

## Métodos para impedir las incrustaciones y corrosiones en las calderas de locomotoras.

**P**ARA evitar la destrucción de los tubos y del fogón de las locomotoras, en el Ferrocarril de Iquique a Pintados, a causa de la mala calidad del agua de alimentación, por su composición química diversa, en las aguadas donde deben proveerse las locomotoras, se ha observado que la pasta «Dearborn», usada para evitar las incrustaciones, no las combate del todo, como asimismo a las corrosiones. Por dicho motivo se ha procedido a instalar en una de las locomotoras del mencionado Ferrocarril, una planta tipo «Gunderson», del sistema electrolítico, a fin de comparar prácticamente las ventajas de este sistema con los otros conocidos, actualmente en uso en todos los Ferrocarriles de Chile.

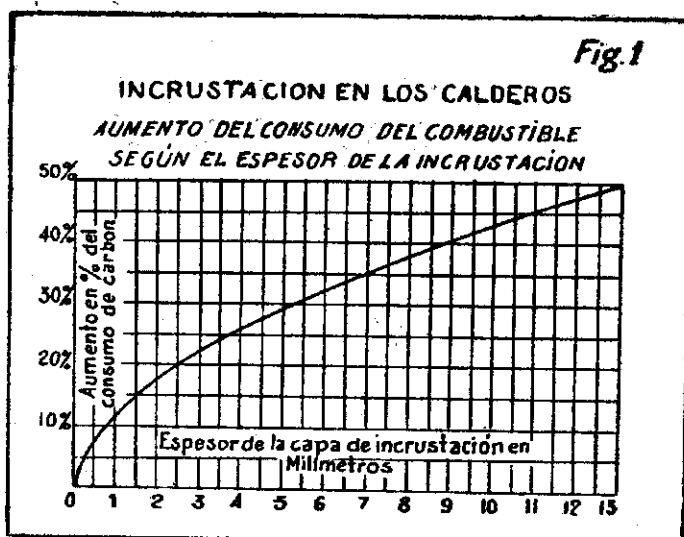
El presente estudio ha sido efectuado con el objeto de comparar las ventajas entre los diferentes métodos empleados para evitar las incrustaciones y corrosiones en las calderas de locomotoras. Una vez obtenidos todos los datos de los experimentos con el procedimiento «Gunderson», que pronto empezará a funcio-

nar en el Ferrocarril de Iquique a Pintados, se publicarán en un próximo artículo, las cifras comparativas con los procedimientos actualmente estudiados.

Después de haberse efectuado diversas experiencias con diversas calidades de aguas impuras para la alimentación de los calderos de locomotoras, se ha llegado a establecer que una incrustación de un espesor de 1,5 mm. en los tubos y fogón, exige un mayor consumo de carbón, alrededor de un 15% con respecto al gastado en condiciones normales de trabajo (Ver el gráfico N.º 1). con una caldera que esté exenta de sales adheridas a las paredes.

Si la incrustación alcanza a un espesor de 6 milímetros el gasto de combustión aumenta en un 32%, mientras que con un espesor de 13 milímetros exige un consumo de 50%, en ambos casos con respecto al consumo normal.

Por otra parte, se ha observado que la incrustación exige una mayor temperatura para obtener el mismo servicio. Por ejemplo: una incrustación de 3 mi-



límetros de espesor, exige una temperatura de 350°, en lugar de 190° que exigiría esa misma caldera si se encontrara completamente limpia. Cuando las incrustaciones pasan de un espesor de 3 milímetros, se producen tensiones en extremo peligrosas en las paredes del fogón, que llegan a producir la completa ruina del material.

Aunque el agua se depura previamente, antes de introducirla al caldero, pueden llegar a producirse corrosiones e incrustaciones, debido al aire y al anhídrido que contiene, gases que se desprenden en forma de burbujas en las partes más frías, estacionándose en las partes en que el agua se mueve con mayor lentitud. Estas corrosiones pueden observarse en los tubos de las locomotoras, en la Casa de Máquinas de San Eugenio, con el uso del agua potable de Santiago, y también con el uso del agua de Melipilla. Dichos tubos no alcanzan a un año de duración en servicio.

