

El acero en una de sus múltiples aplicaciones; cañerías sin costura

(Conferencia dictada en el Instituto de Ingenieros de Chile, el 10 de septiembre de 1935)

Señor Presidente, señores miembros del Instituto de Ingenieros de Chile, señores;

Desde el principio de nuestra civilización, el tubo o mejor dicho el conducto ha tenido una importancia primordial para la humanidad, desde el principio se le conoce en grandes obras hidráulicas.

En los estudios arqueológicos encontramos el empleo de cañerías metálicas, para las cuales usaban principalmente el bronce, exponiendo con todo esto las cañerías a que fueran robadas como realmente lo fueron por las generaciones posteriores. Entre las cañerías robadas se cuenta una de bronce para alta presión que formaba parte de la obra ingeniosa de unos constructores griegos. Alrededor de 180 años antes de Cristo, el rey Eumenes II de Pérgamo hizo proveer el agua a su castillo mediante una cañería de varios kilómetros de largo. Esa cañería debía pasar por numerosas crestas en la montaña, de modo que debía vencer diferencias de altura hasta de 195 metros, calculándose para una presión de 16 a 20 atmósferas. El diámetro exterior de

estos tubos fué de más o menos 30 centímetros, como ha podido comprobarse por los huecos en las piedras por donde pasaban. No es probable que esa cañería haya sido de plomo, pues por una parte este material no habría podido resistir tan alta presión y por la otra se habrían encontrado entonces restos de plomo en las piedras adyacentes.

La más antigua cañería de metal que ha sido encontrada hasta ahora perteneció al templo de la pirámide del rey Sakhure situado cerca de Abusir en Egipto. Fué construída en bronce, tenía un largo de 400 metros y servía para desviar las aguas lluvias que caían en los patios del templo. Esta cañería se encontraba enyesada entre piedras huecas. Unicamente se hallaron fragmentos de ella, trozos de tubos que eran de hoja de cobre de 47 mm. de diámetro y tenían un espesor de 1,4 mm. sin rastros de remaches, ni soldaduras. Seguramente esta cañería, construída más o menos 2,500 años antes de Cristo no habría podido resistir presión alguna de consideración, por lo cual más bien fué una reguera revestida de metal.

De otras notables construcciones de tuberías no tenemos mayores datos y los tubos de plomo encorvados y soldados, que se encontraron en Olimpia, eran seguramente de origen romano. Los romanos conocían esta clase de cañería, pero no la usaban con frecuencia.

Son notorios los magníficos acueductos construídos por los romanos, empleándose enormes cantidades de piedras; técnicamente no pueden ser comparados con las cañerías antiguas de Grecia debido a que no les era posible fabricar tubos de metal lo suficientemente grandes y resistentes para presiones considerables. Los tubos romanos de plomo se doblaban en forma que el diámetro interior no quedaba circular, sino en punta en la parte superior, soldándose después ésta, o bien cubriéndola por una tira de hojalata, la que a continuación se soldaba a los tubos.

No es conocido el motivo por qué los romanos no empleaban tubos de diámetro orbicular; únicamente en una construcción edificada en el año 35 antes de Cristo, más o menos, en el 5.º acueducto romano, se encuentran de esos tubos, los que al parecer fueron fundidos.

Además de tuberías de greda se usaron en la antigüedad y en la Edad Media tuberías de madera. Por ejemplo desde 1,000 años antes de Cristo es conocida una cañería de madera que tenía un diámetro de 1,12 a 1,40 metros con un espesor de 4 a 6 cm.

A parte de cañerías para agua, de mayor importancia son los tubos de hierro y bronce de la Edad Media, para el uso bélico. La primera noticia de un cañón proviene del año 1326. Leonardo da Vinci fué el primero en describir detalladamente el procedimiento de laminación y estiramiento. Los primeros tubos que fueron sometidos a estas pruebas fueron de plomo, prueba de laminación de Fa-

yolle en 1728. Tubos de plomo estirados se conocieron en 1790, ámbos procedimientos encontraron grandes dificultades. Sólo en el año 1790, el ingeniero inglés Wilkinson, logró laminar tubos de plomo. En 1808 se empezó a estudiar la fabricación de tubos de hierro soldado, pero sólo en 1825 se obtuvieron resultados satisfactorios.

