaras distintas; desde el momento en que, en la primera, la cal queda completamente saturada, se interrumpe su comunicacion con el aparato, se hace llegar el gas á la cámara siguiente, y despues de haber reemplazado en la primera el cloruro de cal por la cal sin clorurar, se hace entrar esta cámara en el sistema, pero de tal suerte que sea la última, y así sucesivamente.

Pero de todos los modernos procedimientos, el que más importancia tiene en el dia es el del Sr. Weldon, fundado en la regeneracion directa del peróxido de manganeso (1). Consiste el procedimiento en tratar los residuos de la fabricacion del cloro por el carbonato de cal, de suerte que se precipita el óxido de hierro, la alúmina y el ácido sulfúrico, quedando especialmente formados de protocloruro de manganeso; este último se trata á su vez por el hidrato de cal y se inyecta en seguida aire atmosférico en la

(1) Este procedimiento ha sido adoptado en 47 fábricas de Inglaterra; en 8 en Francia; en las fábricas alemanas de Dieuze, de Manheim, de Reinau, de Saaran y de Stettin, y en las dos austriacas de Aussig y de Hurschau; por último, en la única fábrica de cloro de Noruega, y recientemente en otra fábrica belga.

mezcla que resulta de protóxido de manganeso, hidrato de cal y cloruro de calcio, calentado á 70°, por cuyo medio el hidrato de protóxido blanco se convierte rápidamente con otro óxido de color muy oscuro, que se combina con la cal y se forma manganito de cal ($Ca Mn O^3$); así que esta combinacion se deposita, se decanta la mayor parte de la disolucion del cloruro de calcio que sobrenada, y aquella puede ser tratada por el ácido clorhídrico para que desprenda cloro. Esta serie de simples operaciones se repite sucesivamente del mismo modo y continúa todo el tiempo que se quiere. Veamos ahora los aparatos en que tienen lugar todas las reacciones que forman parte del procedimiento.

La neutralizacion del ácido de los residuos del cloro por medio de la creta, se verifica dentro de recipientes de piedra inalterable á los ácidos, provistos de agitadores mecánicos de madera. El líquido turbio se envia por medio de bombas á los depósitos de clarificacion por reposo, que pueden ser de palastro. La parte líquida, perfectamente clara, y que no es otra cosa que el cloruro de manganeso libre de hierro, se trasiega á un gran cilindro vertical de palastro, de 3^m,30 de diámetro por 9 de altura, donde se verifica la oxidacion, gracias á una enérgica corriente de aire que se inyecta á traves del líquido una poderosa máquina soplante por medio de un sistema de tubos de fundicion procurando que la disolucion del cloruro tenga la temperatura de 70°,—lo que se consigue por medio de vapor de agua,—y añadiendo al propio

tiempo que se inyecta el aire una lechada de cal muy clara, igual á 46 veces la cantidad de cal equivalente al manganeso que existe en la disolucion. Al cabo de unas dos ó tres horas ha terminado la absorcion del oxígeno, segun la potencia de la máquina soplante, lo cual se reconoce practicando ensayos del líquido, y viendo cuándo cesa de aumentar la proporcion del bióxido de manganeso. En tal estado, se pasa el contenido del aparato de oxidacion á depósitos donde reposa y aclara el líquido, que es una disolucion de cloruro de calcio, y se decanta; la parte sólida ó precipitado se puede emplear directamente en la preparacion del cloro.

Para este último efecto se emplea el aparato representado en la fig. 16, llamado *stills*. Este aparato es octogonal, y se construye de piedra inalterable á los ácidos, siendo sus dimensiones 4 metros entre sus lados y 3 de altura, con buenos atirantados de hierro en la parte exterior, y con uniones de tiras de cautchuc *B*, dispuestas en las ranuras y apretadas con redoblonnes; la parte superior está formada por losas de 0^m,15 de espesor, unidas todas en el centro, y fijas, por una parte, en los bordes de las paredes verticales del recipiente, de 0^m,18 de espesor, y por otra, sobre una columna *V*, tambien de piedra inalterable, de 0^m,40 de diámetro al ménos, que ocupa el centro del aparato, y que sirve al propio tiempo para introducir el vapor necesario á la operacion. Un tubo lateral indica el nivel del líquido en el aparato, que se carga con ácido clorhídrico de 20° á 22°, por

medio de un tubo que baja hasta el fondo y no se ve en el dibujo. En cuanto al peróxido regenerado, que se presenta en forma de papilla negra, se carga despues del ácido poco á poco y por medio de un sifon distribuidor, de grés, *EF*, al que llega dicho peróxido desde los depósitos por el tubo *D*. La papilla se disuelve rápidamente, y esta accion se activa todavía por medio del calentamiento de la mezcla con el vapor que llega por el tubo *V*. El cloro, cuyo desprendimiento puede regularse fácilmente moderando más ó ménos la introduccion del manganeso, se escapa por las tubuladuras de grés *cc*, masticadas en el aparato y unidas, por medio de cierres hidráulicos, á conductos de barro cocido que conducen el gas á los aparatos de condensacion.

Terminada la operacion, se extrae el líquido ácido de cloruro de manganeso, se recoge en un depósito de piedra, tambien inalterable, y se le vuelve á regenerar.

Por lo demás, en vez del aparato que acabamos de describir, puede emplearse cualquier otro á propósito; por ejemplo, el que hemos representado en la figura 14.

