

MEMORIAS CIENTÍFICAS I LITERARIAS

FÍSICA.—Descripción de una nueva pila hidroeléctrica de sulfato de alúmina, por don Luis Ladislao Zegers.

I

LAS PILAS BAJO EL PUNTO DE VISTA INDUSTRIAL

Prescindiendo de teorías, un elemento hidroeléctrico, bajo un punto de vista industrial, sea cual fuere la pila que se considere, constará de:

1.º Un líquido *activo*, que en la jeneralidad de los casos es el agua con una cierta cantidad de ácido sulfúrico (Pilas de Bunsen, de Daniell, de Marié-Davy, etc.), o el clorhidrato de amoniaco (Pila Leclanché) etc.

2.º Un metal sobre el cual obra el líquido, i que casi siempre es el zinc. El metal se corroe, se gasta, no se destruye; pero si se transforma en otra sustancia, transformacion que siempre va acompañada de efectos eléctricos.

3.º Una sustancia que no es atacada por el líquido, que no sirve sino para *recoger*, por decirlo así, el efecto eléctrico producido en un elemento i para trasportarlo al elemento siguiente.

Empléase con este objeto una lámina de cobre (Pilas de Daniell, de Callaud); o bien un trozo de carbon compacto (Pilas Marié-Davy, Bunsen, Leclanché).

En rigor bastaria esto para obtener el efecto especial que denominamos corriente eléctrica. Efectivamente, con solo reunir por medio de las manos o de un hilo metálico la sustancia atacada i la que no lo es, formaríamos un *circuito cerrado* recorrido por una corriente eléctrica.

Pero, como se sabe, de la accion del líquido activo sobre el metal atacado resulta el hidrójeno, que viene a oponerse al constante funcionamiento de la pila i que, por consiguiente, es necesario hacer desaparecer.

De aquí que sea menester agregar a las tres sustancias indicadas, en cada elemento, precedentemente:

4.º Un cuerpo capaz de hacer desaparecer el hidrójeno, o mejor de transformarlo en un cuerpo inofensivo, en agua por ejemplo:

esta sustancia puede ser el sulfato de cobre (Pilas de Daniell, Callaud), el sulfato de mercurio (Pila Marié-Davy), el ácido nítrico (Pila Bunsen), el bióxido de manganeso (Pila de Leclanché), etc.

Las acciones químicas que se producen entre estos diversos cuerpos i los fenómenos físicos que las acompañan son demasiado conocidos para que nos detengamos en ellos.

En jeneral, es evidente que se tendrá una pila siempre que se haga uso de un líquido activo adecuado, de un metal que se oxide fácilmente, i siempre que se anule el hidrójeno a medida que se produce, para evitar la *polarizacion*. Realizadas estas condiciones se tiene un manantial hidroeléctrico constante.

Hasta hoi las pilas de Daniell, de Bunsen, de Leclanché i de Marié-Davy son las que con mejor éxito realizan las condiciones indicadas.

II

EMPLEO DEL SULFATO DE ALÚMINA EN EL LÍQUIDO ACTIVO

Fijándonos en la gran cantidad de ácido sulfúrico que contiene el sulfato de alúmina nativo de la provincia de Tarapacá (36 por ciento próximamente), pensamos que quizás una disolucion de esta sal podria constituir un buen líquido activo.

Al efecto de verificarlo hicimos diversas esperiencias en el laboratorio de física de la Universidad, cambiando las dosis de sulfato de alúmina, los metales oxidables i los despolarizantes; así como comparando los efectos eléctricos resultantes con los que obteníamos de otros elementos de pilas.

Vamos a indicar someramente algunos de los variados elementos de pilas que dispusimos para nuestras esperiencias:

Esperiencia (a)..	{ Electrodo negativo } { Electrodo positivo }	{ Lámina de zinc amalgamado en una disolucion (10 por 100) de sulfato de alúmina.
		{ Trozo de carbon compacto en una disolucion de (10 por 100) nitrato de soda; vaso poroso.

Apénas si funcionó esta pila un par de horas, disminuyendo rápidamente la intensidad de la corriente.