Cuando no se depura el agua de alimentación se presentan, además de las

corrosiones, incrustaciones producidas por la precipitación de las sales disueltas en el agua.

Existe una serie de procedimientos para tratar el agua dentro de las calderas de locomotoras, ya sea empleando un desincrustante tipo «Dearborn» que se introduce dentro de la caldera o en el ténder. El fin de dicho desincrustante, es reducir las sales del agua al estado de barro para, en seguida, extraerles diariamente por la llave de descarga y, también, con el lavado del caldero efectuado dos veces por semana.

Para la purificación del agua antes de ponerla en el ténder, se ha inventado un buen número de sistemas, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

1. Agregar al agua destinada a la alimentación, una cantidad de cal para saturar el exceso de ácido carbónico y precipitar en gran parte los carbonatos de calcio y de magnesio, evitando el exceso de cal, que produciría incrustaciones a su vez.

2. Adicionando al agua barita cáusti-

ca, que se combina con los sulfatos de cal, sosa y magnesia, fácil de separar por medio del reposo o decantación.

3. Las sales de sosa, para descomponer el sulfato de cal en carbonatos, que se precipitan, y en sulfato de sosa, que es muy soluble.

4. La magnesia, obrando sobre los carbonatos de cal, para formar carbonatos de magnesia. En aguas selenitosas se añade carbonato de magnesia.

Los productos químicos «Dearborn», «Algor», etc., que son fabricados de acuerdo con la calidad del agua para colocarlos en el tender de la locomotora, son a base de cal, carbonato de sosa, clorhidrato de amonio, carbonato y cloruro de bario, sal amoníaco y ácido oxálico. Dichos compuestos se han utilizado por varios ferrocarriles sin tener éxitos completos, por existir una composición química diferente en las aguas que debe tomar la locomotora durante su recorrido.

Otro procedimiento que se emplea en algunos ferrocarriles del Brasil, es la localización de los depósitos en envolventes especiales, colocados en el interior de la caldera de las locomotoras, para recibir directamente las incrustaciones producidas por el agua una vez adquirida la temperatura elevada. (Fig. 2).

De las instalaciones recientes de plantas depuradoras de agua, se pueden citar el sistema «Permozeolita», (Fig. 3) y el purificador «Boot» (Fig. 4), que funcionan, el primero en el Ferrocarril Salitrero de Iquique a Pisagua y el segundo, en el de Chañaral a Potrerillos y también en la red Central Norte de los FF. CC. del Estado.

Los procedimientos anteriores para depurar el agua de alimentación no impiden totalmente las corrosiones en los tubos del fogón y paredes de la caldera.

Para impedir la corta duración de dicho material, se usa actualmente con

éxito el sistema electrolítico, que además de ser anticorrosivo, es también un poderoso agente contra la incrustación.

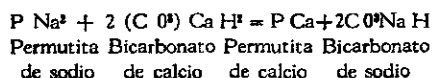
La capa de hidrógeno que se desarrolla en las paredes metálicas no permite la adherencia de las sales ni tampoco el ataque de los gases que se encuentran disueltos en el agua, que son los que producen las corrosiones.

El sistema de tratamiento de las aguas a base de «Zeolita» se encuentra instalado más de año y medio en el Ferrocarril Salitrero de Iquique a Pisagua, y el procedimiento electrolítico está funcionando más de tres años en algunas oficinas salitreras de Taltal.

Para apreciar las ventajas entre estos dos últimos procedimientos, analizaremos el tratamiento que se hace a las aguas impuras para impedir las incrustaciones y corrosiones en el interior de las calderas como también el costo de instalación y las economías obtenidas en la conservación de las calderas de las locomotoras.