Las principales ventajas del procedimiento que acabamos de describir son las siguientes: 1.^a Se produce el cloro más económicamente que en ningun otro, cuando se trabaja en grande escala. 2.^a Todas las operaciones pueden verificarse con facilidad y completamente, sin que se ocasione la menor molestia á la vecindad, puesto que el único residuo es el cloruro de

calcio puro é inofensivo. 3.^a Se suprime en él la limpieza de los recipientes, operacion tan penosa para los obreros. 4.^a Por último, aprovecha un residuo abundante y sin valor hasta aquí.

El Sr. Zetzler, de Schaffouse, aconseja que despues de lavado el hidrato de protóxido de manganeso, se oxide parcialmente al aire y se someta, por último, en presencia de una lejía de cal, á una corriente de aire caliente. De este modo parece que la oxidacion es más rápida y completa, y se obtiene un peróxido de manganeso seco y compacto.

Recientemente se ha propuesto reemplazar la cal por la magnesia. De este modo, se obtendrá como residuo definitivo cloruro de magnesio, que calentado al rojo, producirá ácido clorhídrico y magnesia; de suerte que ésta puede servir continuamente. Este procedimiento no creemos se haya puesto en práctica industrial todavía, pero merece la pena de ser ensayado y estudiado con detenimiento, por el inmenso interés que tendria si fuese práctico y económico; y este interés subiria de punto, el dia que el procedimiento Solvay, para la fabricacion del carbonato de sosa, llegase á sustituir al de Leblanc.

Preparacion del cloruro de cal.—El cloro es conducido á cámaras especiales donde encuentra á la cal hidratada y pulverulenta en capas delgadas. Esta cal debe ser lo más pura posible y libre de carbonato, siendo absolutamente indispensable que no contenga magnesia, porque

se formaría cloruro de magnesio delicuescente, que sería una causa de alteración del producto. La práctica ha demostrado que el mejor grado de hidratación de la cal corresponde á 40 por 100 de agua próximamente.

La fig. 17 representa una de las cámaras empleadas en la preparación del cloruro de cal, llamadas con gran propiedad cámaras de absorción. El gas cloro llega por *M* á esta cámara, que es cuadrangular, construida de losas de grés ó de ladrillos unidos con un mastic de asfalto y enlucidos con alquitran ó barniz de asfalto. La cámara está formada de varios estantes *T*, *T'*, *T''*, sobre los que se disponen capas de cal apagada, de 6 á 7 centímetros de espesor. El gas cloro es absorbido rápidamente, desprendiendo calor. Como la temperatura no debe exceder de 25°, porque en otro caso se corre el riesgo de que se forme clorato de cal, es preciso que el gas llegue con lentitud.

En Inglaterra se usan cámaras enormes que tienen hasta 200 metros cuadrados. En Francia son mucho menores, de 100 metros á lo sumo. Cuando se prepara el cloro por el procedimiento Weldon, es preciso que se las revista de plomo, porque la reacción es muy enérgica y la temperatura se eleva bastante. En la preparación del cloruro con el cloro obtenido por el procedimiento Deacon, son precisas cámaras de gran superficie, á causa de la extraordinaria dilución de los gases, y la cal debe disponerse en capas muy delgadas, de 1,6 á 2 centímetros. Mientras que en los antiguos procedimientos

se revolvía la cal, así que había absorbido 30 por 100 de cloro, en los modernos no se hace esto. La influencia de las grandes cantidades de gas mezcladas con el cloro, en el método Deacon, no se deja sentir mientras la descomposición marcha bien, pero desde el momento en que la producción del cloro disminuye, el ácido carbónico tiene una influencia marcadísima, y sólo se consigue preparar cloruro de cal de 35 por 100 de cloro.

Como principios generales de la fabricación del cloruro de cal podemos establecer los siguientes: Al cloro se le debe separar todo lo posible de los ácidos clorhídrico y carbónico; débesele llevar á las cámaras todo lo más frío posible; el hidrato de cal será puro y libre de carbonato. Las cámaras tendrán una temperatura bastante baja, que no debe pasar nunca de 25° durante la absorción. El cloruro de cal, al sacarlo de las cámaras, debe mezclarse bien; y se le dejará en cajas removiéndole con frecuencia, hasta que haya adquirido la temperatura ambiente antes de colocarlo en las barricas.

Cuando se quiere preparar el cloruro de cal líquido se hace reaccionar el cloro sobre una lechada de cal colocada en un recipiente de piedra inalterable, provista de agitadores. Este recipiente está tapado durante la reacción por medio de una cubierta de madera forrada de plomo. Una vez verificada aquella reacción ó absorción, se extrae el líquido que se coloca en cubas donde se aclara por el reposo y puede ser expedido. La lechada de cal se forma con 2.000

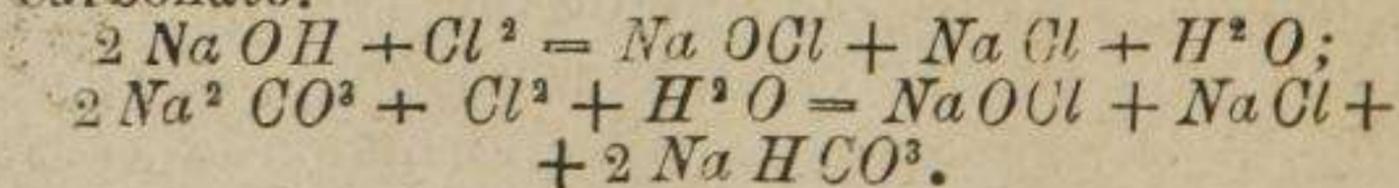
litros de agua y 300 kilogramos de cal apagada.

