

FABRICACION A PIE DE OBRA, EN LOS GRANDES ABASTECIMIENTOS DE AGUA, DE LA TUBERIA DE HORMIGON ARMADO VIBROCENTRIFUGADO

Por LORENZO GARCIA MEDINA,
Ingeniero de Caminos.

Se hace en el presente artículo una clara y sucinta descripción de la instalación que funciona, con excelente resultado, en las obras de abastecimiento de agua a Córdoba, para la fabricación de tubos, y se enumeran las ventajas que ello proporciona en toda obra de importancia, al evitar enormes gastos de transporte.

En determinados casos en que se precisan importantes cantidades de tuberías de grandes diámetros para fuertes presiones, a utilizar en un sector concentrado, puede resultar económico la fabricación de estos tubos a pie de obra, al igual que ocurre en las grandes presas de embalse de difícil acceso, en las que se instala la fábrica de cemento a pie de presa.

Teniendo en cuenta que la mayor parte de los grandes abastecimientos de agua se realizan actualmente con tubería de acero, con doble revestimiento de hormigón armado, vibrado y centrifugado, con gran peso por unidad de longitud, el transporte de estos tubos desde las fábricas fijas hasta la obra resulta muy costoso. Está comprobado que a partir de una distancia de transporte de unos 400 Km. y de una longitud de tubería superior a los 10 000 metros, conviene la instalación de la fábrica a pie de obra.

Este dispositivo de la fábrica a pie de obra, posibilita una mejor concordancia y control entre las necesidades reales de la obra y la producción de los tubos, lo cual también repercute, aunque de una manera indirecta, en el abaratamiento de la obra.

Esta circunstancia se ha producido ampliamente en el abastecimiento de agua a la ciudad de Córdoba, donde ha sido preciso colocar una longitud de tubería de unos 25 Km., de diámetros comprendidos entre los 600 y 1 000 mm. interiores, y para presiones de prueba de 10 atmósferas.

El costo de transporte ferroviario de esta tubería, cuyo peso se acerca a las 14 000 Tn., desde una fábrica fija, hubiera importado muy cerca de los seis millones de pesetas, cantidad que cubre con exceso los costos de maquinaria necesaria, factoría provisional precisa y desplazamiento del personal técnico correspondiente.

Pasemos seguidamente a la descripción de la fábrica que se ha instalado en Córdoba, y que nos puede servir como referencia para otra instalación. Aunque para darnos mejor idea del proceso y de las diferentes partes en que éste se divide, describiremos en primer lugar un tubo, del que acompañamos, además, un esquema (fig. 1.^a).

Consta este tubo de un alma de acero, de espe-

sor conveniente, de acuerdo con su diámetro y la presión de trabajo. Este alma, que en adelante denominaremos "forro", tiene por objeto, además de proporcionar total impermeabilidad, colaborar a la resistencia mecánica del tubo. Es revestido interiormente por una capa de mortero rico, que algunas veces va armada, y exteriormente de otra de hormigón, en la que suele ir la armadura de redondos, que se llaman espirales, por la forma de construirlas, que coadyuva, con el forro, en la resistencia del tubo.

El conjunto forro y revestimiento, armados interior y exteriormente, resulta ser de extraordinaria rigidez, superior a la de cualquier otra clase de tubo, aunque a costa, claro está, de un mayor peso total.

Las longitudes normales del tubo son de 4,50 m. total y de 4,40 m. útiles.

Proceso de fabricación.

El forro es fabricado curvando y soldando chapas de espesores y dimensiones comerciales. La soldadura longitudinal se efectúa a tope mediante procedimiento automático de soldadura eléctrica. Las circulares mediante soldadura autógena por solape telescópico de las diferentes virolas, con lo que se produce entre ambos extremos del tubo una diferen-