Un nombre sobresale en la fabricación de tubos de acero fundido para armas de fuego: Krupp, armas que en el año 1849 salieron al mercado. En 1856 el inglés Brooman hizo el ensayo de fabricar tubos con menor espesor de pared, mediante laminación de tubos con mayor espesor, procedimiento por demás lento que en la práctica no obtuvo resultados.

Por tal motivo causó gran sensación hace más o menos 45 años atrás, al tenerse noticias de un ingeniero alemán que intentaba fabricar de bloques de acero sin utilizar mandriles céntricos, tubos y perfiles huecos cilíndricos o de otras características por medio de discos rotativos o cilindros laminadores. Seguramente pocas veces han habido tantas opiniones diferentes en pro y en contra de un nuevo procedimiento como el que se conoce ahora bajo «laminación de cilindros sesgados Mannesmann». Como sucede en tantos casos, este invento se debe a una casualidad y en los apuntes de la firma encontramos los siguientes:

«A principios del año 1880, los socios de la firma A. Mannesmann estudiaban con ahinco el perfeccionamiento de la limadura. Para este fin se empleaba casi exclusivamente acero fundido en crisol y además un acero especial que se importaba desde Inglaterra en barras largas pulidas. Los intentos de fábricas en Remscheid en imitar este acero fueron dejados al lado, pues al procurar cortar las barras en las piezas cortas que se necesitaban para la limadura, las barras re-

dondas macizas de acero, al pasar forzadamente en dirección longitudinal por entre dos cilindros que giran en el mismo sentido y cuyos ejes forman entre sí un ángulo, se producía en el interior de las mismas un alojamiento de la estructura metálica. De esta observación hecha por casualidad, nació en los señores Mannesmann la idea de la posibilidad de elaborar cuerpos cilíndricos huecos de macizas barras redondas, mediante el procedimiento de laminación».

Sin entrar en mayores detalles sobre el progreso de los Mannesmannroehren-Werke, desde su fundación hasta hoy en día, solamente me permito observar que al principio no se obtuvieron del todo los resultados esperados, aunque se disponía de suficiente capital, pues el 16 de julio de 1890 se fundó una Sociedad de Accionistas, bajo la dirección del Banco Alemán, en Berlín, con un capital de 35 millones de marcos. Se construyeron tubos, pero éstos no podían salir al mercado por sus precios fuera de competencia y por sufrir aún de fallas que no se habían subsanado. Para alejar todos estos inconvenientes, en su mayor parte técnicos, fué necesario estudiar y trabajar intensamente durante muchos años, debiendo instalarse complicados aparatos y haciendo costosos ensayos. El primer dividendo de 5% fué repartido en 1905-06.

Desde este momento en adelante prosperaron los Mannesmannroehren-Werke bajo la dirección de personas que supieron desarrollar las fábricas hasta llegar a la actual altura. La siguiente película hará ver a Uds. el procedimiento a que se somete el material hasta llegar al producto ideado.

El acero destinado para la laminación de los tubos sin costura es producido en el horno Siemens-Martin. Estos hornos tienen una capacidad que puede llegar hasta 100.000 kilos y se cargan con lin-

gotes de fundición, hierro usado y adiciones, de cuya carga se funde el acero Siemens-Martin, dentro de una jornada de ocho horas. Tan pronto como se haya fundido la carga, se vacía el contenido del horno en un caldero de colada. El acero corre por una abertura en el fondo del caldero en coquillas redondas en las que se solidifica poco a poco, formando lingotes redondos. Con esto queda terminada la tarea del taller de fundición del acero. Se transportan luego los lingotes al establecimiento de laminación, donde se almacenan en el depósito de lingotes o se envían directamente a las laminadoras.

En el establecimiento de laminación se cortan primeramente los lingotes, de tal modo que el peso de cada bloque corresponda al del tubo que se quiere fabricar. Después de esto se calienta en un horno hasta que adquiera la temperatura necesaria para la laminación, o sea, unos 1,300°C. Una vez alcanzada esta temperatura empieza el procedimiento de laminación, el que consiste en las siguientes operaciones:

- 1) La de ahuecar el lingote en la laminadora con cilindros sesgados;
- 2) La laminación del lingote ahuecado al tubo terminado en la laminadora «a paso de peregrino».