Por igual procedimiento que el que acabamos de describir se pueden preparar los cloruros de potasa y de sosa, sin más que reemplazar la lechada de cal por una disolución de potasa y de sosa cáustica ó carbonatadas (1). El cloruro de potasa es la llamada *agua de Favel*, y el de sosa se llama *agua de Labarraque*.

También pueden obtenerse los mismos cloruros alcalinos y otros, como el de alúmina (*líquido decolorante de Wilson*), el magnesio (*líquido decolorante de Ramsay*), y el de zinc (*sal decolorante de Warrentropp*), tratando el cloruro de cal líquido por los carbonatos ó sulfatos respectivos.

Clorato de potasa.—El clorato de potasa se prepara haciendo reaccionar el cloro sobre una lechada de cal á alta temperatura, por cuyo medio se forma cloruro y clorato cálcicos; este último se descompone por el cloruro de potasio. Generalmente se hace pasar una corriente de cloro por una mezcla formada de una molécula de cloruro de potasio y 6 de hidrato de cal, reducidas á una papilla clara con agua. Evaporando y dejando en seguida enfriar la disolu-

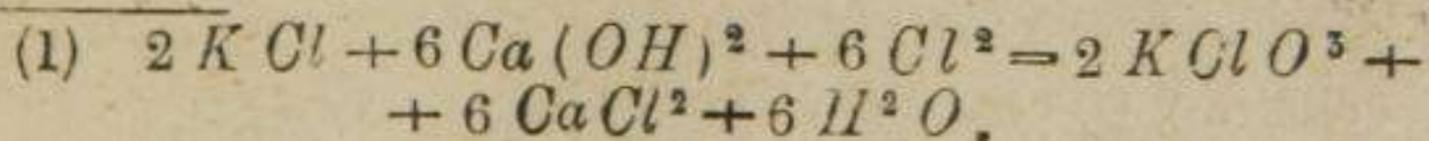
(1) Supongamos que se trate de preparar el cloruro de sosa y se tendrán las dos siguientes reacciones, según que se emplee la lejía de sosa cáustica ó la de carbonato:



cion, el clorato de potasa cristaliza, mientras que el cloruro de calcio queda en el agua madre (1).

En Inglaterra, la marcha de las operaciones es la siguiente, según M. Lunge: la lechada de cal se coloca en dos cilindros de hierro forrados de plomo y provistos de agitadores; estos dos cilindros comunican con el generador de cloro. El gas satura primero el líquido del primer cilindro, y sólo la parte absorbida en esta primera vasija llega al líquido del segundo cilindro. Cuando la saturación es completa en el primer aparato, se reemplaza el contenido por nueva lechada de cal y se dirige la corriente de tal suerte que atraviese primero el otro cilindro, y así sucesivamente,

La disolución de cloruro de calcio y de clorato de cal presenta un color rosa que indica el final de la operación, cuando se prepara el cloro por el procedimiento Deacon en que no puede proceder aquel del manganeso arrastrado. A este líquido rosa, una vez clarificado, se le añade cloruro de potasio y se evapora hasta la densidad de 1,28, dejándole entonces cristalizar. Las primeras aguas madres se evaporan de nuevo hasta que marquen 1,35 de densidad, y se obtiene de este modo una segunda cantidad de cristales de clorato de potasa. Próximamente 12 por 100 del clorato formado queda en las aguas madres, por cuyo motivo deben ser tratadas por cloro.



Los cristales obtenidos contienen todavía cloruro de calcio y de hierro. Para purificarlos, se disuelve en la menor cantidad de agua posible y se añade 2,5 gramos de carbonato de sosa para 10 hectólitros de líquido; se deja depositar el carbonato de cal y el óxido de hierro, y se hace cristalizar. Se deseca entónces; los cristales mayores se expenden directamente al comercio: los más finos se reducen á polvo. Esta última operacion da algunas veces lugar á explosiones, por cuyo motivo aconseja M. Lunge el obtener el polvo de clorato de potasa bajo la forma de cristales muy pequeños, agitando constantemente el líquido durante la cristalización.

Cuando se calienta con precaucion el clorato de potasa, hasta que la masa que al principio es fluida se vuelva pastosa y viscosa, se forma perclorato de potasa, que puede separarse del cloruro de potasio que se produce al mismo tiempo (1), por nueva cristalización en agua hirviendo.

El perclorato de potasa reemplaza con ventaja al clorato en varias aplicaciones.

SUPERFOSFATOS.

