

práctica, realizados con asiduidad é inteligencia nada comunes, al frente del servicio de una gran distribución de aguas.

\*\*\*

Sirva de consuelo á la desolada familia de nuestro malogrado colega la sincera participación que sin duda habrán tomado en su duelo los Ingenieros de Caminos.

Á todos puede ofrecerse, como esclarecido ejemplo, la vida de Montalvo, consagrada por entero al bien y al estudio, su amor desinteresado y entrañable á la familia y á la ciencia, su inquebrantable respeto al cumplimiento del deber, sus intenciones y sentimientos, siempre puros, humanitarios y elevados. Montalvo, pues, lega á su familia, no sólo un ejemplo que seguir, sino un nombre respetable que supo enaltecer é ilustrar con sus acciones y sus cualidades sobresalientes. Descanse en paz.

JOSÉ NICOLAU.

## REVISTA EXTRANJERA

### Corrosiones electrolíticas de las canalizaciones metálicas subterráneas, debidas á las corrientes de retorno de los tranvías eléctricos. — (De la «Revue Technique».)

I.—*Historia.*—El empleo, por las Compañías de tranvías con tracción eléctrica, de los carriles de la vía ó de un cable metálico sin aislar como conductores de las corrientes de retorno, constituye un verdadero peligro para las canalizaciones metálicas subterráneas para agua, gas, aire, protección de alambres telefónicos, etc.

Corrientes errantes derivadas de la de retorno, siguen estas canalizaciones metálicas dando lugar en ellas á fenómenos de electrolisis que las corroen y llegan á producir su destrucción.

De estos fenómenos se conocen, hasta ahora, pocos casos en Francia; pero hace ya mucho tiempo que se han notado en América.

Se observaron en 1891, en Boston, por Mr. I. Farnham y Mr. Towne (destrucción de los forros de plomo de los conductores telefónicos subterráneos); en 1893, en Brooklyn (perforación de un tubo de hierro colado en un mes); en Milwaukee (tubo de hierro colado de 3,18 metros, destruido en cuatro años); en Chicago (forro de plomo de un cable telefónico destruido en tres semanas por una corriente de 0,3 de amperio); en Zankville (tubo de 0,12, perforado en dos años); y en Lanesville, Columbus, Hamilton, Indianópolis, Filadelfia y Los Angeles.

Fueron, por esta época, objeto de investigaciones teóricas y experimentales, bajo la dirección del Profesor Jakson, de la Universidad de Viscousin.

También han sido observados desde 1893, por Mr. D. H. Mau-ry, Ingeniero de la Compañía de aguas de Peoria, y en Kansas-City por Mr. L. Blake, Profesor de la Universidad de Kansas.

El 30 de Marzo de 1894 estalló un depósito de palastro de la Compañía de las aguas en West-Bluff, produciendo la muerte de un obrero y heridas en otras 15 personas. Los Sres. Stene y Webster, de Boston, encargados de la peritación, demostraron que el accidente se debía á picaduras causadas por una corriente errante proveniente de los tranvías eléctricos, habiendo sido confirmadas más tarde sus conclusiones por Mr. A. A. Knudson, Ingeniero electricista de Nueva York.

En 1898 se rompió un tubo de 1,20 m., inundando varias calles de Nueva York; se encontró que estaba corroído por las corrientes de retorno de los tranvías.

Fenómenos análogos se han observado en Cincinnati, en Washington y en todas las ciudades americanas que tienen red de tranvías eléctricos.

En Europa se han notado corrosiones por las derivaciones de la corriente de retorno de los tranvías, principalmente en Inglaterra (Manchester y Bristol) y en Alemania (Canalización del gas en Hamburgo). En Francia se han notado algunas corrosiones en el Havre, hace unos diez años. Nosotros hemos observado desde hace dos años en Roubaix, en las conducciones de agua, una serie de casos que son los que vamos á describir.

Añadiremos, que en estos últimos años se han practicado numerosos ensayos, principalmente por los Sres. Kalmann, en Berlín, Parshall y Fleming, en Inglaterra, Herrick, en los Estados Unidos, y Clause, Ingeniero de la Compañía francesa en Tohmson Houston.

II.—*De las diversas causas de destrucción de las canalizaciones metálicas subterráneas.*—Al encontrarse con el hecho de la destrucción de una canalización cuya causa se discute, parece natural pasar en revista las causas diversas de destrucción para ir las eliminando sucesivamente.

La naturaleza de este examen variará forzosamente para cada caso particular.

