

*E. Kurtze, Francisco*

# INFORME

VERTIDO POR LA COMISION  
QUE EL SUPREMO GOBIERNO  
CONSULTÓ PARA AVERIGUAR CUAL SEA  
EL MEJOR MODO DE CONSTRUIR LA  
CAÑERIA QUE DEBE CONducIR  
EL AGUA AL INTERIOR DE  
ESTA CAPITAL.

Publicado de orden del Gobierno.



—1858.—

SAN JOSÉ.

Imprenta de la Paz.—Calle del Carmen. N.º 24

14293

HONORABLE MINISTRO DE GOBERNACION }  
DON JOAQUIN BERNARDO CALVO. }

*San Jose Febrero 5 de 1858.*

En contestacion à su apreciable nota n<sup>o</sup> 40 fechada 29 de Enero, tienen los abajo firmados la honra de someter al Supremo Gobierno lo siguiente.

Los puntos sobre los cuales se nos hace el honor de pedirnos informe, son los siguientes.

“1<sup>o</sup> Cual sea su juicio sobre la preferencia que  
„ deba darse à la cañeria por tubos de fierro ò  
„ de barro, indicando la consistencia y duracion  
„ probables de los unos y de los otros, y el costo  
„ que causaria la obra respectivamente, llevando el  
„ agua de la Fábrica de Licores al Hospital: 2<sup>o</sup>  
„ què porcion de agua se considera suficiente á  
„ proveer la poblacion computandola en cuarenta  
„ mil habitantes: 3<sup>o</sup> la posibilidad de ramificarla  
„ por distintas direcciones y qué tubos prestarian  
„ mas comodidad y seguridad para ello; y 4<sup>o</sup> qué  
„ consideraciones generales y particulares deban  
„ tenerse presentes en el negoeio para emprender  
„ los trabajos con buen suceso pùblico, con todo lo  
„ demas que estimen conducente al objeto.”

---

## CONSIDERACIONES GENERALES.

Segun las reglas de la ciencia y arte se puede construir el cuestionable acueducto con tubos

1º de madera

2º de piedra

3º de china

4º de barro

5º de hierro

6º de plomo.

En las tres primeras no hay que pensar por falta de materiales propios, tampoco en la última por los grandes gastos que causaria: nos queda pues solo el sistema de barro y el sistema de hierro.

### 1. Sistema de barro.

Los tubos de este material se recomiendan mucho porque parecen baratos: no dan generalmente ningun sabor extraño, permiten unirse fácilmente, no presentan dificultades de construccion; ademas se pueden fabricar en el pais, y con esto fomentar un nuevo ramo de industria y abrir una nueva riqueza nacional.

Pero su fragilidad, su poca duracion, la poca resistencia contra una presion de agua algo fuerte, como de la que se trata, hacen necesario el envolverlos en una pared de ladrillo, que debe tener las dimensiones proporcionales à la presion de agua que deben sostener. El caño debe ser establecido sobre terreno absolutamente firme para evitar todo hundimiento; los tubos dan lugar à bastantes

dificultades en la reparticion general y particular, principalmente con cajas de distribucion elevadas, como aquellas adoptadas hace algunos siglos en la América Española. Estas cajas elevadas, que es el sistema casi mas antiguo, adoptado bajo el imperio de Constantino el Grande en el siglo cuarto, en un acueducto que provee á Constantinopla de agua (advirtiendo que los tubos verticales son de plomo) para que sirvieran como tubos de aire, que se pudieran hallar fácilmente las salidas de agua y à fin de no perder nada de una presion limitada segun los conocimientos defectuosos de las leyes hidráulicas de estas épocas remotas: estas cajas, decimos, fueron completamente abandonadas por la ciencia en sus rápidos progresos.

Si el vidriado de los tubos no es bueno, se suelen criar plantitas y mohos que causan con el tiempo obstrucciones. La sostencion de tales tubos es un verdadero trabajo de las Danaides y en consecuencia los gastos necesarios serán continuos y considerables.