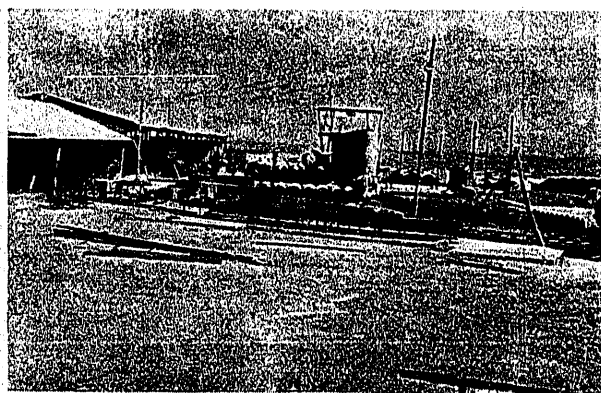


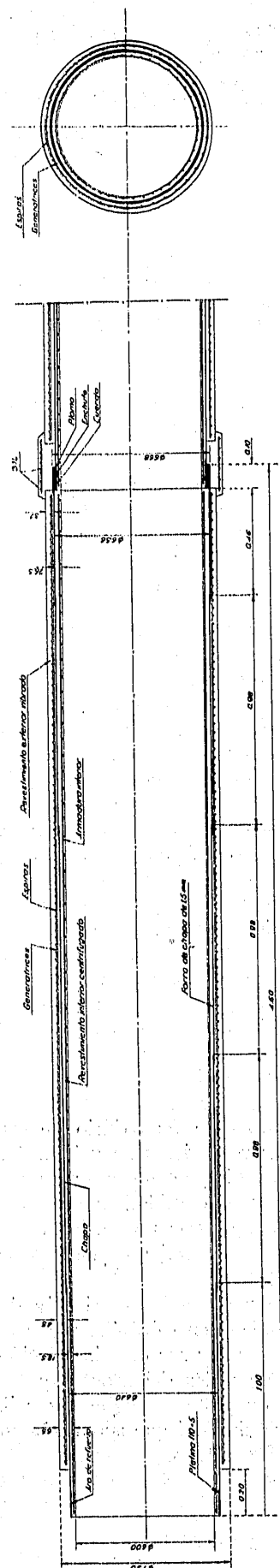
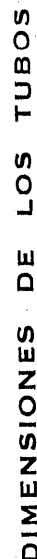
Figura 1.^a

Una vez terminadas las soldaduras se comprueban minuciosamente la existencia de poros, mediante procedimientos de impregnación de las mismas de hidrocarburos volátiles. De existir algún poro, se acusa su presencia en el acto por fenómenos de permeabilidad capilar.

El hormigón del revestimiento interior es vertido paulatinamente a reducida velocidad de rotación de la máquina, y por la fuerza centrífuga, es proyectado contra las paredes del tubo.

Fábrica.

Figura 2.^a



ARMADURA DE LOS TUBOS SEGUN LAS PRESIONES

	3.ATM.	5. ATM.	7. ATM.	9.ATM.	11.ATM.	13.ATM.	15.ATM.
PRESSION							
ESPESOR CHAPA	1.MM.	15 M.M.	15 M.M.	15 M.M.	2. M.M.	2. M.M.	2. M.M.
RESPIRAS	5 Ø 6 POR ML.	14 Ø 6 POR ML.	22 Ø 8 POR ML.	24-Ø10 POR ML.	27 Ø 10 POR ML.	25 Ø 12 POR ML.	32 Ø 12 POR ML.
GENERATRICES	5 Ø 6 POR ML.	10 Ø 6 POR ML.	20 Ø 6 POR ML.	20 Ø 8 POR ML.	20 Ø 8 POR ML.	20 Ø 10 POR ML.	20 Ø 10 POR ML.

ni caídas de tensión, tan corrientes en los tiempos que corremos, con lo que se consigue que todas las máquinas provistas de motor eléctrico (que son todas las de la instalación) marchen con el rendimiento conveniente.

Para la descripción de la fábrica es casi mejor seguir el proceso general de fabricación, acompañando a este relato la descripción de las máquinas que nos vamos encontrando, y de esta forma nos daremos más idea de la mencionada fábrica.

FABRICACIÓN. — Esta fabricación está organizada, en este caso, en cinco etapas, que iremos enumerando y describiendo a continuación.

Primera etapa. Fabricación del forro o tubo de chapa. — Se construye, como decíamos anteriormente, cortando y escuadrando con una cizalla de corte útil de un metro, las chapas de que se compone este forro, la que de un solo golpe deja las chapas en las dimensiones deseadas, marcando éstas con unas medidas fijadas en unos trozos de chapa, para conseguir uniformidad en las dimensiones y poder ajustar perfectamente las virolas. El curvado de estas chapas, así como el de las pletinas que se colocan en los bordes de estos forros, se hace con una máquina curvadora movida a mano, y que es la única que parece más elemental en este taller, ya que casi todo en él es mecánico, aunque esta curvatura tiene un rendimiento suficiente para la marcha general de la fabricación.