#### TRATAMIENTO DEL AGUA USADA EN LAS LOCOMOTORAS DEL FERROCARRIL SALITRERO DE IQUIQUE A PISAGUA POR EL SISTEMA «PERMOZEOLITA»

El procedimiento consiste en filtrar el agua dura, ya sea de las vertientes de Chintaguay o de los pozos de las Pampas Salitreras por donde pasa el ferrocarril, a través de una capa de sílico-aluminio de soda, llamado propiamente «Zeolita» artificial o «Permutita». Este silicato es insoluble en el agua y su base alcalina puede permutar con las bases contenidas en el agua bruta, según las fórmulas:



*PURIFICADOR DE AGUA DE ALIMENTACION SISTEMA SCHMIDT Y WAGNER*

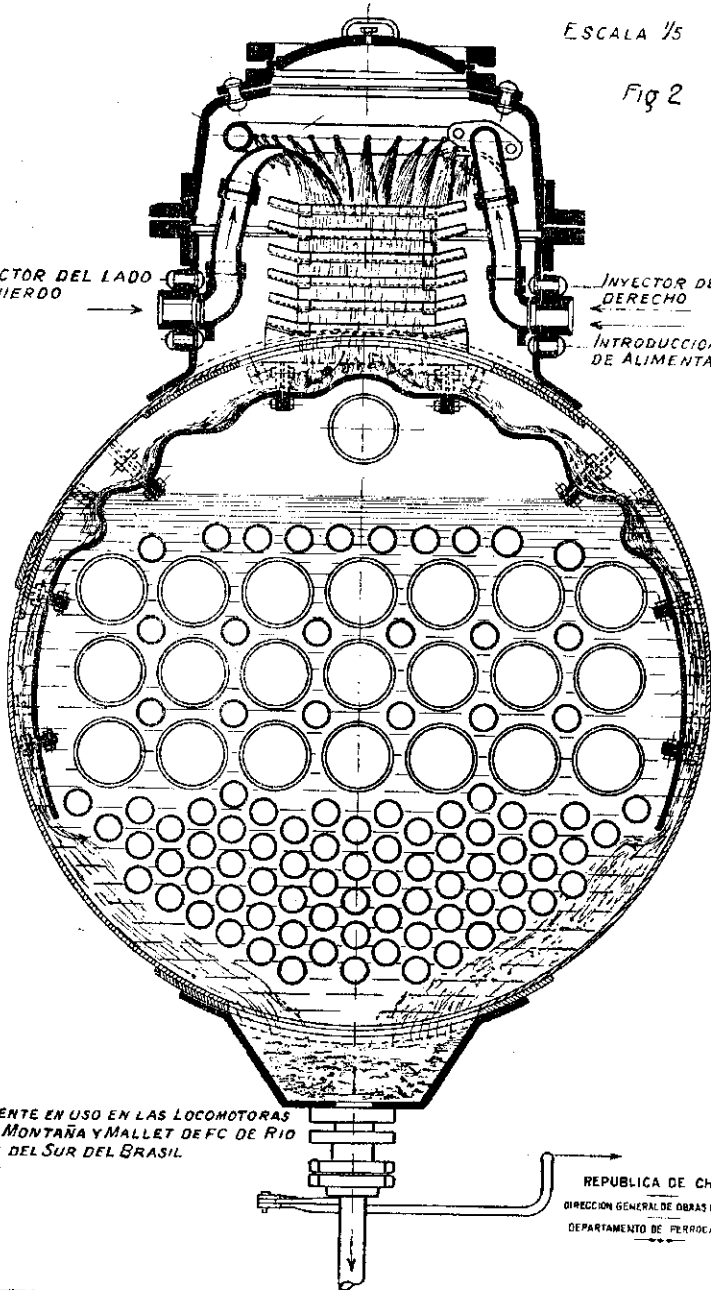
ESCALA 1/5

Fig 2

INYECTOR DEL LADO  
IZQUIERDO

INYECTOR DEL LADO  
DERECHO

INTRODUCCION DEL AGUA  
DE ALIMENTACION



ACTUALMENTE EN USO EN LAS LOCOMOTORAS  
MIKADO, MONTAÑA Y MALLET DE FC DE RIO  
GRANDE DEL SUR DEL BRASIL.