Esta laminadora consiste en dos cilindros que se hallan en posición inclinados uno a otro y que giran ambos en el mismo sentido. Aquí vemos la posición de los dos cilindros de ángulo, así como la del mandril que sirve para guiar el bloque durante el procedimiento de laminación y para alisar las superficies interiores del bloque ahuecado, como asimismo el bloque, entrando entre los cilindros sesgados y la formación del hueco, mientras que ahora el bloque ahuecado ya ha pasado completamente por entre los cilindros. Se puede observar que el bloque

perforado presenta todavía una forma corta con espesores de pared mucho mayores al definitivo. Ahora sigue el segundo procedimiento adicional que es la laminación «a paso de peregrino». A esta máquina se le ha dado el nombre antes citado por el movimiento de va y viene con sacudidas que hace al laminar, cuyo movimiento se ha comparado con el de la procesión religiosa en Echternach (Luxemburgo), en la que los peregrinos hacen un paso hacia atrás por cada dos pasos que saltan hacia adelante.

Aquí vemos la disposición de los cilindros superior e inferior y delante de los mismos el bloque ahuecado. Este último está colocado sobre un mandril y pasa así entre los cilindros. Estos toman el bloque hueco, de un espesor de pared grueso y lo forjan, formando de él un tubo terminado, con el espesor de pared definitivo y un largo hasta de 16 metros.

Terminada la laminación se cortan los extremos del tubo en la sierra cortadora al caliente, dejando parte de la cabeza llamada «de peregrino» en el tubo, porque se necesita ésta para la confección del enchufe, cuyo trabajo se efectúa en la prensa de forjar.

Finalmente se enderezan los tubos, se inspeccionan detenidamente para eliminar los que tengan desperfectos y se someten a un ensayo de alta presión hidráulica. Los tubos de la llamada serie A, o sea, los con espesores gruesos, se someten a una presión de 75 atmósferas, mientras que los con espesores medianos o delgados, de las series B y C, a presiones de 60 y 50 atmósferas, respectivamente.

Ahora llegamos al procedimiento para aislar tubos de acero sin costura. Uno de los problemas mayores de la economía y de la técnica en el empleo del hierro, es su protección contra corrosión. Las capas de protección y revestimientos ideados para preservar las superficies del

hierro contra los ataques del aire, agua, tierra, agentes químicos que se ponen en contacto con él, son objeto de continuos estudios.

La protección más corriente es el bitumen en combinación con yute. Se sumergen los tubos en pailas que contienen bitumen caliente. En este baño el bitumen se une muy íntimamente al tubo, que entra a la misma temperatura, formándose un revestimiento a manera de esmalte muy compacto y adhesivo.

Sacados los tubos del baño, se secan en posición inclinada, de manera que el bitumen sobrante escurra con facilidad. Este aislamiento es suficiente en teoría, pero para reforzar la masa exterior de protección se revisten los tubos, además, con una capa gruesa de bitumen, la cual es aplicada con ayuda de un tejido de yute.

Tratando de conseguir siempre la mejora y perfección del aislamiento se ha llegado a un método en el cual se sustituye el yute por un material similar al cartón embreado, que lleva el nombre de «fieltro de lana impregnado». Este método de aislamiento presenta una protección más eficaz contra daños mecánicos en el transporte, por ejemplo en el transbordo del vagón al vapor, manipulación en el terreno, desembarque, colocación de los tubos en las zanjas, etc. El cartón embreado de fieltro es un material de gran tenacidad y de cortos filamentos; por esta razón, después de haberse fijado en el tubo la masa protectora, el daño que por choques o golpes pueda ocurrir será muy local y en cualquier momento se reparará fácilmente. El corto filamento del fieltro impregnado excluye la posibilidad de que eventuales daños tomen mayores proporciones y se evita que el revestimiento siga desprendiéndose. Además, esta pasta ofrece una protección perfecta contra la humedad del terreno,

influencias químicas y corrientes eléctricas. Con esta forma de aislamiento, la masa bituminosa, elástica y flexible, que va muy compacta entre la pared del tubo y el cartón de fieltro impregnado hace un verdadero papel protector.

La protección con talco o con cal sirve para proteger la envoltura contra las influencias de los rayos del sol.