Empleando como despolarizante el nitrato de soda, tuvimos en vista que el hidrógeno se anularia provocando la formacion de una cantidad equivalente de amoniaco en la disolucion de nitrato. Esta reaccion se verifica; pero ya sea que tenga lugar mui lentamente o por la suficiente conductibilidad del nitrato de soda, el hecho es que esta pila nos dió mal resultado.

Esperiencia (b).. { Un elemento de pila arreglado de una manera idéntica a la anterior, con solo reemplazar el zinc por una lámina de fierro.

Esta pila nos dió resultados aun ménos satisfactorios, como por otra parte era de preverlo atendiendo a las propiedades del fierro.

Esperiencia (c).. { Electrodo negativo { Lámina de zinc amalgamado en una disolucion concentrada de sulfato de alúmina.
 { Electrodo positivo.. { Trozo de carbon compacto en un vaso poroso con mezcla de peróxido de manganeso i carbon molidos.

Obtuvimos con esta pila resultados bastantes satisfactorios. Aunque la intensidad de la corriente inicial era superior a la de un elemento Leclanché de iguales dimensiones, la polarizacion no fué tan lenta como en aquél.

Esperiencia (d).. { Un elemento Leclanché sin vaso poroso, provisto de blocs de peróxido de manganeso conglomerado, zinc amalgamado i una disolucion de sulfato de alúmina.

Este elemento de pila se comportó de una manera idéntica al anterior; como asimismo otro en el cual pusimos fierro mangánico de Aculeo (con 60 por 100 de peróxido de manganeso) en vez de peróxido puro.

Deseosos de dar a esta nueva pila una disposicion esencialmente práctica i de fácil manejo para nuestros industriales, emprendimos

aun no pequeño número de otros experimentos que nos condujeron a una disposición cuyos caracteres creemos dignos de ser descritos especialmente.

III

ELEMENTOS DE SÚLFATO DE ALÚMINA

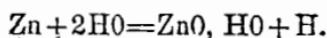
Dispusimos el elemento de pila, que consideramos como definitivo por el momento, colocando en un vaso de greda o de vidrio una disolución de sulfato de alúmina (17 a 18 por ciento en peso de la sal) en contacto con un cilindro de zinc amalgamado. El electrodo positivo que nos dió mejores resultados fué un trozo de carbon compacto (carbon de retortas) colocado en un vaso poroso de porcelana i comprimido fuertemente en todos sus lados con pequeños trozos humedecidos del mismo carbon, hasta llenarlo por completo.

La sal de alúmina que usamos, en hermosos trozos que junto variadas sales del desierto ha clasificado i estudiado con gran tezon i ciencia mi amigo i colega en el profesorado, señor Francisco Puelma Tupper, (alumbre nativo de pluma, alunójena, halotrichite), se presenta en masas fibrosas de color blanco, con sabor amargo, trasluciente en los bordes i mui soluble. Dureza, 1.5—2; densidad, 1.6—1.3.

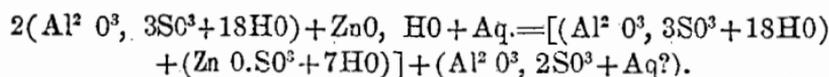
Su composición, según Debray i Miller (1), es la siguiente:



Al poner en contacto el zinc con la disolución de sulfato de alúmina debe formarse un hidrato de zinc. La reacción en este caso nos la esplicamos así:



Suponemos que la reacción jeneral en este elemento de pila sea la siguiente:



(1) A. D. «Wurtz. Dictionnaire de Chimie»; tomo I, páj. 180.—Miller's. «Elements of Chemistry»; Par, II, páj. 536.

Creemos, en efecto, que esta sea la reaccion, porque hemos visto experimentalmente que la disolucion de sulfato de alúmina que mejor se comporta como líquido activo es la que contiene de 17 a 18 por ciento de esta sal; lo que hace presumir que solo un equivalente de ácido sulfúrico del sulfato reacciona sobre el metal. Además, la composicion del sulfato doble de alúmina i zinc es conocida, i hemos podido comprobar la presencia de los finos i sedosos cristales de ese cuerpo depositados sobre la lámina de zinc; como asimismo la de otra sustancia de consistencia coloide que al cabo de cierto tiempo cubre el zinc. Talvez tenga la composicion indicada en el último termino de la ecuacion de mas arriba; pero solo un concienzudo análisis podrá resolver esta cuestion.