REPUBLICA DE CHILE  
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
DEPARTAMENTO DE FERROVIARIOS

*Plano General de instalación para ablandar el agua de alimentación en los calderos de locomotoras, según sistema "Permozeolita" actualmente en uso en el F.C. Salitrero de Iquique a Pisagua*

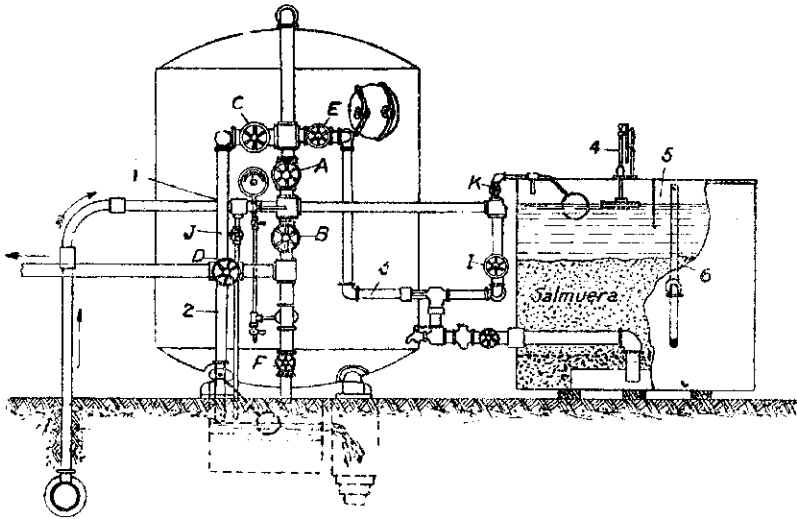
REFERENCIAS

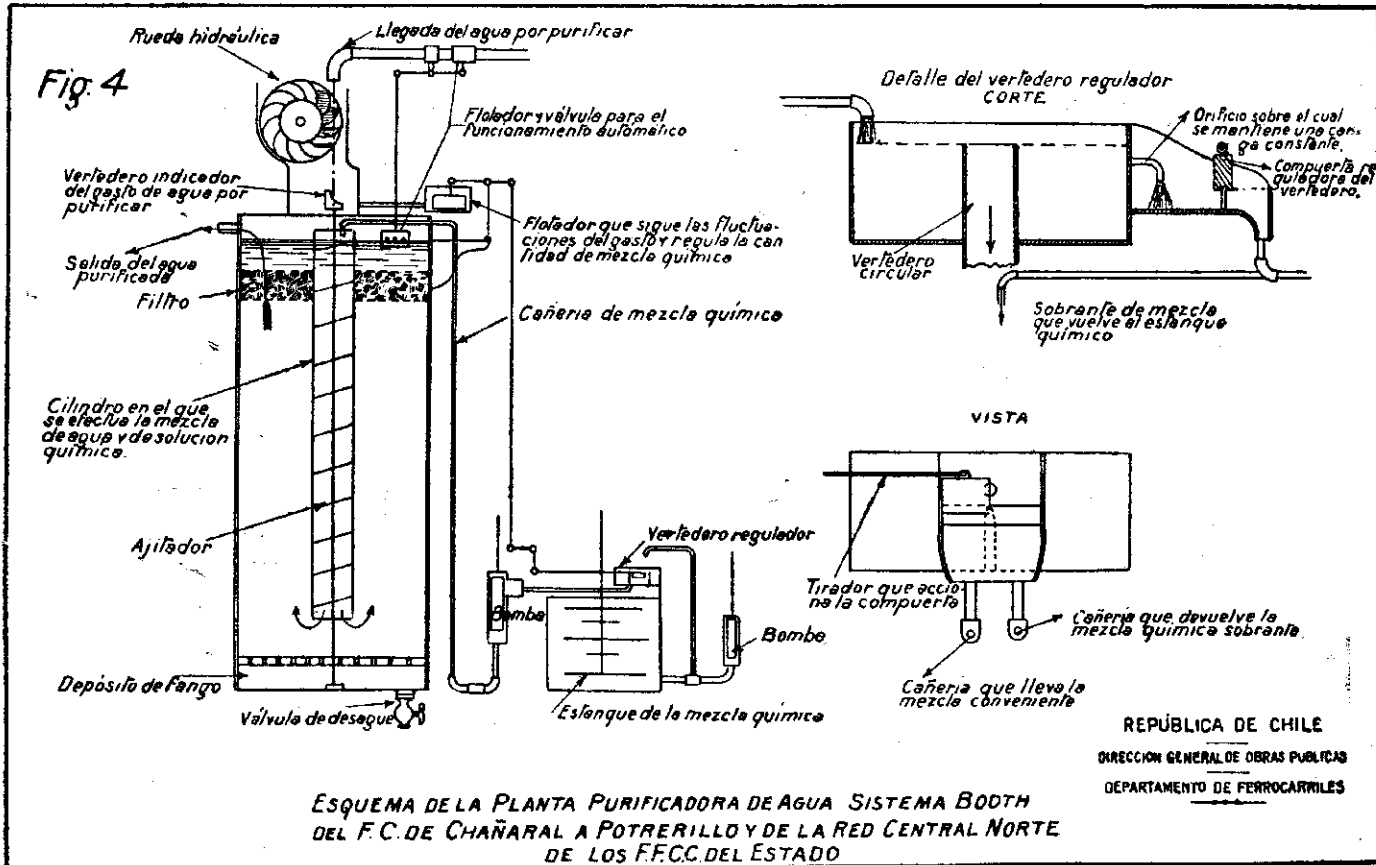
LLAVES

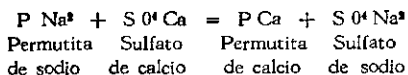
- A-Entrada de agua dura
- B- Id " " de lavar
- C-Salida " " "
- D- Id " " blanda
- E-Entrada de salmuera
- F-Válvula de agote
- K-Agua para saturador
- l- Id , evacuador
- J-Llave de descarga libre

CAÑERIAS

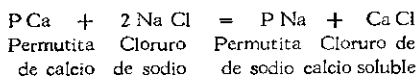
- 1-Entrada de agua dura
- 2-Salida " " blanda
- 3-Cañõ entrada de salmuera
- 4-Nivel indicador de liquido
- 5-Saturador
- 6-Cañõ de revalse







La duración de la permutita es ilimitada, porque una vez que ha efectuado la depuración del agua tratada, se regenera filtrando a través de ella una disolución de sal marina.



El gasto de sal marina es seis u ocho veces mayor que la cantidad de cal fija en la permutita, según la composición del agua.

El agua sin ablandar que se emplea en el Ferrocarril Salitrero de Iquique tiene una dureza que alcanza a 1,68 grados ingleses; el agua ablandada por las plantas del sistema permozeolita queda con una dureza comprendida entre cero y 0,42 grados ingleses.

Con las cuatro primeras plantas que se encuentran funcionando en el Ferrocarril Salitrero, algunas locomotoras llevan un recorrido hasta Febrero último, de 68,400 km. En quince meses de servicio, los tubos de estas máquinas no han necesitado ninguna reparación.

La duración de los tubos alcanza a nueve meses si se emplea agua dura. Este fenómeno no sólo pasa con las aguas de Iquique, sino también con las del ramal de Santiago a San Antonio, donde la duración de los tubos de las locomotoras, que trabajan en dicho ramal, es más o menos la misma.

El número de plantas ablandadoras de agua del Ferrocarril Salitrero, es nueve, a \$ 36.000 cada una. El valor total de dichas instalaciones asciende a 324 mil pesos.

Si consideramos un interés de 6% anual y una amortización de 4%, ten-

dremos que se deberá agregar a los gastos para ablandar el agua, la suma de \$ 32.400.