El procedimiento de aislación que vimos en esta película hoy en día es substituído por métodos más perfeccionados y mecanizados, en los que prácticamente todos los trabajos manuales son reemplazados por máquinas muy exactas que garantizan una envoltura perfecta y completamente pareja. De cada lote de tubos que son enyutados en estas máquinas especiales, se sacan muestras del bitumen para ser éstas revisadas y examinadas en los laboratorios químicos. Ahí se hacen pruebas minuciosas para controlar si la substancia de bitumen efectivamente tiene las altas cualidades que se le exige en cada caso.

Además debe mencionarse todavía la protección interior con bitumen, centrífuga que es un procedimiento para hacer especialmente fuerte la capa interior del tubo en aquellos casos en que el agua contenga ácido carbónico en exceso u otros elementos corrosivos que puedan ser perjudiciales al material del tubo. Sabemos que los tubos de acero una vez salidos de las máquinas laminadoras, son sumergidos en un baño caliente de bitumen. Para reforzar el bitumen interior, se introduce en el tubo cierta cantidad de masa bituminosa adicional en estado plástico, la que por medio de fuertes rotaciones se reparte uniformemente en toda la superficie interior. Antes se le daba a esta protección gruesa interior un espesor de más o menos 5 mm., mientras que ahora, habiéndose perfeccionado este procedimiento puede reducirse esta capa

a $\frac{1}{2}$ —3 mm. de espesor, teniendo ésta las mismas altas cualidades protectoras. Esta capa tiene una superficie completamente lisa, de manera que la resistencia por fricción es mínima y se evita la formación de incrustaciones, residuos y los adelgazamientos producidos por estas causas.

La colocación de los tubos de enchufe de acero resulta muy sencilla por su elasticidad, y tratándose de pequeñas dimensiones, pueden conseguirse ligeras curvaturas doblando la cañería de acero, mientras que en el caso de tubos de otros materiales hay que medir previamente con toda exactitud las desviaciones de la línea recta y ejecutar las curvas mediante la colocación de piezas especiales. A pesar de fabricarse los tubos en largos bastante considerables, son de peso reducido, lo que no sólo facilita el transporte, sino que significa también economía en las juntas. Por el reducido número de éstas, aumentase considerablemente la seguridad de la cañería en el servicio. Los tubos de acero «Mannesmann» debido a su ductibilidad pueden usarse sin peligro alguno aun en los países en que los temblores sean frecuentes, alrededores de zonas mineras y en todas las partes donde se producen vibraciones en el terreno.

El enchufe para soldar no solamente ofrece un fácil montaje, sino también impermeabilidad y seguridad en el servicio, evitándose casi por completo los escapes. Por estos motivos con preferencia se emplean cañerías con enchufe para soldar en colocaciones de tubos conductores de gas; pero en los últimos años también se han usado estas juntas con muy buenos resultados para cañerías de agua de grandes diámetros.

A continuación de la colocación es indispensable que los puntos de unión se bituminen cuidadosamente a fin de que

la tubería tenga una capa de aislamiento continua y completa. Con este fin, las fábricas suministran gratis junto con cada envío, suficiente cantidad de material de reserva, bitumen y yute.

Este procedimiento debe hacerse una vez limpiado el acero con cepillos, para que al ser bituminado el tubo tenga una superficie completamente limpia y lisa.

Facilidades muy notables se obtienen con el material de acero al colocarlo, tanto más cuando el terreno es de difícil aducción, siendo que los tubos de acero por su flexibilidad y resistencia pueden armarse fuera de la zanja, sin peligro que al instalarse sufran quebraduras. Todas las maniobras pueden hacerse con rapidez y eficiencia y las economías en tiempo y gastos son considerables.

El enchufe normal para emplomar es construido en tal forma que la filástica y el plomo queden bien compactos y firmes en el espacio entre el enchufe y el cordón. Estos enchufes, siempre que sean bien calafateados, son admisibles hasta 20 atmósferas presión de trabajo. En caso que las presiones fueren mayores, puede usarse el llamado «enchufe para altas presiones» el que es construido en forma especial para evitar la salida de la empaquetadura.

Aquí vemos la confección de un enchufe con plomo fundido, método generalmente usado en Chile. Llama la atención que el obrero use un cucharón muy práctico con mango largo para echar el plomo fundido en la juntura de la cañería que se encuentra ya colocada en la zanja.