Primeras materias.—La fabricacion de los superfosfatos para abonar las tierras, es una industria muy moderna, y sin embargo, ha llega-

(1) $2 KClO^3 = KClO^4 + KCl + O^2.$

do ya á adquirir suma importancia. Esto no tiene nada de extraño, si se observa que el aumento de poblacion obliga á hacer producir á la tierra cosechas cada vez mayores, y es de todo punto necesario devolver á aquellas, por medio de los abonos artificiales, los elementos extraidos por las plantas que sirven para la alimentacion del hombre y de los animales. De todos estos abonos artificiales, los más importantes quizás, son los superfosfatos de cal, que no son otra cosa, en último término, que fosfato, en estado asimilable, para emplearlos ó bien aisladamente, lo que es un mal sistema,—excepto en muy contados casos,—ó mezclado con otras sustancias, para formar un abono completo.

La preparacion de los superfosfatos no puede ser más sencilla en principio: redúcese á tratar por un ácido á propósito cualquiera de los muchos fosfatos insolubles que en estado de fosfato tribásico, generalmente de cal, se encuentran en la naturaleza. En este concepto, las primeras materias para la fabricacion de que vamos á ocuparnos, no puede ser más abundante, pudiendo citar en primer término las sustancias siguientes: polvo de huesos, residuos de la fabricacion del negro animal, fosfatos fósiles y minerales. Pero si en principio esta fabricacion es sencillísima, en la práctica no deja de presentar algunas dificultades. Ante todo, daremos una idea de las primeras materias.

Privado del periosto, tuétano y grasa, un hueso seco contiene, segun Marchand:

Cartílago.....	32,25
Vasos.....	1,01
Fosfato de cal tribásico... ..	52,26
Idem de magnesia.....	1,05
Cloruro de calcio... ..	1,00
Carbonato de cal.....	10,21
Sosa.....	0,92
Cloruro de sodio.. ..	0,25
Oxidos de hierro y de magnesia, pérdida.....	1,05
	<hr/> 100,00

Los huesos contienen tambien, aunque en pequeña cantidad, fluoruro de calcio. Como es consiguiente, la cantidad de fosfato varía con la especie del animal y aún con otras circunstancias. Segun el Sr. Nisbet, los huesos de vaca contienen 59,00 por 100 de fosfato; los de carnero, 50,60; los de buey, 45,20; huesos diversos, 37,70.

Más que los huesos en rama, suelen emplearse en la fabricacion de los superfosfatos, los residuos de otras industrias donde se emplean aquellos como primera materia. El señor Bobierre da el siguiente estado, que representa los términos medios de numerosos ensayos de huesos del comercio:

Designacion.	Agua y m a t e - rias ani- males.	Arena y m a t e - rias in- solubles	Fosfato de cal y de mag- nesia.	Carbo- nato de cal, etc.	Nitró- geno.
Raspaduras....	37,88	4,80	51,00	6,32	3,20
Desperdicios...	41,70	1,50	47,00	4,80	5,00
Polvos de huesos fermentados.....	»	»	»	»	4,13

Las raspaduras y desperdicios de botoneros, procedentes de huesos muy duros, son, en general, ricos en fosfato tribásico.

Los residuos de las fábricas de jelatina y cola, se emplean también en la preparación de los superfosfatos. Hé aquí la composición de los analizados por el Sr. Bobierre:

Materia orgánica (con 14 milésimas de nitrógeno).....	18,8
Sílice.....	0,8
Fosfato de cal y de magnesia...	76,4
Sales solubles en el agua... ..	0,8
Carbonato de cal, etc.....	3,2
	100,0

Procedentes de Montevideo y otros puntos, llegan á Europa huesos calcinados ó en forma de cenizas, cuya composición es la siguiente, según el mismo Sr. Bobierre:

Carbon y materia orgánica.....	3
Resíduo silíceo.....	21
Fosfato de cal y de magnesia.....	66
Carbonato de cal, etc.....	10
	100

El negro animal que ha servido en las fábricas de azúcar contiene una gran cantidad de fosfatos tribásicos, lo cual se explica fácilmente recordando su origen. Generalmente se le emplea en tal estado por las sustancias nitrogenadas que contiene, pero también se le puede tratar con ventaja por los ácidos para transformar aquellos fosfatos tribásicos en fosfatos so-

lubles. El análisis de varias muestras de este negro animal ha dado de 44 á 73, 10 por 100 como riqueza en fosfatos tribásicos de cal y magnesia.

Los fosfatos fósiles y minerales son abundantísimos en la naturaleza. Su composición varía, como es consiguiente, mucho. El Sr. Fremy, por ejemplo, ha analizado varios fósiles, y ha encontrado que contenían desde 23,1 á 72 por 100 de fosfato tribásico de cal y una pequeña cantidad de fosfato de magnesia, también tri-básico.

Uno de los fósiles de mejor aplicación en la industria que nos ocupa, es el llamado cropolito. Para no citar más que un ejemplo con que dar una idea de la composición de estos cropolitos, copiamos el siguiente análisis de un ejemplar de Cambridge:

Humedad.	8,00
Materias orgánicas.. . . .	3,00
Sílice.. . . .	9,00
Fosfato de cal.. . . .	77,70
Carbonato de cal.	2,30
	100,00

Entre los mejores fosfatos minerales que pueden emplearse en la fabricación de los superfosfatos, figuran las fosforitas, que tanto abundan en España. Hé aquí un estado que demuestra los resultados medios obtenidos al analizar diferentes clases de la célebre fosforita de Logrosan, por los Sres. Dauberny y Luna, y

los profesores de la Escuela de minas de Saint-Etienne:

	Dauberny.	Escuela de minas de Saint-Etienne.	Luna.
Agua.	»	0,40	»
Fosfato tribásico de cal.	81,16	95,00	82,00
Fosfato de magnesia. .	»	»	1,00
Fluoruro de calcio. . .	14,00	2,25	8,00
Peróxido de hierro. . .	3,14	Indicios.	»
Fosfato de hierro. . . .	»	»	7,00
Sílice.	1,70	2,00	2,00
Cloruro de calcio. . . .	»	0.35	»
	100,00	100,00	100,00

Por último, tambien suelen tratarse por los ácidos ciertos guanos muy ricos en fosfatos.