El consumo anual de agua en el Ferrocarril Salitrero es aproximadamente de 230.000 Ton. El gasto de sal para regenerar la permutita es de 150 T.

El costo de conservación de las plantas y gasto de jornales para la manipulación de las mismas, asciende a la suma de \$ 40.000.

El valor del consumo de sal es de 5 mil pesos:

El gasto total para ablandar el agua será de \$ 87.400, para atender el servicio de provisión de agua de 37 locomotoras en servicio activo. El gasto anual por máquina alcanzaría a la suma de \$ 2.362.

#### ECONOMÍAS EN LA CONSERVACIÓN DE LAS CALDERAS DEL FERROCARRIL SALITRERO

Para combatir las incrustaciones producidas por el agua dura usada en la alimentación, se han empleado diversos productos químicos fabricados de acuerdo con la composición del agua tomada, en su mayoría, de pozos. La pasta «Dearborn» es la más empleada, pero no evita del todo las incrustaciones porque varía la composición química de las sales en disolución de una agua a otra.

No siendo posible mantener la caldera libre de las corrosiones e incrustaciones, la duración de los tubos, en la mayoría de los casos, alcanza de ocho meses a un año.

El juego de tubos de una locomotora moderna vale \$ 10.000. Los gastos de conservación por lavado y reparación ligera de la caldera, alcanzan a la suma anual de \$ 27.000, o sea, \$ 730 por máquina. Con las instalaciones actuales dicha suma se encuentra reducida a la mitad, o sea, \$ 13.500 anuales.

Los gastos anuales de reparación y conservación serán los siguientes:

Cambio de tubos cada 2 años en 37 locomotoras a \$ 5.000 cada una por año.....	\$ 185.000
Conservación anual para 37 locomotoras.....	27.000
Total.....	\$ 212.000

Gastos anuales con las plantas permazoelit:

Amortización e intereses para la nueva planta.....	\$ 32.400
Funcionamiento y conservación de la planta.....	40.000
Consumo de sal.....	15.000
Conservación y lavado del caldero para 37 locomotoras	13.500
Total.....	\$ 100.900

Economía anual con el sistema permazoelit es de  
 $\$ 212.00 - 100.900 = \dots \dots \$ 111.100$

En las economías no está incluido el mayor kilometraje que pueden alcanzar las locomotoras por necesitar menos conservación la caldera.

**PROCEDIMIENTO ELECTROLÍTICO, SISTEMA «GUNDERSON» PARA IMPEDIR LAS INCRUSTACIONES Y CORROSIONES EN LAS CALDERAS DE LOCOMOTORAS. (Figs. 5 a 10).**

En Septiembre de 1924, el Ferrocarril de Chicago a Altona equipó 75 calderas de locomotoras con aparatos electroquímicos que impiden el desarrollo de incrustaciones y corrosiones en las calderas. Dicho procedimiento se denomina «Sistema Gunderson». Este método,

primeramente desarrollado en Altona, consiste en introducir un compuesto de arsénico dentro de la caldera, provisto con electrodos, el cual permite pasar una corriente eléctrica al través del agua y otra en la superficie interior del metal de la caldera, desarrollando en la superficie del metal una capa de hidrógeno que impide la adherencia de las sales y el desarrollo de corrosiones en las superficies.

Un compuesto de arsénico se introduce dentro del caldero, de una libra de peso, por medio de los agujeros de los tapones del lavado.

La corriente eléctrica necesaria se obtiene del tubo generador eléctrico del alumbrado de la locomotora, o bien de una pequeña batería de acumuladores.