Debe mencionarse además un nuevo tipo de enchufe, el llamado «Enchufe esférico» que permite desviar una cañería hasta 6° sin usar piezas especiales curvadas. Tengo aquí algunas muestras ilustrativas de este nuevo enchufe que me es grato repartir a los asistentes. Agregó

todavía que la fábrica confecciona estos enchufes esféricos solamente de 150 mm. diámetro arriba, puesto que hasta 5" a lo menos, la cañería de acero puede curvarse con cierta facilidad, en tal forma que hace superfluo la aplicación de este enchufe esférico.

En la tercera parte de esta demostración veremos una película tomada aquí en Chile con algunas vistas de descargas de cañería, su colocación bajo tierra, como así también su aplicación en establecimientos industriales.

Antes de empezar quiero referirme también a una obra muy importante que acaba de terminarse en Europa. Es la cañería de aducción que surte a la ciudad de Bremen (Alemania) con agua potable y es el acueducto más grande que se ha construido en Europa hasta la fecha. Para la totalidad de las tuberías se ha empleado material de acero. El largo de este acueducto es de 230 kilómetros en diámetros de 800 mm., con un peso total de 30,000 toneladas. La capacidad anual del conducto es de 12.000,000 m³. de agua.

Las condiciones de servicio no son del todo favorables, puesto que el agua que viene de la montaña del Harz es bastante agresiva y además de eso, a la entrada de Bremen pasa la cañería por terreno muy pantanoso. Según las experiencias que se han hecho con los tubos de acero como también con los procedimientos que hoy en día tienen a su alcance las fábricas Mannesmann, los expertos y las autoridades del gobierno han dado preferencia con buen derecho a la cañería de acero para esta obra, a pesar de las condiciones de trabajo bastante difíciles.

Sería imposible enumerar todos los casos en que la cañería de acero sin costura encuentra aplicación y sólo me voy a limitar a citar algunos otros casos interesantes en Chile.

En primer lugar debería mencionarse

un importante conducto para agua que se instaló en las salitreras del norte y que fué colocado sobre tierra. Se trata de una cañería de 60 km., con unión «Unicone» que es una juntura del tipo vitaulic, pero más perfeccionada.

Antes de terminar quiero referirme todavía a los tubos especiales para perforaciones de petróleo, usados ya en Magallanes por el Supremo Gobierno. Estos tubos especiales deben garantizar un máximo de resistencia contra esfuerzos de tracción y contra presión externa, además deben tener uniones completamente seguras y estancas. La necesidad que a menudo se presenta en los trabajos de perforación, de efectuar con la columna de entubación repetidos movimientos de sube y baja o de extraer de vez en cuando la columna entera, somete la resistencia de los tubos a una prueba durísima, que sólo un material de primer orden puede soportar.

Esta disertación sería también incompleta sin agregar algo sobre los tubos de acero con aleación, que no solamente son indispensables para las industrias químicas, sino también para las instalaciones modernas de calderos para temperaturas elevadas y altas presiones.

En los grandes países industriales se han construido en los últimos años plantas térmicas que trabajan hasta con 450°

Cels y 36 y más atmósferas de presión, y es natural que en estas condiciones no resiste un acero corriente, sino hay que recurrir a tales aleaciones especiales. Estas consisten, según el caso, en un agregado de níquel, molybdeno, cromo, silicio, cobre o vanadio. Con este material se fabrica toda clase de tubos y accesorios, como ser: tubos calderos, tubos recuperadores, tubos sopladores, serpentinas para sobre calentadores, etc. A pesar de que el costo de este material especial es más elevado que el del acero corriente, se le ha dado franca preferencia porque la duración es tanto mayor, lo que a pesar de su mayor precio significa economía, sin hablar de la mayor seguridad en el servicio que es de mucha importancia en esta clase de instalaciones. Las plantas térmicas más importantes en Chile tienen instalados estos materiales y lo usan con muy buenos resultados.

Sé que durante esta conferencia me he referido a muchos detalles que son generalmente conocidos, pero espero que en la película sobre la fabricación de cañerías de acero sin costura hayan encontrado ustedes algunas novedades y datos interesantes sobre esta materia. Agradezco muy de veras a mi distinguido auditorio el interés y atención con que me han escuchado.