Ademas de este gasto continuo hay el inconveniente de las dificultades de una dilatada construccion molesta para los vecinos, sin contar con las continuas reparaciones y consecuente interrupcion del servicio. Añádase la consideracion de que las cajas elevadas de reparticion serán muy costosas y espuestas en caso de temblores y donde ellas deben ser altas, ocasionarán quejas y protestas de los vecinos. En fin, la falta de elasticidad, requisito absolutamente necesario en una cañeria bien cons-

truida, principalmente en un país sujeto à muy frecuentes temblores, nos hace considerar la adopcion de este sistema no solo como poco recomendable, sinó completamente ineficaz.

## 2. Sistema de hierro.

Estos tubos tienen la ventaja de que se pueden colocar directamente en la tierra à una limitada profundidad, ofrecen una duracion casi eterna, pues en Europa existen acueductos de esta clase, que tienen mas de un siglo, sin la menor alteracion. La resistencia y densidad de tales tubos es tan grande, que se pueden ensayar préviamente con la prensa hidráulica bajo una presión mucho mas grande que la que deben soportar; las diferentes piezas se pueden unir con estabilidad y de un modo impenetrable al agua, sin perjuicio à la elasticidad de la cañeria.

Una de las principales ventajas de este sistema, es el poco gasto de sostencion y de que el agua conducida por estos tubos nunca puede ensuciarse ni corromperse: no molestan tanto en su colocacion, y en caso de una reparacion no requiere mas que un espacio de tiempo insignificante; la reparticion de las aguas en general y en particular, se puede hacer con grande facilidad y notable economia de agua.

Estas son las consideraciones generales en apoyo de nuestra opinion, basada tambien sobre las razones siguientes, que resultan afirmadas por la ciencia aplicada à la práctica.

Discusion sobre el mejor sistema de cañeria para la distribucion de agua potable en la ciudad de San José.

Dos son los sistemas que pueden adoptarse.

1º Tubos de barro

2º Tubos de hierro fundido

Los argumentos de que nos serviremos son de dos clases.

1º Inherentes á la materia y à las condiciones físicas del pais, y en consecuencia relativos à la duracion de la obra.

2º Relativos al gasto probable que debe ocasionar la ejecucion de dicha obra.

#### CANTIDAD DE AGUA.

Siendo pedida la cantidad de agua que se debe traer al interior de la ciudad para alimentar una poblacion de 40,000 habitantes, creemos que 3,000 metros cúbicos diarios de agua, es decir 75 litros por cada habitante, son mas que suficientes; por que en las mas grandes ciudades en que la poblacion está muy amontonada y adonde hay muchas oficinas industriales internas, raras veces se excede del límite de 100 litros diarios para cada habitante, y en las ciudades menores generalmente se calcula sobre una cantidad de 40 litros.

Nos parece entonces que puede quedar establecido que la cantidad de 75 litros por cada habitante ó 3,000 metros cúbicos diarios, es la que conviene para San José.

## DATOS EXISTENTES.

Los datos existentes son:

1º la longitud de la cañería que es aproximativamente de 3,000 varas, incluso un brazo hasta el Palacio Nacional, y otro hasta el barrio de la Puebla, estendiéndose el caño principal hasta el hospital.

2º la diferencia de niveles entre el estanque de la Fábrica Nacional de Licores, y los puntos mas bajos del terreno que es de 20 à 30 metros, y en término medio de 25 metros.

Para evitar en esta discusion el empleo de fórmulas matemáticas, daremos solamente el resultado que se obtiene por medio de la solucion de los problemas concernientes al establecimiento de cañerías, y que tambien está indicado en las tablas redactadas por el célebre Prony, Etelwein, Mary etc.

### DIÁMETRO DE LOS TUBOS.

Se obtiene por los susodichos medios en nuestro caso que habrá una carga de agua de  $0,^{metr}008$  millímetros un diámetro de  $0,^{met}20$  centímetros que es el de los tubos. Pero como en el trascurso de los años en el interior de los tubos se forma una pequeña incrustacion de materia calcárea, adoptaremos un diámetro de  $0,^{met}25$  centímetros para evitar toda probabilidad de obstrucion por parcial que sea.