Durante cuatro años de pruebas, se obtuvo un éxito satisfactorio. Se examinó, al terminar las pruebas, la caldera de las locomotoras equipadas que habían sido reparadas, pudiendo el resultado de la experiencia resumirse como sigue:

Eliminación práctica de las corrosiones en las calderas de las locomotoras equipadas con el aparato eléctrico ya citado, evitándose las incrustaciones en general y consiguiendo una mayor duración de los tubos de humo, cuya vida alcanzaba a doce meses, mientras con el equipo eléctrico podía trabajar hasta cuatro años. En la caja de humo pudo estimarse la mayor duración proporcional a la obtenida por los tubos, por lo tanto se consiguió una importante reducción de los gastos de conservación y una disminución del tiempo que debe estar la locomotora fuera de servicio, por la eliminación práctica de las averías que se producen en los tubos debido a las aguas duras.

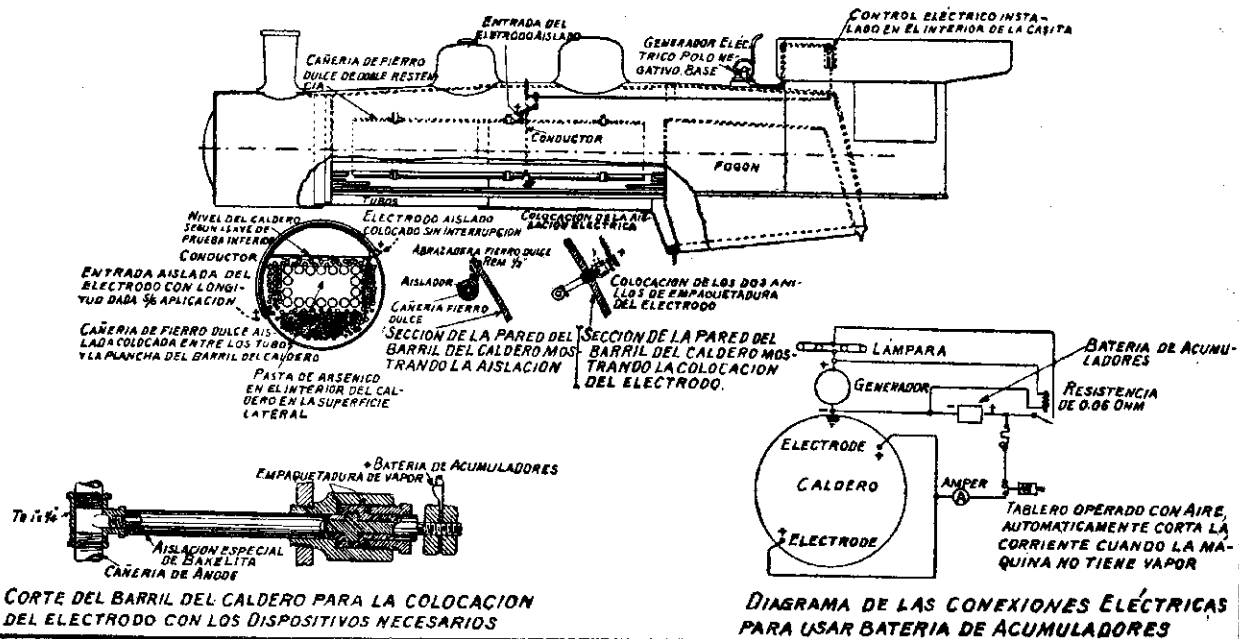
Para estimar las ventajas del procedimiento electrolítico que impide las corrosiones e incrustaciones del caldero,



REPÚBLICA DE CHILE  
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS  
 DEPARTAMENTO DE FERROCARRILES

ESQUEMA DE LA INSTALACION DEL "SISTEMA ELECTROLITICO Gunderson"  
 EN LAS CALDERAS DE LOCOMOTORAS PARA IMPEDIR LAS INCRUSTACIONES Y CORROSIONES

Figs. 5 a 10



respecto a los sistemas usados en las plantas ablandadoras de agua, se comparó con las siguientes estaciones proveedoras de aguas duras ablandadas por la introducción de carbonato sódico.