Si se trata de conducciones de hierro colado, suelen estar compuestas de tubos de enchufe y cordón con juntas de plomo. Los tubos son de fundición gris y moldeados verticalmente, para que su grueso sea uniforme y que no presenten curvatura con flecha mayor de 3 milímetros. Se ensayan á una presión de 150 metros, y á veces más. Si no presentan ningún defecto de fundición se embrean en caliente, llevando la operación de modo que se obtenga una capa seca y que no forme depósitos pastosos en el interior, ni, sobre todo, en los huecos del enchufe.

Los servicios de aguas algo importantes proceden á los ensayos en los alleres del fabricante, y, si es preciso, también en sus depósitos y en las zanjañas mismas después de la colocación; y las precauciones que se toman para el examen de los tubos antes de su empleo no dejan lugar á la suposición de que exista en ellos ninguna causa general de deterioración. Pero una vez colocados, quedan estos tubos expuestos á diversas acciones destructivas.

La oxidación no es, como pudiera creerse, un agente temible para los tubos. Tenemos en nuestro servicio tubos colocados desde hace más de cuarenta años en terrenos muy diversos, sin que ninguno de ellos presente síntomas alarmantes de deterioro por el óxido. Al levantar tubos de fundición que llevan doscientos cincuenta años en el suelo y que se han encontrado intactos, se ha afirmado que la inoxidabilidad del hierro fundido asegura su conservación de un modo indefinido. Pero, en cambio, numerosas causas físicas y químicas, interiores y exteriores, tienen una acción perjudicial para el hierro colado.

*Golpes de ariete.*—Cuando por efecto de la abertura de un grifo adquiere el agua una velocidad  $v$ , al cerrar la llave bruscamente, se convierte la fuerza viva  $\frac{1}{2} m. v^2$  en trabajo de dilatación del material de los tubos y de compresión del aire encerrado en ellos, pudiendo dar por resultado la ruptura del tubo.

El cierre repentino de las llaves de los consumidores importantes, tales como fábricas, etc., y el funcionamiento de los ascensores empalmados á la conducción de un modo directo, y la maniobra de las bocas de incendio de sector, pueden originar arietazos. Las roturas causadas por ellos, suelen consistir en grietas longitudinales ó en desprendimientos de trozos con rotura limpia del hierro colado.

*Fuerzas excepcionales exteriores.*—Cuando los tubos se instalan en simples zanjas, es á veces imposible ponerlos á la profundidad conveniente, por razón de los obstáculos que se encuentran, tales como malos terrenos, alcantarillas, otras canalizaciones, etc.; resulta de todo esto, que los tubos sufren la acción casi directa del peso de los carros que pasan por encima; el terraplén puede asentarse desigualmente, llegando un tubo á reposar en dos partes duras (alguna de las cuales puede ser precisamente uno de los obstáculos citados), quedando la parte inter-

media sometida á la acción de las cargas y resistiendo por flexión á ellas, y entonces el tubo puede partirse transversalmente en dos; otras veces puede tener que resistir á la flexión como una pieza empotrada en el tubo siguiente ó en una fábrica; el resultado es idéntico.

*Alteraciones químicas interiores.*—Las aguas calizas, si están bastante aireadas, dan solamente una delgada incrustación que protege al metal. En contacto con el hierro se precipita una cierta cantidad de carbonato de cal, combinándose con el hierro el ácido carbónico para formar carbonato férrico; éste, en parte oxidado, es englobado por el carbonato de calcio, formándose una capa que separa al agua del metal, impidiendo su ulterior ataque. Por el contrario, las aguas poco mineralizadas de las montañas contienen ácido carbónico y oxígeno disueltos. Se forma carbonato férrico, que en presencia del oxígeno del agua se transforma en sesquióxido de hierro, dejando libre el ácido carbónico que ataca á una nueva cantidad de metal. El sesquióxido precipitado, se deposita en los puntos rugosos ó salientes, y forma el núcleo de un tubérculo ferruginoso, que va aumentando de un modo continuo á expensas del tubo. Este fenómeno es favorecido por la presencia de ciertos cuerpos (sílica, sal común, sulfatos alcalinos, nitratos, etc.), y también, según varios autores, por la acción bio-química de ciertos organismos vivos, tales como la *Crenotrix polyspora* y otras algas microscópicas, que reciben el nombre de ferro-bacterias.

*Alteraciones químicas exteriores.*—Éstas se producen principalmente en los terrenos piritosos, cuando, por descomposición de las piritas, se puede formar un ácido sulfúrico que se combina con el hierro para formar sulfato ferroso, que es soluble. Esta clase de ataque, estudiado en Burdeos, se ha notado pocas veces y no debe ser frecuente.