La pletina de las bocas se corta en una cizalla de mano, que está situada cerca de estas máquinas, y es suficiente para cortar el espesor de 5 mm. de estas pletinas, lo que no podría hacerse con la que nos sirve para cortar las chapas.

Estas chapas, una vez cortadas, pasan a la máquina de soldadura longitudinal, para hacer las correspondientes virolas, ya que los largos de las chapas corrientes, 1 000 por 2 000 mm., no nos da la longitud suficiente para hacer las virolas de los tubos de 800, 900 y 1 000 mm. de diámetro interior, por lo que es preciso soldar varias chapas.

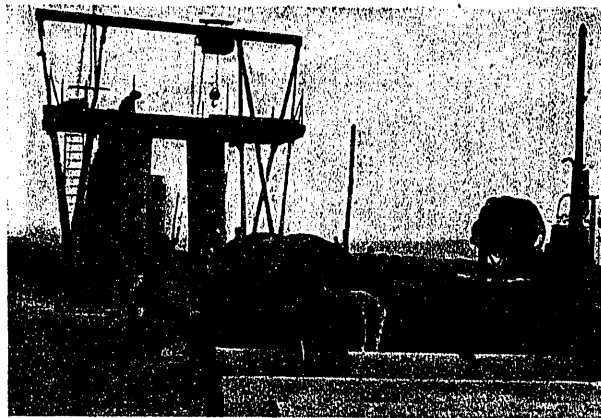


Figura 4.ª

Este trabajo se hace en una máquina automática "Citomac", que es una patente extranjera, que se fabrica en Zaragoza, que hace las soldaduras longitudinales de las chapas por el lado de 1 000 mm. de las longitudes de las chapas, así como los cierres de dichas virolas. Después se adaptan unas con otras de la forma telescópica de que antes hablábamos, se sueldan con soldadura acetilénica, ya que se probó en un principio la soldadura eléctrica para este trabajo y no dió ningún resultado, teniendo que acabar por hacerlo todo acetilénica; a continuación se colocan los aros de refuerzo en los bordes y queda formado el forro.

A continuación se procede a la comprobación de la impermeabilidad de estas piezas con petróleo común, y no se deja pasar ningún poro, por pequeño que éste sea, ya que después puede tener dificultades la confección posterior del tubo, además de la falta de impermeabilidad que ello supone, dada la fuerte presión de prueba a que se les somete.

Segunda etapa. Preparación de las armaduras espirales. — El tubo lleva, como hemos dicho, una armadura de redondo en espiral en el revestimiento de hormigón exterior. Esta armadura se hace con redondo del diámetro preciso, suponiendo una supuesta colaboración del forro y este redondo en cuanto a la resistencia a la presión interior, lo que se consigue con un determinado límite para el espesor de la chapa, en función de la presión y del diámetro interior del tubo.

En el cálculo de estos tubos entran muchas variables: las cargas de trabajo en el acero y hormigón, espesor de los revestimientos, etc., que se les da los valores necesarios para conseguir la mejor calidad en el tubo, aun en detrimento de su coste; por ejemplo, en la carga de trabajo del acero del forro y de las armaduras no se pasa de 800 Kg. por centímetro cuadrado, para absorber las diferencias de espesor que pudiese haber en las chapas; todo ello de la presión de timbraje, que si tenemos en cuenta la carga real, resultaría mucho más reducida; ade-