¿Qué efectos produce i dónde se deposita el hidrójeno llevado por la corriente interior de la pila al vaso poroso que contiene el carbon?

Probablemente en este caso, como han pensado algunos electricistas, el oxígeno del aire poco a poco lo estraee del carbon. Comprueba hasta cierto punto esta suposicion el hecho de verificarse la desporalizacion por medio del carbon subdividido, teniendo lugar un fenómeno mecánico digno de gran atencion.

IV

ALGUNOS ESPERIMENTOS VULGARES

En posesion de este manantial de electricidad, juzgamos interesante practicar algunas esperiencias comparativas, aunque vulgares; pero que podian acarrear luz sobre esta pila.

Así, por ejemplo, un circuito en el cual intercalamos un galvanómetro de Nobili de mas de 300 ohms de resistencia, mantúvose electrizado invariablemente durante veinte dias de observacion, lo que comprobamos observando siempre una desviacion máxima en la aguja. Un elemento Daniell bien preparado, de las mismas dimensiones próximamente, i en las mismas condiciones, al cabo de diez dias empezó a manifestar señales de polarizacion.

Un solo elemento de sulfato de alúmina mantuvo en actividad, sin interrupcion alguna, una campanilla eléctrica de 2 i medio ohms de resistencia durante diezinueve dias. La misma campanilla no alcanzaba a ser accionada por un Daniell.

Con un solo elemento de sulfato de alúmina no pudimos des-

componer el agua; aunque sí ciertas sales; pero con dos, fácilmente lo realizamos.

Esto podía preverse, en efecto, puesto que, desarrollando la disolución de cada equivalente de zinc 18 calorías, i exigiendo 34 cada equivalente de agua para descomponerse, un solo elemento no puede alcanzar a suministrar la suficiente cantidad de calor en el caso mencionado. La íntima relacion que existe entre todos los fenómenos físicos viene a aclarar en un momento dado, como se ve, hechos de la mayor importancia.

Antes de terminar esta suscita descripción de la nueva pila, indiquemos cómo procedimos para determinar sus *constantes*.

V

CONSTANTES DEL ELEMENTO DE SULFATO DE ALÚMINA

El físico alemán Ohm ha encontrado por medio del cálculo la relacion que liga entre sí la cantidad de electricidad suministrada por una pila, la fuerza electro-motriz i la resistencia a la propagacion en la pila i en el conductor. La fuerza electro-motriz es igual a la cantidad de electricidad producida multiplicada por la resistencia que debe vencer durante su trayecto. Se enuncia esto ordinariamente escribiendo: $I = \frac{E}{R}$; o lo que es lo mismo, diciendo que la intensidad *I* de una corriente es directamente proporcional a la fuerza electro-motriz *E* e inversamente proporcional a la resistencia *R*.

De aquí, por lo tanto, que si queremos juzgar de una pila debemos medir la fuerza electro-motriz de uno de sus elementos i su resistencia interior.

Conformándonos con las resoluciones tomadas por el congreso de electricista reunidos en Paris en setiembre de 1881, elejimos como unidades en nuestras medidas el *Volt* i el *Ohm*.

Como se sabe, la unidad de fuerza electro-motriz es la que se necesita para que la unidad de cantidad de electricidad (*Coulomb*) (1) desarrolle una unidad de trabajo o sea un *erg*. La unidad *práctica* de fuerza electro-motriz lleva el nombre de *Volt*, i equivale con mucha aproximacion a la fuerza electro-motriz de un elemento Daniell.

(1) Se llama *Coulomb* la cantidad de electricidad definida por la condicion de que un *Ampère* dé un *Coulomb* por segundo; i *Ampère* la corriente producida por un *Volt* en un *Ohm*.

La unidad de resistencia, el *Ohm*, queda representada por una columna de mercurio de 1mmc. de seccion i que a la temperatura de 0°.C tiene una longitud de 106cm,3 próximamente (1).

Determinamos la fuerza electro-motriz del elemento de sulfato de alúmina valiéndonos del procedimiento de Lumsden, que reposa en las dos siguientes leyes de Kirchoff:

1.^a Si varios conductores concurren en un mismo punto, las sumas de las intensidades de las corrientes en cada uno de ellos, contados a partir de ese punto, es nula.