III.—*Ataque electrolítico de las canalizaciones metálicas subterráneas.*—En la tracción eléctrica con trole, la corriente eléctrica que ha atrevesado los motores de los coches se admite que vuelve á la fábrica de electricidad por los carriles, y en algunos casos por los conductores desnudos que se ponen para ello. Pero por diversas causas, entre las que hay que mencionar las malas uniones eléctricas de los carriles, y la ausencia ó insuficiencia de los cables de vuelta, se escapan de los carriles derivaciones de la corriente de retorno y toman como camino la tierra y las canalizaciones metálicas subterráneas, que les ofrecen, por sus grandes secciones metálicas, el camino fácil que la administración de los tranvías les había rehusado por economía. Pero como las corrientes errantes, por un camino ó por otro, tienen que volver de todos modos á la fábrica, no tienen que abandonar las canalizaciones que seguían en algún sitio.

Por estas razones, aparecen corrientes longitudinales y corrientes transversales que van de los carriles á la canalización y de la canalización á los carriles. Estas últimas son las que descomponen electrolíticamente las sales que se encuentran en el terreno disueltas en la humedad del suelo.

#### *Leyes de la electrolisis:*

1.<sup>a</sup> El metal y el hidrógeno van al catodo; el radical al anodo.

2.<sup>a</sup> Las masas de los cuerpos puestos en libertad en ambos electrodos son químicamente equivalentes.

3.<sup>a</sup> La masa del electrolito descompuesta es igual al producto de la cantidad de electricidad que le ha atravesado, por su equivalente electroquímico (masa descompuesta por el paso de la unidad de cantidad eléctrica).

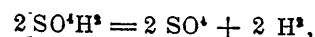
4.<sup>a</sup> Los equivalentes electroquímicos, son, para todos los cuerpos, proporcionales á sus pesos atómicos; pero en razón inversa del número de valencias que unen los dos iones del cuerpo considerado.

Y 5.<sup>a</sup> Para descomponer un electrolito dado hay que emplear una fuerza electromotriz determinada, proporcional al calor de combinación del electrolito (llamada fuerza electromotriz de polarización).

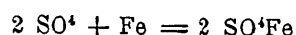
*Electrolisis del agua acidulada ó salada.*—Si se hace pasar una corriente eléctrica por el agua ligeramente acidulada ó salada, ésta se descompone, acudiendo dos moléculas de hidrógeno al catodo y una de oxígeno al anodo. Las cosas no pasan, en realidad, con tanta sencillez. En realidad, es el ácido ó la sal lo que se descompone y quien descompone á su vez al agua que le sirve de vehículo regenerándose el ácido ó la sal, que, de este modo, puede volver á actuar indefinidamente.

*Ataque del anodo.*—El anion puede atacar al anodo. Sea, por ejemplo, un anodo de hierro.

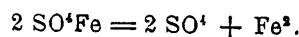
1.<sup>o</sup> En el caso de un ácido



el hidrógeno va al catodo y en él se desprende, el radical va al anodo y se combina en estado de sulfato ferroso



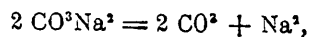
El sulfato ferroso, soluble en el agua, se descompone á su vez



El hierro va al catodo y se deposita en él: el radical va al anodo para combinarse otra vez, formando más sulfato ferroso que será descompuesto de nuevo.

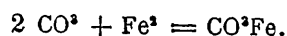
Hay transporte de hierro del anodo al catodo, y basta una pequeñísima cantidad de ácido para que la reacción pueda prolongarse indefinidamente.

2.<sup>o</sup> En el caso de una sal

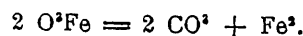


el sodio va al catodo, y allí descompone al agua con desprendimiento de hidrógeno y formación de sosa cáustica.

El radical va al anodo y se combina al hierro formando carbonato de hierro



El carbonato de hierro, soluble en el agua, se descompone á su vez:



(Se concluirá.)

## COMISION DE FUNERALES

La Comisión de la Sociedad de funerales de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en sesión celebrada el día 9 del actual, tomó entre otros los siguientes acuerdos:

1.<sup>o</sup> Que continúe dispensándose de satisfacer cuota alguna por entrada á los Ingenieros en expectación de ingreso como aspirantes, á los Aspirantes y á los Ingenieros segundos que ingresen en la Sociedad, y exigiendo á los demás, de categoría superior, la mitad únicamente de las que les corresponde abonar, conforme á la escala de edades establecida en la base 4.<sup>a</sup> de las hoy vigentes.

2.<sup>o</sup> Que á fin de facilitar el pago de las cuotas de entrada, se da el plazo de los seis primeros meses para verificarlo; pudiendo abonarse por sextas partes en cada uno de dichos meses; y

3.<sup>o</sup> Que se inserten en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS estos acuerdos, invitando al propio tiempo, nuevamente, á todos los Ingenieros que no pertenecen á la Sociedad para que ingresen en la misma.