Figura 3.ª

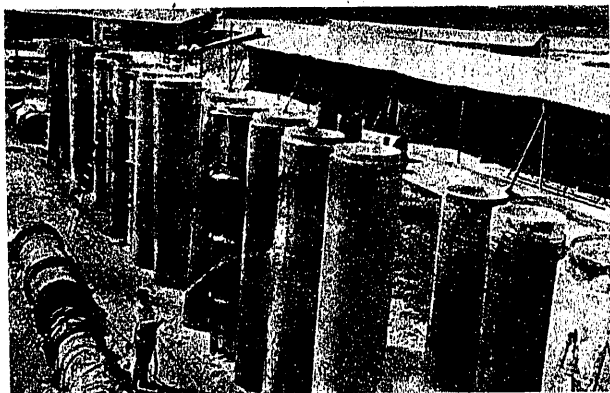


Figura 5.ª

más, si se aumentase esta carga, las deformaciones que experimentarían los redondos al recibir su parte proporcional de carga serían superiores a las de la chapa, lo que daría lugar a sobrecargas en esta última, muy difíciles de obtener, corriéndose el peligro de que fuesen excesivas, y se pudiese llegar a la rotura de esta última, lo que redundaría en perjuicio de la calidad del tubo.

Este redondo, a través de una enderezadora, se envuelve en un tambor de chapa del diámetro que van a tener las espiras para el correspondiente del tubo, y que se hace girar por medio de un pequeño motor acoplado al tambor por medio de un reductor de velocidad, que nos lleva hasta unas diez vueltas por minuto, lo que da suficiente tensión para enderezar y armar el redondo más grueso que se emplea en esta fábrica en los diámetros en que se está trabajando.

Una vez hecho este espiral en unos bancos o mandriles preparados al efecto, que constan de una serie de tubos de unos cuatro centímetros de diámetro interior, seis en este caso, unidos por unas pletinas, y que forma unas piezas que mantienen los diámetros que han de tener los aros de las armaduras en la longitud que han de tener éstas, es decir, aproximadamente las de los revestimientos exteriores de los tubos, se colocan las generatrices, que son redondos de la longitud de estas armaduras, que se ponen en la dirección de las generatrices de dichos tubos. Estas operaciones dan lugar a unos conjuntos de redondos, espiras y generatrices que, atados y ligados convenientemente, quedan con la suficiente rigidez para sus manejos por el taller, hasta su definitiva colocación en los moldes del hormigonado exterior de los tubos.

Tercera etapa. Centrifugación. — Esta es la parte, si no más especializada, sí la más espectacular de esta fabricación. Consiste en la colocación por centrifugación de la capa de hormigón interior del tubo. Este hormigón, que en realidad es un mortero muy rico de cemento, se amasa en una hormigonera co-

rriente, puesto que la pequeña dimensión de los áridos no precisa de un batido más enérgico.

El forro de chapa se coloca en una máquina formada por dos ejes, en cuyos extremos están situadas dos ruedas provistas de neumáticos de coches; sobre uno de estos ejes actúa un motor eléctrico de anillos rozantes y de 20 CV, de potencia. Sobre este conjunto se coloca el forro, al cual previamente se le han colocado unos aros de chapa de unos cinco milímetros de grueso, que le sirve de aros de rodamiento, para conseguir que este rodamiento sea perfecto y estable, ya que la chapa de que está formado este forro no resistiría el empuje de las ruedas sobre el tubo.

Una vez puesto el tubo, se hace girar la máquina a marcha lenta, y se va echando el hormigón en el interior del forro, que por la fuerza centrífuga se va situando pegado a la chapa; una vez colocado todo, se da a la máquina la marcha rápida para la que está calculada, y que varía, como es natural, por los diámetros de los tubos, ya que lo que hay que conservar constante es la velocidad de rotación del tubo en sí, y a los pocos minutos se para la máquina y se quita el tubo, teniendo buen cuidado de dejarlo por lo menos un día con los aros de rodamiento incluso, ya que así conviene para el curado de este revestimiento interior, al que se le riega con frecuencia y se le protege de las altas temperaturas que regularmente se tienen en la obra.

La operación más penosa es la de quitar y poner los aros de rodamiento, ya que han de estar perfectamente centrados, puesto que al girar esta masa a la fuerte velocidad a que está sometida, una pequeña variación da lugar a esfuerzos centrífugos no compensados muy importantes, y se han dado casos de no hacer esta operación con el debido cuidado, y después, al girar el tubo, ver cómo éste salta y cae de la máquina, con lo que se deforma la chapa y se pierde una gran cantidad de tiempo en volver a enderezar estas chapas, además de que se empleó en la maniobra, que resultó fallida.