## ESPESURA DE LOS TUBOS EN GENERAL.

Siendo este el diámetro de los tubos la formula que dá su espesura y que solo indicaremos, es esta

$$E = \frac{H D}{2 R}$$

E espesura del tubo.

H presion del agua en metros

D diámetro del tubo

R resistencia á la fractura de la materia empleada.

## ESPESURA DE LOS TUBOS DE HIERRO

La resistencia R á la fractura de los tubos de hierro fundido colado verticalmente es de 14 quilogramos por cada milimetro cuadrado de seccion, pero en la práctica se adopta un número mucho menos y en las fundiciones queda establecido que un tubo de 0,metros25 centimetros de diámetro debe tener una espesura 0,ms.012 milimetros y se ensayan entonces estos tubos bajo una presion de 10 atmósferas.

## ESPESURA DE LOS TUBOS DE BARRO.

Supongamos ahora que se quiere establecer la cañería de tubos de barro. La primera cosa que debemos determinar es la espesura de dichos tubos con relacion á la resistencia R á la fractura de la materia empleada. Segun los datos de la experiencia esta resistencia R por el barro bien preparado y cocido, es de 0,quil.19 por cada milimetro cuadrado de seccion.

Si entonces es preciso una espesura de  $0,^{met.}012$  milímetros para los tubos de hierro en que la resistencia es de  $14^{quil.}$  ¿cual debe ser la espesura de los tubos de barro en que la resistencia solo dé  $0,^k 19$ ?

Evidentemente esta espesura será igual à tantas veces la espesura del tubo de hierro, cuantas veces  $0,19$  està contenido en  $14$ ; es decir  $73,6$  veces.

Ahora bien, multipliquemos  $0,^m 012$  (espesura de hierro) por  $73,6$  y obtendremos  $0,^{met.}87$  centímetros para la espesura del tubo de barro, es decir algo mas de una vara.

PRUEBA EN FAVOR DE LA GRANDE ESPESURA QUE DEBEN TENER LOS TUBOS DE BARRO.

Para probar que tal espesura no es exagerada y que ella es mas bien la que en nuestro caso debe adoptar cualquier ingeniero, he aqui un argumento práctico y fácil de examinar.

El caño que desde el filtro va al estanque de la Fábrica de licores, està asi compuesto: un tubo de  $0,^m 20$  de diámetro, de hoja de zinc de  $0,003$  milímetros de espesura, y ademas un tubo concéntrico exterior construido con ladrillos de  $0,^m 12$  centímetros de espesura.

La presion del agua en dicho tubo es solo de 8 varas 1 pié, es decir cerca de 7 metros.

Calculemos la resistencia que él tiene. El coeficiente  $R$  de fractura en el zinc es de 5 kilogramos por cada milímetro cuadrado, el del barro ó de ladrillo debe ser segun hemos dicho de  $0,19$ .

Si en lugar de la hoja de zinc empleada, se pusiera un tubo de barro, evidentemente su espesura debería ser igual á tantas veces cuantas 0,19 es contenido en 5, es decir 26 veces.—Ahora el tubo de zinc tiene 0,003 milímetros, para subrogarlo en barro, necesaria entonces 0,<sup>m</sup>078 milímetros ó 0,<sup>m</sup>08 centímetros.

Ya existen 0,12 centímetros de espesura en el ladrillo que constituye el caño exterior, añadimos 0,<sup>m</sup>08 centímetros que representan el zinc, y tendremos 0,<sup>m</sup>20 centímetros para la espesura de todo este caño, siendo sin hoja de zinc, solo en barro y ladrillos.—Pero este tubo fué construido para resistir á una presión de solo siete metros de agua ¿para una presión de 25 metros qué dimensión deberá tener? Es evidente que 3 veces y media mas grande, es decir 0,<sup>m</sup>70 centímetros.

Tal es la espesura que debe tener un caño en barro y albañilería para resistir á una presión de  $2\frac{1}{2}$  atmósferas; y todavía como se vé por los datos establecidos es un poco menos, aunque muy aproximativamente de la que resulta del cálculo aplicado á la práctica; pero también es preciso advertir que se empleó en la construcción del caño de que acabamos de hablar, polvo de ladrillo con cal, es decir, un material muy caro pero lo mas resistente y que entonces esta pequeña diferencia entre la dimensión práctica y la teoría se vuelve insignificante.