2.^a Si varios conductores forman un polígono, la suma de los productos de la resistencia de cada conductor por la intensidad de la corriente que lo recorre es nula.

De aquí que, si en la espresion: $\frac{E}{R} = \frac{R}{r}$, a la cual llegamos fácilmente por medio del cálculo, apoyándonos en las leyes precedentes, se conocen a E, R i r quedará determinada la incógnita E, que es la fuerza electro-motriz buscada.

No entraremos en los detalles de este método; nos bastará decir que para realizar los éxperimentos se necesitan un buen galvanómetro de bastante resistencia, dos cajas de resistencias variables i una pila padron.

Hicimos uso de un galvanómetro de Thomson de 2,178 unidades Siemens de resistencia (2,082 Ohms) provisto de su escala de reflexion, de dos cajas de resistencias que nos permitian intercalar en el circuito hasta 120,000 ohms, i de dos elementos padrones de Clark de zinc i mercurio (2).

Intercalados en un circuito *ad hoc* el galvanómetro, los dos elementos por comparar, de manera que enviasen corrientes opuestas al instrumento i las cajas de resistencia tambien en oposicion, efectuamos cinco medidas con cada uno de los padrones i con cada uno de los dos elementos de sulfato de alúmina que preparamos para estas esperiencias. En cada medida se llevó dos veces, des-

(1) «Sur la détermination de l'Ohm par MM. E. Mascart, F. de Nerville et R. Benoit».

(2) A la temperatura de 15°.5 la fuerza electro-motriz de un elemento Clark es 1,457 volts. Los dos que empleamos, completamente idénticos, llevan los núms. 299 i 324, i salieron de los talleres de los señores L. Clark, Muirhead i C.^o de Lóndres, en 1883.

pues de abrir i cerrar el circuito, la imájen luminosa al cero de la escala (1).

Hé aquí los números obtenidos:

Fuerza electro-motriz encontrada en un elemento de sulfato de alúmina preparado el día 12 de febrero de 1885, ocho dias despues de cargado, tomando el término medio de 10 mensuras efectuadas con grandes o pequeñas resistencias;

volt.
1.368 a 15°, 5 C.

Fuerza electro-motriz obtenida en un elemento idéntico, pero solo 24 horas despues de cargado:

volt.
1.547 a 15°, 5. C.

La resistencia interior del elemento de sulfato de alúmina la obtuvimos por medio del método de la *semi-desviacion*, segun el cual la resistencia interior r es dada por la fórmula:

$r = R - (2R' + G)$, en la cual R es la resistencia que es necesario intercalar en un circuito dado para que la desviacion de la aguja de un galvanómetro sea de un número N de grados; R' la resistencia necesaria para reducir la desviacion a $\frac{N}{2}$ i G . la resistencia del galvanómetro testigo.

Efectuadas las operaciones necesarias tambien 10 veces hasta obtener mensuras concordantes, valiéndonos de un galvanómetro de Nobili de agujas astáticas de 85 ohms de resistencia (2) obtuvimos los números que a continuacion se espresan:

Dimensiones de los dos elementos iguales de sulfato de alúmina...	{	Altura.....	= 0m. 190
		Diámetro del vaso de greda.....	= 0m. 125
		Diámetro del vaso poroso.....	= 0m. 060

Resistencia interior 2 Ohms, 4 a 15°, 5. C.

(1) Debemos hacer notar aquí cuán difícil es llegar a exactos resultados en mensuras de este jénero en el laboratorio de física de la Universidad. Los instrumentos de mensuras eléctricas, como muchos otros, requieren instalaciones sólidas que solo pueden obtenerse en un primer piso; las vibraciones, por pequeñas que sean, i que a cada momento ocurren en los salones en altos que ocupa el laboratorio, hacen mui difíciles las investigaciones que requieren precision.

(2) La resistencia del galvanómetro la encontramos por el método de Sir W. Thomson. «Formulaire pratique de l'Electricien», pág. 87.