En el F. C. de Chicago a Altona el agua usada para la alimentación de las locomotoras tiene una dureza de 14,3 grados ingleses (54,3 gramos por galón). Para combatir las incrustaciones producida por la dureza se instaló una planta purificadora de agua a base de carbonato sódico; usando en algunas plantas, desde 1 3/4 libras para 1000 galones de agua, hasta 4 1/2 libras por 1000 galones, según la composición química del agua usada.

El método de tratamiento del agua de alimentación por dicho sistema, no evitaba del todo las perforaciones en los tubos y corrosiones en las planchas de las calderas.

En el curso de las reparaciones se empleaban, por lo ménos, dos juegos completos de tubos de humo. Las paredes de la caldera y estayes se deterioraban de igual modo.

Un total de 7800 tubos eran botados al fierro viejo del taller, a causa de las perforaciones y corrosiones. Durante un corto período no mayor de un año, se podrían contar 550 tubos averiados. A causa de los gastos dispendiosos por tanto material destruido, fué imperativo detener las corrosiones y en 1924 se decidió equipar locomotoras con el nuevo procedimiento electrolítico para combatir las incrustaciones.

De 75 calderas de locomotoras equipadas con el nuevo procedimiento, se puede citar la primera máquina con su instalación hecha en Septiembre de 1924; era dicha locomotora una remolcadora tipo «Mogul» usada para el servicio de patios en Bloomington. Esta máquina antes de repararla se encontraba ave-

riada también como la locomotora N.º 44 que estaba sin equipo eléctrico para evitar las incrustaciones y corrosiones.

En un período de trabajo de tres años dos meses, antes de ser instalado el sistema electrolítico en la locomotora N.º 49 del F. C. de Altona a Chicago, fué necesario hacerle dos reparaciones al caldero. En la Casa de Máquinas se le cambiaron 100 tubos y en los Talleres de Reparaciones 213 tubos a causa de las corrosiones que no se podían impedir. Dichos trabajos costaron \$ 4.800.— m. l. (595 dólares).

El caldero de dicha máquina fué reparado en Julio de 1926, haciéndose una prolija inspección del buen estado de los materiales y de las reparaciones efectuadas, a fin de verificar con exactitud el procedimiento electrolítico.

En la primera reparación general que se hizo en Febrero de 1929 después de haber hecho un recorrido de 96.000 km., se procedió a hacer la inspección interior del caldero y se encontraron sin corrosión, tanto las planchas como los tubos, por lo tanto se dejó trabajar todo el material tubular hasta completar cuatro años de uso.

ECONOMÍAS OBTENIDAS CON LA INSTALACIÓN ELECTROLÍTICA EN LOS FERROCARRILES NORTE-AMERICANOS.

Según las experiencias realizadas durante cuatro años en el F. C. de Altona a Chicago, se han podido establecer los siguientes valores;

	Dólares
Valor del equipo «Gunderson» instalado....	425,—
Interés y amortización..	42,50
Costo del equipo anual	<u>467,50</u>

COSTO DE CONSERVACIÓN Y FUNCIONAMIENTO		Por economía de cambio de fogón; éste dura 6 años; con el procedimiento electrolítico durará 12 años (vale 500 dólares) se economizarán $2 \times 2.500 = 5.000$ al año. ....	416,66
Gasto anual de pasta arsénico.....	7,20		
Consumo de corriente eléctrica.....	13,—		
Gasto de conservación..	8,—		
Gasto total anual.....	<u>28,20</u>		
Gastos anuales de un caldero originados por las corrosiones producidas por una agua de mala calidad.		Cambio de plancha tubular delantera y medio paño del barril cada 6 años (800 dólares de gasto). Aumenta de duración 18 años, o sea $800 \times 3 = 2.400,—$ al año.....	<u>138,88</u>
Cambio del 50% de los tubos cada dos años (\$ 700 dólares de pérdida). El sistema electrolítico aumenta la vida a 8 años o sea $4 \times 700 = 2.800$ en un año.....	350.—		
		Gastos totales anuales..	<u>905,54</u>
		Economías en dólares	<u>877,34</u>
		$905,54 - 28,20 = \dots$	