Es fácil ver, que muchas consideraciones se oponen á la aplicación de una cañería de semejante

espesura, porque: 1º sería casi imposible fabricar y cocer tubos de tamaño espesura: 2º Estos tubos tendrían un peso enorme y se ne cesitaria colocarlos à una profundidad bastante grande, y sobre un terreno absolutamente sólido, siendo además muy difícil el manejo en su colocacion.

No habria entonces otro medio que el de reemplazar la cantidad de barro que debe formarlos, por una cantidad equivalente de albañileria bien construida dejando en el interior un tubo de barro de 0,<sup>m</sup>03 ó 0,<sup>m</sup>04 centímetros de espesura.

Pero en este caso, he aqui los inconvenientes del sistema.

1º *inconveniente*.—El complejo de la albañileria y del tubo, debiendo resistir de un modo absoluto á la presion, es menester que ellos formen un solo cuerpo, es decir, un prisma continuado el mas homogéneo posible.—Para esto se necesita excelente cal hidraulica ó cemento Romano; ambos faltan en el pais y serian muy caros si se trajesen del extranjero. Y no se niegue la necesidad de emplear estos materiales, porque es fácil concebir que con los temblores tan frecuentes en Costa-rica deben ocasionarse rajaduras muy fácilmente en un sólido tan homogéneo, y la menor de ellas pondria en contacto el agua con la cal de la albañileria, y si esta no es muy buena, se manifestarán en breve espacio de tiempo considerables salidas de agua.

2º *inconveniente*.—Supongamos que el tubo se rompa en uno ó en muchos puntos, nos sostene-

mos que se necesitaría un tiempo bastante largo para componerse, pues no bastará llenar los huecos y las rajaduras con cal ò con cemento, mas bien será preciso deshacer una parte del prisma á fin de que la nueva albañilería se amarrase bien con la antigua, y por supuesto en todo este tiempo, tal vez algunos dias, el servicio de las aguas quedaria enteramente interrumpido.

3<sup>er</sup> *inconveniente*.—Si se quisiera suministrar agua à las casas de los vecinos que la compren, (lo que seria una especulacion excelente para la Municipalidad) todas las veces que se necesitara construir con tal fin un ramo secundario, si se toma el agua directamente del caño principal, se tendrá que descomponerlo y suspender el servicio público, ò si se emplean las pilas del antiguo método y de que hemos hablado en las consideraciones generales, se incurriria en otros inconvenientes mas graves que son: 1<sup>o</sup> de disminuir en mucha parte con ellas la presión necesaria, para que en los lugares mas altos, la agua salte con la velocidad necesaria: 2<sup>o</sup> de tener que construir verdaderos monumentos (aunque sean muy poco artísticos) de 8 á 20 metros segun la posición, los cuales al primer temblor, un poco fuerte, pueden caer sobre las casas de los vecinos y ocasionar graves perjuicios.

## TUBOS DE HIERRO.

### OBJECION QUE SE LES HACE.

Pasemos ahora á los tubos de hierro.

La objecion principal que se les hace como materia, es que se cree que en ellos se produce mucho óxido, que ademas de perderlos, colora las aguas que pasan por ellos dandola un sabor extraño.

Nosotros negamos absolutamente todo esto. No pueden oxidarse en el exterior porque en la Fábrica se revisten con pintura de betun ó alquitran; en el interior no pueden tampoco oxidarse sensiblemente, porque las aguas pasan con una velocidad de 1,<sup>m</sup> 10 por segundo, y no hay intermitencia en la corriente de ellas: siendo un dato de experiencia que las paredes con el tiempo se visten de una película de materia calcárea, resulta que el admitir tal oxidacion sensible es contrario:

1º á la esperiencia

2º á las nociones mas elementales de fisica y de química.

### VENTAJAS DE LOS TUBOS DE HIERRO.

Esto admitido se puede asegurar que ninguno de los inconvenientes que hemos señalado en los tubos de barro existe para los de hierro.