Fabricacion del superfosfato.— Cualquiera que sea la primera materia empleada, se empieza por reducirla á polvo fino en molinos ó aparatos especiales, segun la dureza de dicha materia prima. Este polvo se mezcla con el ácido sulfúrico de 50° á 53° B., procedente de las cámaras de plomo. Si se trata de fosfatos de ganga caliza, se reduce la graduacion del ácido á 40°. En cuanto á los fosfatos ricos en óxidos de hierro ó alúmina, exigen ácido de 50° á 53°. La mezcla se hace en balsas de piedra inalterable, ó en un cilindro de madera, ó mejor de fundicion, ligeramente inclinado, provisto en su centro de un árbol giratorio armado de paletas. En este caso el ácido sulfúrico llega por

medio de un tubo de plomo; la masa removida se calienta y se vuelve fluida; y por medio de una chimenea de tiro muy enérgico, se aspiran los gases que se desprenden de la reacción, tales como los ácidos carbónico, fluorhídrico, etc.

El Sr. Thiboult ha construido un aparato para la fabricación continua de los superfosfatos, para el tratamiento especialmente de las fosforitas, aunque sirve también para las otras primeras materias enumeradas. Las fosforitas se calcinan en un horno para quitarlas toda la humedad; en seguida se reducen á polvo muy fino, y éste se mezcla con el ácido sulfúrico de 53° B. en el aparato especial. Consiste éste en un cilindro horizontal de fundición, con un eje móvil armado de paletas situadas oblicuamente, de suerte que, al mismo tiempo que verifican la mezcla del ácido y la fósforita, la empujan ó arrastran al extremo del aparato donde la masa entra en un tubo de madera forrado de plomo que la conduce á voluntad á una cualquiera de cuatro cámaras que se encuentran juntas. Estas cámaras de ladrillos tienen 20 metros cúbicos cada una y sus paredes están revestidas de plomo. El fosfato se echa en el cilindro por medio de una tolva que se encuentra en su parte superior; la masa que llega á las cámaras es bastante líquida, pero se solidifica poco á poco, y, al cabo de treinta y seis horas, se la puede extraer. A continuación del aparato se encuentra una especie de torre de palastro, llena de pedazos de cok, sobre los cuales cae el agua constantemente. Por medio de un aspirador se obli-

ga á los vapores ácidos que se desprenden del cilindro y de las cámaras á atravesar esta torre, en la que se condensan; de este modo se recupera cierta cantidad del iodo contenido en los fosfatos naturales.

Cuando se posean fosfatos muy ricos, como ciertos guanos, se tratan primero 100 partes del mineral con 60 de ácido sulfúrico. La disolución que resulta contiene ácido fosfórico libre, y se la mezclan 200 partes de guano fresco, y, si es preciso, se evapora también en vasijas de plomo. De este modo, se obtiene el superfosfato concentrado, que contiene de 44 á 45 por 100 de ácido fosfórico asimilable. Si se quiere que contenga más, se mezcla con ménos guano, se satura á voluntad 1 á 2 moléculas de cal y se transforma el fosfato básico en fosfato neutro ó ácido, ó en una mezcla de estos dos.

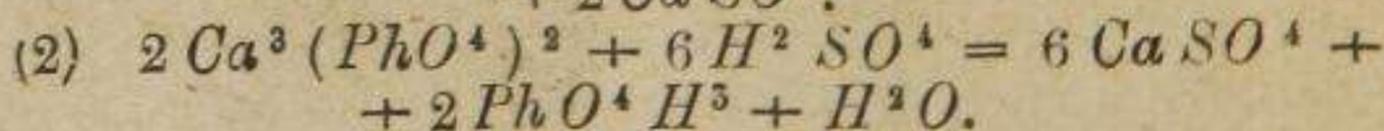
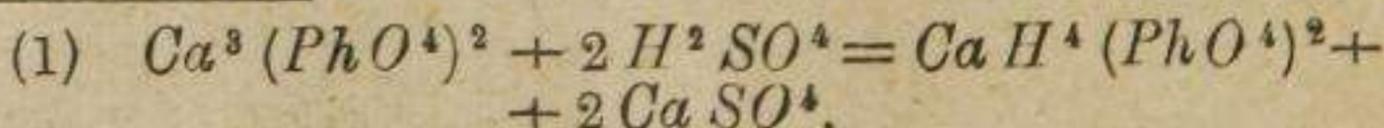
Se ha propuesto reemplazar el ácido sulfúrico por el clorhídrico, pero se ha desistido de este último á pesar de que ataca mejor al sulfato tribásico, por formar en el acto de la reacción cloruro de calcio, que presenta graves inconvenientes por ser delicuescente y asimilable á ciertas plantas, en detrimento de sus productos, y además resulta dicho ácido más caro que el sulfúrico. Los Sres. Pavesi y Rotondi proponen que en vez de los ácidos citados, se emplee una disolución de ácido sulfuroso que actúa sobre los huesos.