VI

COMPARACION DEL ELEMENTO DE SULFATO DE ALÚMINA CON LOS ELEMENTOS DE PILAS MAS USADAS EN LA INDUSTRIA

Para completar los datos anteriores, consignemos en un cuadro comparativo las resistencias i las diferencias de tension o fuerzas electro-motrices de los elementos de pilas que mas se emplean en la industria:

ELEMENTOS	Altura de los zincs	Resistencia aproximada en Ohms	Diferencia de tension o fuerza electro-motriz en Voltz
Daniell.....	12 c. m.	10	1
Callaud.....	»	—	1
Leclanché.....	12 c. m.	—	1.38
Marié-Davy.....	12 » »	4	1.52
	8 » »	19	1.52
Bunsen.....	12 » »	2 a 2	1.90
Sulfato de alúmina..	19 » »	2.4	1.547 inicial
			1.368 en servicio

Segun este cuadro, se ve que los elementos de una pila pueden ser comparados bajo el punto de vista de la intensidad de la corriente que producirian en un circuito exterior R de resistencia inapreciable, como seria, por ejemplo, una ancha placa de cobre que uniese los polos.—Esta intensidad quedaria representada entónces por $\frac{P}{r}$, (D, diferencia de tension; r, resistencia interior), i tendríamos:

Para la intensidad de un Daniell o de un Callaud	$\frac{1}{10}$	= 0.10
— de un Leclanché.....	$\frac{1.38}{10}$	= 0.14
— de un Marié-Davy.....	$\frac{1.52}{4}$	= 0.38
— de un Bunsen.....	$\frac{1.90}{3}$	= 0.63
— de un sulfato de alúmina.....	$\frac{1.368}{2.4}$	= 0.57

Los números 0.10; 0.14; 0.38; 0.63; 0.57; o lo que es lo mismo, 10, 14, 38, 63, 57, representan el valor relativo de los elementos correspondientes bajo el punto de vista de su enerjía eléctrica completa.

La pila de sulfato de alúmina, que acabamos de describir, se presenta con caracteres que llaman la atencion. Su pequeña resistencia interior, su fuerza electro-motriz considerable, la ninguna emanacion de gases deletéreos, su pequenísimas actividad en circuito abierto, son otras tantas buenas cualidades; pero solo despues de un trabajo sostenido podremos agregarla a la ya larga lista de pilas, i la práctica i la esperiencia dirán la última palabra.

ORTOGRAFIA UNIVERSAL.—Algunas observaciones de don Guillermo Frick sobre la propuesta ortografía universal, mandadas publicar por el Consejo de instruccion pública.

Quando en el Consejo de instruccion pública se trató de la indicacion hecha para incluir el griego entre los estudios obligatorios, el señor Larraín Gandarillas manifestó que el tiempo era corto para los ramos que ya hai, pero opinó, sin embargo, que no podria prescindir de comprender en el plan de estudios la enseñanza de hijiene i de la fisiología elemental; i parece que esta idea fué aceptada por los demas señores del Consejo. Esto me hace creer que, cuando se hubiese comprendido bien la importancia de una Ortografía universal, se le concederia tambien una colocacion en el plan de estudios, i con tanta mas razon, cuanto no solamente seria insignificante el tiempo que se quitaria a los demas ramos, sino que, una vez establecida la Ortografía universal, se facilitaria tambien increíblemente la lectura i escritura, tanto del idioma patrio como de las otras lenguas cultas, i de consiguiente tambien el importantísimo aprendizaje de estos *instrumentos aplicables a adquirir conocimientos.*

Entre las lenguas cultas las principales son: el ingles, el frances, el alemán, el español i el italiano. Las Ortografías de todas ellas dejan mucho que desear, i no han faltado tentativas para corregirlas. Aquí en Chile se intentó una reforma en 1859 por Sarmiento, mas ella fué tan poco razonable, que no tuvo efecto. En Alemania hubo en 1855 ya una conferencia de preceptores con el objeto de enmendar la Ortografía, pero tambien sin resultado; i despues que otras varias reuniones no tuvieron mejor suerte, se convocó por el Ministerio de Instruccion Pública de Prusia un Parlamento Ortográfico, que tuvo sus sesiones en Berlin desde el 4 hasta el 15 de enero de 1875. Lo único que en todas estas tentativas se ha alcanzado es que la confusion ha quedado aun mayor.