1º La rotura proveniente de causas exteriores es mucho mas difícil que en el barro, porque el hierro fundido es mucho mas elástico; y admitiendo

una fuerza exterior bastante grande para que nada pueda resistir, en este caso será muy fácil de reemplazar el tubo ò los tubos quebrados con tubos de reserva en el breve espacio de una ò dos horas.

2º Si se quisiera en una época cualquiera suministrar agua á los vecinos, como los tubos se fabrican expresamente con un orificio lateral cerca de la juntura, atornillado y tapado con un corcho de zinc, se podria en menos de media hora quitar el corcho, y adaptar un tubo de plomo para la distribución de la agua en el interno de la casa próxima y sin que el servicio quedara interrumpido por un solo instante.

3º En los tubos de hierro construidos segun un nuevo sistema, y aun en el antiguo, hay à cada juntura una zona al rededor de la cual el tubo tiene la posibilidad de hacer pequeños movimientos en todo sentido, y en consecuencia resistir mas en caso de terremotos, lo que no sucede como hemos dicho, en los tubos de barro que deben formar un prisma longitudinal, el mas homogéneo posible.

Añadiremos que la esperiencia y seguridad que nos dan testigos oculares, prueban que los tubos de barro establecidos en Guatemala y en Quito necesitan la obra continuada de fontaneros para limpiarlos y componerlos frecuentemente, y tambien que ya en muchos paises se subroga el barro con el hierro, como se hizo para las cañerías antiguas de Bogotá.

### DURACION DE LOS TUBOS DE HIERRO.

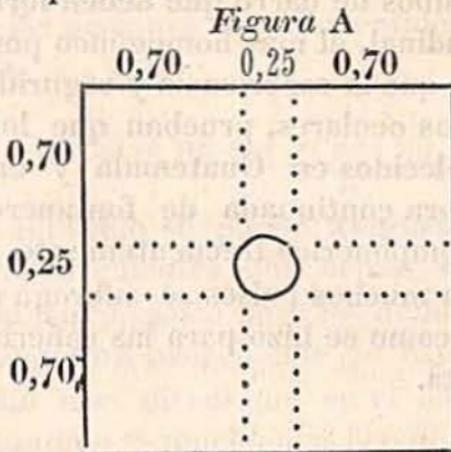
Al contrario la experiencia secular de todas las ciudades un poco considerables de Europa y de los Estados Unidos atestiguan que no hay limite para la duracion de las cañerias de hierro.

#### Cuestiones relativas a los gastos de ambos sistemas.

##### TUBO de barro. (*gastos*)

Como hemos visto, el tubo de barro deberia ser incluso en un prisma de 0,<sup>m</sup>81 centímetros, dándole 0,04 cent. de espesura si se quieren adoptar las dimensiones resultantes del cálculo; pero tomemos por economía solo las dimensiones menores que nos dió la comparacion con los tubos ya construidos entre el filtro y el estanque de la Fàbrica de licores; y adoptemos 0,<sup>m</sup>70 centímetros para su espesura.—Vamos à ver cual sea el gasto de una vara corriente para una tal cañeria.

Tendremos entonces, un prisma longitudinal cuya seccion es representada en la figura A, y que es así compuesto.



Por cada vara corriente de cañeria habrá cuatro varas cúbicas de albañilería, aproximativamente. Supongamos que solo la mitad de esta albañilería se construya de ladrillos y la otra mitad de piedras quebradas, aunque esto ya disminuya un poco la resistencia total.

Una vara corriente de cañeria costará entonces	
Dos varas cúbicas de ladrillo á 360 por vara, 720 ladrillos.....	\$11 4
Dos fanegas cal á 10 rs.....	,, 2 4
Una carretada arena.....	.. 6
Dos varas cúbicas albañilería en piedra, cal y arena correspondientes á \$1 6rs. por vara cúbica.....	,, ,, ,, ,, ,, 3 4
Mano de obra á \$1 4rs. vara cúbica, por cuatro varas.....	,, ,, ,, 6 ,,
Tubo interior en barro á 4 rs.....	,, 4
Escavacion de tierra hasta el terreno só- ido 6 varas (la profundidad siendo tér- mino medio 2 v., la anchura 3 varas) á 6½ rs. por vara, incluso el transporte afuera de la tierra, empedrado etc.	} ,, 5 ,,