Para dar el nitrógeno á los fosfatos preparados, se les añade generalmente sulfato amónico, desperdicios de lana, cuernos quemados, pieles

de matadero, etc., cuyas sustancias se calientan con el ácido sulfúrico ó lejía de sosa, para que se formen compuestos nitrogenados solubles.

En algunas fábricas de cola fuerte obtienen el fosfato de cal como producto accesorio de su fabricación. En la preparación de la jelatina, los huesos son primero atacados por el ácido clorhídrico que disuelve el fosfato de cal, dejando la materia orgánica como residuo. El líquido ácido es descompuesto por un exceso de hidrato y de carbonato de cal. El precipitado es una mezcla de fosfato, hidrato y de carbonato de cal con 40 por 100 de fosfato de cal.

La reacción que se produce en el tratamiento de los fosfatos tribásicos por el ácido sulfúrico, no es tan sencilla como generalmente se cree, es decir, que no se forma simplemente fosfato ácido de cal y sulfato de la misma base (1). Mezclando una molécula de fosfato tribásico y 2 de ácido á 53° B., no se forma fosfato ácido, porque el fosfato monobásico, aun disuelto, se descompone parcialmente á 100°, y se precipita fosfato bicálcico (pirofosfato) porque el sulfato de cal de 120° á 150° á que llega la reacción, se vuelve anhidro y descompone el fosfato monocálcico para quitarle el agua. Haciendo reaccionar sobre 100 partes de fosfato tricálcico 95 de ácido sulfúrico á 53° B. se obtienen sulfato de cal, ácido fosfórico libre y agua (2). En



la práctica se calcula para 1 parte de fosfato tribásico de cal, 2 de ácido sulfúrico. Después de la mezcla de los dos cuerpos, hay ácido fosfórico libre, cuya proporción va disminuyendo constantemente, mientras que la del fosfato de cal aumenta. Mientras que á la temperatura ordinaria el ácido fosfórico forma, con el fosfato tribásico, fosfato monocálcico, en caliente este último cuerpo se transforma en ácido fosfórico libre y en fosfato bicálcico. De modo que el ataque de los fosfatos comprende dos fases bien distintas: 1.^a quedan en libertad dos terceras partes del ácido fosfórico; 2.^a el último tercio del fosfato tribásico es atacado por el ácido puesto en libertad. Si el fosfato es difícilmente atacado, la primera reacción se verifica con bastante rapidez, pero la segunda con lentitud é incompletamente.

El Sr. Armby cree, por el contrario, que en la reacción que se verifica al contacto del ácido sulfúrico con el fosfato tribásico de cal, el ácido no ataca desde luego más que la mitad de dicho fosfato y se forma fosfato soluble (1). Pero este último, reacciona sobre la otra mitad del primero, formando fosfato insoluble.

Por último, según Erlenmeyer, una parte de fosfato ácido de cal de la fórmula $CaH^4(PhO^4)^2 + H^2O$, no es soluble sino en 700 partes de agua, pero una pequeña cantidad de este líquido basta para descomponer dicha sal en ácido

(1) $Ca^2(PhO^4)^2 + 2H^2SO^4 = CaH^4(PhO^4)^2 + 2CaSO^4$.

fosfórico libre y en fosfato bicálcico insoluble. Así, la extracción del ácido fosfórico en los filtros no puede verificarse sino con superfosfatos que contengan, además del de cal, una suficiente cantidad de ácido fosfórico libre para impedir la segunda reacción.

Retrogradación del fosfato soluble.—Ocurre á menudo en la fabricación de los superfosfatos, que el fosfato de cal soluble pasa, al cabo de más ó ménos tiempo, al estado de fosfato de cal insoluble. Tal es el fosfato reducido ó retrogradado, causa de grandes perjuicios para el fabricante, puesto que los superfosfatos se pagan con arreglo al fosfato soluble que contienen.