Figura 6.ª

Etapa cuarta. Fabricación del revestimiento exterior del tubo. — Una vez fraguado el revestimiento interior, el forro se pone en pie, que se mantiene perfectamente, debido a sus grandes dimensiones, con la ayuda de un pórtico de madera, muy sencillo, que se ve en una de estas fotografías, que va provisto de un diferencial eléctrico de una fuerza de cinco toneladas; se le coloca la armadura exterior y se le acoplan las dos hojas en que está dividido este molde, formado por un forro de chapa de unos 5 mm. de grueso, con unos angulares de 90 mm. de ala, lo que le da rigidez suficiente para poder aplicar unos potentes vibradores; se fabrica el hormigón a emplear en este revestimiento con gravilla, arena y cemento, ya que el espesor a cubrir es algo superior al del revestimiento interior, pero de la misma riqueza de cemento; se bate en la misma hormigonera y se levanta hasta la boca del tubo por medio del diferencial del pórtico. El efecto del vibrado a que se somete este tubo hace que el hormigón, que se fabrica algo seco, cuele por el pequeño espacio que queda entre el forro de chapa y el molde, como si fuese líquido, lo que nos garantiza contra toda clase de coqueras en el revestimiento exterior de los tubos, lo que, además de la falta de resistencia en el tubo que ello representa, produce un efecto desastroso en la configuración de dicha pieza. Al día siguiente se quitan los moldes y se repasan con paleta de albañil los pequeños defectos que hubiese en el revestimiento.

Los vibradores que se emplean en estos trabajos son de masas excéntricas, denominados comúnmente martillos, y el dispositivo de unión a los moldes, por medio de pasadores, es de una sencillez y robustez absolutas; además, por ser estos martillos eléctricos, las reparaciones son de gran sencillez; solamente hay una dificultad en estos martillos, y es que los perio-

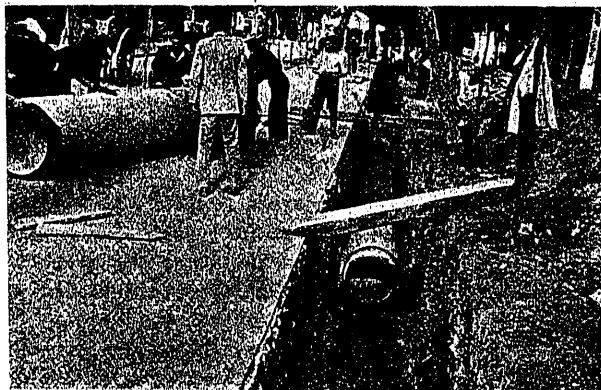


Figura 8.ª

dos de vibración son fijos, puesto que dependen de la frecuencia de la corriente que se emplee; pero este inconveniente se subsana, en parte, con la adaptación de las masas, que se pueden variar a voluntad para cada diámetro de tubo, y cuando necesitan una vibración más enérgica, actúan sobre éstas y tienen una gama práctica que les resuelve el problema de una manera satisfactoria.

Una vez quitados los moldes, a los pocos días el tubo puede manipularse sin inconveniente, pasando al parque de almacenamiento, en donde se les riega y cuida de su curado hasta que se considera terminada esta operación, y se les transporta a su definitivo lugar de colocación.

Esta se hace en zanja, a las profundidades convenientes por las características del proyecto, empleándose en su colocación un robusto y sencillo pórtico móvil, al cual se le ha adaptado un diferencial de cinco toneladas, ya que éste es el peso que tienen los tubos que hemos de manejar.

Con toda esta relación, he intentado describir la fabricación de estos tubos, que se me figura ser de gran interés para todos los casos en que concurren las mismas circunstancias, ya que este caso, el del abastecimiento de agua a la ciudad de Córdoba, el ahorro de los gastos de transporte de este gran número de tubos supone una cantidad muy considerable, y de todas formas no implica merma alguna de estos gastos en el transporte de los materiales de que están formados, desde las respectivas fábricas de Bilbao y Córdoba-Asland, hasta las fábricas de tuberías; de esta forma se envía el material directamente a Córdoba, se fabrica el tubo y después se envía al punto de destino, que es casi lo mismo que enviarlos desde la estación del ferrocarril, por donde lleguen los tubos, hasta el lugar de empleo.



Figura 7.ª