Total.. \$29 6

El precio de una vara de cañeria de barro bien  
construida es de..... \$29 6

#### MONUMENTOS Y FUENTES ETC.

Añadiremos  
Gastos por una Fuente monumental sobre  
la Plaza: 1 Fuente monumental mas

Pasan \$29 6

Vienen	\$29 6
pequeña en el interno del Palacio [Nacional: 5 Fuentes secundarias en varios lugares de la ciudad: 7 cantarillas.—Todo el gasto dividido proporcionalmente en 3,000 varas de cañeria, dan por vara corriente. . . . .	,, 2 4
500 varas de caño para traer fuera de la ciudad las aguas sobrantes de las fuentes á \$3 vara. . . . .	,, 4
Bóvedas bajo las acequias y gastos imprevistos. . . . .	: , 4
Por vara corriente, total. . . . .	<hr/> \$33 2
Dirección y administración, ó en otro caso beneficio del empresario. . . . .	<hr/> \$ 1 6
Total general por vara corriente de cañeria de barro. . . . .	<hr/> \$35 ,,

En consecuencia por las 3,000 varas de cañeria, el gasto aproximativamente será de \$105,000

#### GASTOS PARA LOS TUBOS DE HIERRO.

Examinemos ahora cual sea el gasto para una vara corriente de cañeria de hierro.

Una vara de tubo de hierro de 0,25 de diámetro, 0,<sup>m</sup>012<sup>m</sup> de espesura pesa 54 kilògramos, un poco mas de un quintal del país.

Una tonelada de estos tubos traído à San José vale \$170, es decir, por vara \$9 2rs.....	\$ 9 2
Escavacion de tierra (2 varas profundidad, 1 de ancho) ademes para la escavacion, trasporte de tierra, empedrado, etc.	, , ,
\$2 por vara cúbica..... 2 varas cúbicas	, , ,
Obra de mano para colocar los tubos y juntarlos.....	, , ,
Plomo, cuerda con alquitran etc. para las juntas.....	, , 6
	, , ,
	, , 6
<hr/>	
Por 1 vara corriente de tubos de hierro....	\$14 6
Fuentes monumentales como el precedente	, , 2 4
500 vs. cañeria para traer afuera las aguas	, , 4
Bóvedas, gastos imprevistos.....	, , 4
<hr/>	
Por vara corriente..... Total..	\$18 2
Direccion y administracion ó beneficio del empresario.....	, , ,
	, , 1 6
<hr/>	
Total general por una vara corriente de cañeria de hierro.....	, , ,
	\$20 ,

Suponiendo siempre 3,000 varas de cañeria, el gasto total seria de \$ 60,000 en lugar de 105,000 que costaria la cañeria en barro.

Como será muy recomendable el hacer un complejo que nada deje que desear, creemos que seria tal vez útil tomar el agua directamente del filtro. Entonces se necesitarian 500 varas mas, pero como ya 3,000 varas debe ser una longitud un poco mas

que la real, se puede calcular sobre 3,300 varas por toda la obra; además sería absolutamente necesario hacer otro filtro y otro estanque de depósito donde poder limpiarlos sin interrumpir el servicio, esto sería un gasto de 10,000 pesos, de modo que el gasto total para tener una obra enteramente completa y buena, sería de setenta y seis mil pesos (\$76,000.)

Aunque creemos que se pueden presentar sobre esta materia muchos otros argumentos, nos hemos limitado á los mas importantes, y juzgamos haber cumplido con el honroso encargo que el Supremo Gobierno se dignò confiarnos.

Esperando que este informe sea suficiente para que el Supremo Gobierno pueda resolver con acierto sobre el sistema preferible en el establecimiento de una distribución de agua en la Capital, tenemos el honor de firmarnos del Honorable Señor Ministro.

Sus atentos  
obedientes servidores

FRANCISCO KURTZE.—GUILLERMO WITTING.—A.  
BOTTERO.