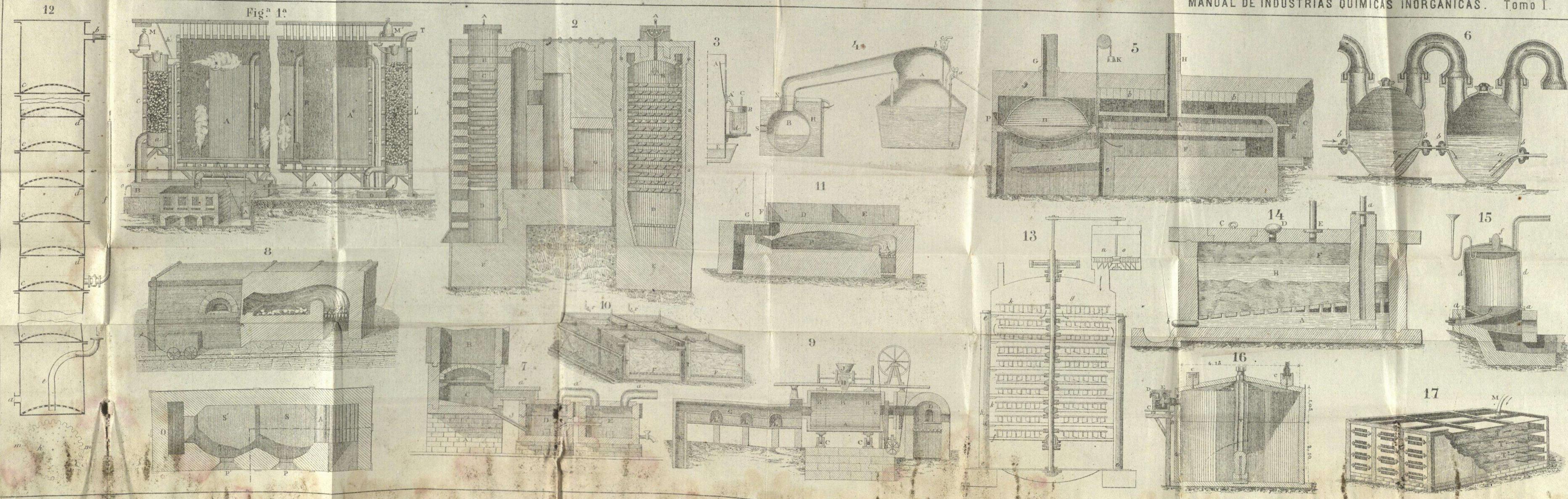
Segun el Sr. Millot, cuando el fosfato de cal con que se prepara el superfosfato no contiene sesquióxido, la retrogradación no tiene lugar, si se emplea bastante ácido sulfúrico para transformar todo el fosfato tribásico en fosfato ácido. Por el contrario, es muy considerable la retrogradación en los productos que contiene óxido de hierro ó alúmina. En los cropolitos y fosforitas impuras, si se hace variar la proporción de ácido sulfúrico, á partir de la necesaria para producir fosfato ácido de cal hasta la que es preciso emplear para tener solamente ácido fosfórico, la retrogradación crece proporcionalmente á la cantidad de dicho ácido sulfúrico.

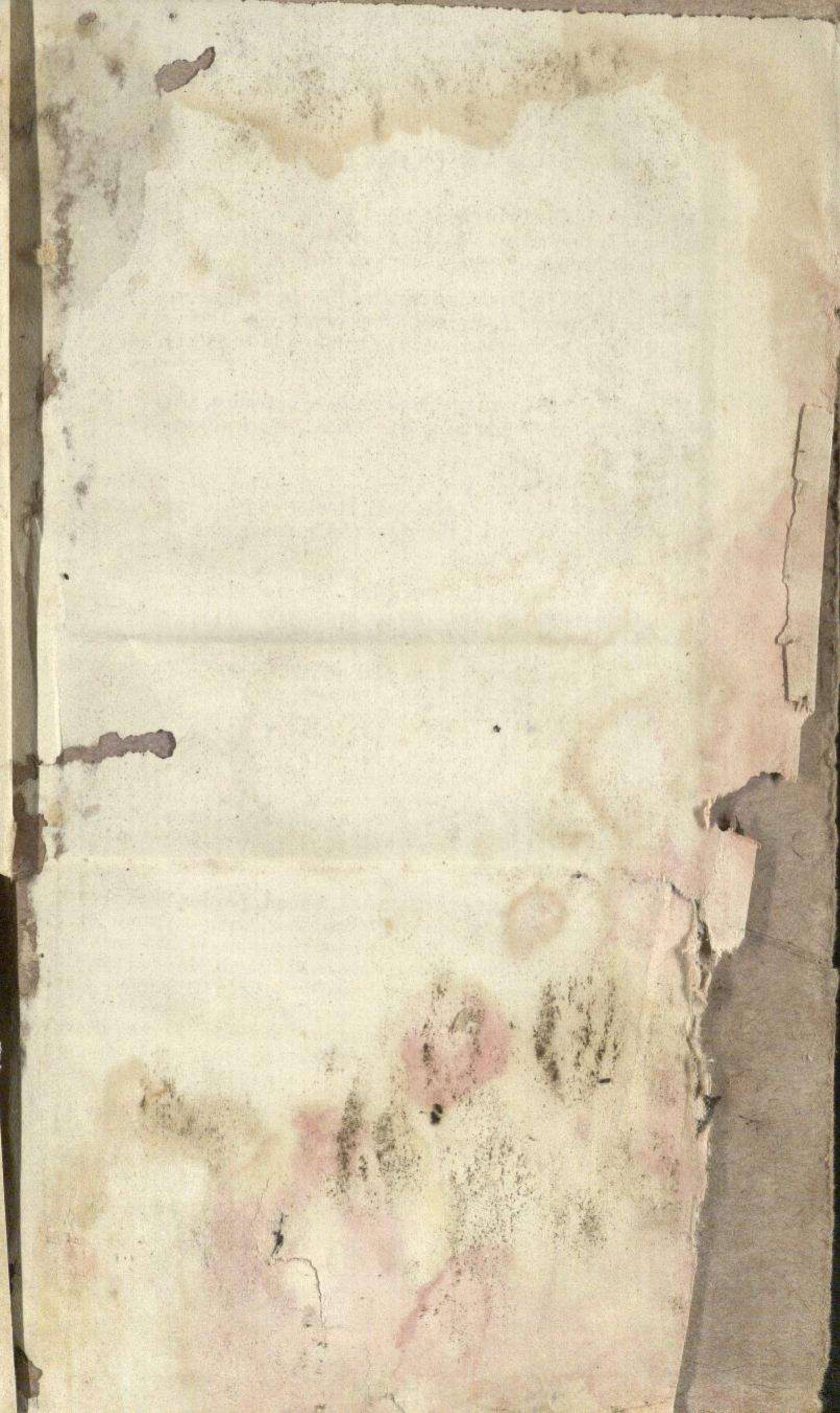
FIN DEL TOMO PRIMERO.

ÍNDICE.

	<u>Págs.</u>
AL LECTOR.	5
AZUFRE. — Primeras materias; extraccion del azufre nativo; extracion del azufre de las piritas; refinacion del azufre . . .	9
ACIDO SULFUROSO Y SULFITOS. — Propiedades y aplicaciones; fabricacion del ácido sulfuroso; sulfito de cal; bisulfito de sosa; hiposulfito de cal; hiposulfito de sosa.	30
ACIDO SULFÚRICO. — Propiedades y aplicaciones; cámaras de plomo; concentracion del ácido sulfúrico; nuevos procedimientos de fabricacion del ácido sulfúrico; ácido sulfúrico fumante.	41
SULFURO DE CARBONO. — Propiedades y aplicaciones; fabricacion del bisulfuro de carbono; refinacion y almacenaje; sulfocarbonato potásico; tetracloruro de carbono; protocloruro de azufre.	87
CLORURO DE SODIO. — Propiedades y aplicaciones; extraccion de la sal.	105
CARBONATO DE SOSA. — Propiedades y aplicaciones; fabricacion del carbonato de sosa; refino de la sosa bruta; aprovechamiento de los residuos; fabricacion de la sosa al amoniaco; otros métodos de fabricacion	

	<u>Págs.</u>
del carbonato de sosa; sosa cáustica; bicarbonato de sosa.	116
ACIDO CLORHÍDRICO Y SULFATO DE SOSA.—Propiedades y aplicaciones; fabricacion del ácido clorhídrico; sulfato de sosa.	202
CLORURO DE CAL.—Propiedades y aplicaciones; preparacion del cloro; preparacion del cloruro de cal; clorato de potasa.	210
SUPERFOSFATOS.—Primeras materias; fabricacion del superfosfato; retrogradacion del fosfato soluble.	228
LÁMINA.	





OBRAS CONCLUIDAS.

Manual de Metalúrgia, tomo I, con grabados, por Barinaga. Ingeniero de Minas y Prof. de Metalúrgia en especial de Minas. —Corresponde á la Seccion 1.^a, *Artes*

Manual de industrias químicas inorgánicas con grabados, por D. Francisco Balaguer y Primo, Ingeniero Industrial, Químico y Mecánico. —Corresponde á la Seccion 1.^a *Oficios*.

Manual de Aguas y Riegos, con grabados, por Laguna. — Corresponde á la Seccion 2.^a, *Agricultura, Ganadería*.

Manual de Física popular, con grabados, por D. Sindo Vicuña, Ingeniero Industrial, Doctor en Ciencias y físico de la Universidad Central. — Corresponde á la Seccion 3.^a, *Conocimientos útiles*.

Manual de Mecánica popular, con grabados, por I. Ariño, Catedrático de Mecánica de la Facultad de Ciencias. — Corresponde á la Seccion 3.^a, *Conocimientos útiles*.

Guadalete y Covadonga, del año 600 al 900, (*Página historia patria*), por D. Eusebio Martinez de Velasco, R. Jefe que ha sido de *La Ilustracion Española y Americana*. — Corresponde á la Seccion 4.^a, *Historia*.

Año cristiano, novísima version castellana de la obra de P. Juan Croisset, refundida y adicionada con el *Santoral* de Mes de Enero, por D. Antonio Bravo y Tudela, Abogado de Colegio de Madrid. (Con licencia de la Autoridad Eclesiástica). — Corresponde á la Seccion 5.^a, *Religion*.

Novísimo Romancero español, tomo I, por los Sres. Biedma, Blasco, Calvo y Muñoz, Campoamor, Campo Arana, Caray (Excmo. Sr. D. José), Fernandez y Gonzalez (D. Manuel), Gonzalez de Iribarren, Guijarro, Handell, Lasso de la Vega (D. Angel), Matoses, Nakens, Nuñez de Arce, Olavarría, Palacio (D. Eduardo), Palacio (D. Manuel del), Palacio (D. Eduardo), Rada y Delgado, Reina, Ruiz Aguilera, Sellés, Velazquez y Sanchez, Zapata. — Corresponde á la Seccion 6.^a, *Recreativa*.

Novísimo Romancero Español, tomo II, por los Sres. Biedma, Ascandoni, Benjumea, Biedma, Calvo y Muñoz, Cano, Caray, Coello, Chaves, Estremera, G. Cabiedes, Garcia Santis, Gomez, Gonzalez Iribarren, Handell (B.), Herrero, Luna, Lasso de la Vega, Moja y Bolivar, Navarro, Gonzalvo, Palacio (E.), Perez, Reina, Rodriguez Correa, Saco, Sanchez Ramon, Sarría, Sellés, Tartilán, Velazquez y Sanchez, Zapata, Almaseda, Sellés, Tartilán, Velazquez y Sanchez, Zapata. — Corresponde a la Seccion 6.^a, *Recreativa*.



