

brá 15 tanques en la primera estacion elevadora de San Cristóbal, se elevarán en dicho punto de 15 á 16 metros cúbicos por segundo, ó de 15 á 16.000,000 de galones por hora. En la segunda estacion elevadora, cerca del lago de Zumpango, se colocarán 16 tanques al nivel del canal más bajo, y otros 2 en alguna estacion situada 5 y medio metros más alta que los 16 tanques, y destinada á descargar las aguas del lago de Zumpango. Con estos 18 tanques en operacion se descargarán en el Tajo de Nochistongo de 18 á 19 metros cúbicos por segundo, ó de 18 á 19.000,000 de galones por hora.

Como se ve, el aparato para ejecutar estas operaciones es sencillísimo y duradero: el agua no se pone en contacto con ninguna de sus partes más delicadas, y cualquiera materia sólida que penetrare en el aparato no le impedirá funcionar, sino que pasará con toda facilidad á través de él. Seria bueno detener la mayor parte de las inmundicias procedentes de la ciudad ántes de que pasen á los canales superiores, pues las materias sólidas que pasan de las atarjeas tienen mucho valor como abono, y seria preferible recogerlas en un punto dado y en represas á propósito, de las cuales se sacarian para usarlas con provecho. Con tal fin he situado represas en San Cristóbal, arregladas de suerte que cuando una estuviese en uso se podria limpiar la otra. Pero si no se diese á dichas materias sólidas valor suficiente para que merezcan la pena de recogerlas, yo no vacilaría en permitir su paso á través del aparato, recogiendo solamente los objetos livianos que flotasen en la superficie, y las materias sólidas cuyo gran tamaño les impidiese pasar por una reja de hierro con mallas de 6 pulgadas, segun se ve en el dibujo. Dichas rejillas se colocarian de manera que fuese fácil conservarlas limpias.

El aire comprimido se produce de la manera siguiente: Comenzando en la extremidad inferior y exterior del Tajo de Nochistongo, hay situadas estaciones para comprimir el aire, en puntos á propósito para obtener en cada una de ellas una caida de agua de 12.5 metros (41 piés). Del agua que se ha elevado del Valle y descargado en el Tajo de Nochistongo, se conduce la parte necesaria á la primera estacion, para utilizarla allí en comprimir el aire, por medio de ruedas hidráulicas ó turbinas, y cilindros compresores de aire, segun se demuestra en los dibujos adjuntos. Desde la mencionada estacion pasa el agua á un canal que la conduce á la siguiente, donde se la usa lo mismo que ántes, pasando así por diez estaciones. En otros términos: una cantidad dada de agua sirve diez veces en otras tantas estaciones, situadas cada una más abajo que la anterior.

Refiriéndonos á los dibujos, se verá que un tubo de 5 piés conduce el agua á la turbina, situado dentro del cañon de la misma. Por medio de dos ruedas dentadas, la más pequeña en la flecha de la rueda hidráulica y la más grande en la flecha de movimiento, se imprime éste á los pistones de los cilindros neumáticos, que despues de dar al aire la presion que se desea, lo lanza dentro del receptor de aire, como se ve, y de allí, por medio de tubos

á propósito, hasta la cañería principal que conduce á las estaciones elevadoras del Valle.

Hay dos cilindros para cada rueda hidráulica, formando un compresor doble. Dichos cilindros tienen  $37\frac{1}{4}$  pulgadas de calibre y 60 de movimiento, dando 60 golpes ó 30 revoluciones por minuto. Su área combinada es de 4,541 piés cúbicos por minuto. Este es el número teórico de piés cúbicos de aire libre que los cilindros consumirán; pero una experiencia prolongada ha demostrado que el 75 por 100 de esa cantidad es la de aire libre que penetra en cilindros bien contruidos. Luego la verdadera cantidad de aire libre que consumirá por minuto un compresor semejante, será la de 3,406 piés cúbicos. Para dar á dicha cantidad de aire una presion de 65 á 70 libras, se necesitará la fuerza de 300 caballos, que se obtendrá empleando una rueda hidráulica ó turbina de 44 pulgadas, segun las fabrican Pool and Hunt, de Baltimore, Md., Estados Unidos de América. Esa rueda, bajo una caida de 41 piés, necesitará 4,576 piés cúbicos de agua por minuto. Como en cada estacion habrá cinco turbinas y cinco compresores dobles, la cantidad total de agua necesaria será 22,800 piés cúbicos por minuto, cantidad que producirá la fuerza de 1,500 caballos en cada estacion; y empleada diez veces, segun queda dicho, dará la fuerza de 15,000 caballos, que como se demostrará despues, es más que suficiente para producir la cantidad de aire comprimido necesaria para levantar 15.000,000 de galones en la primera estacion elevadora, y 19.000,000 por hora en la segunda, los cuales se descargarán en el lago de Texcoco. Ahora bien, 19.000,000 de galones por hora equivalen á 42,335 piés cúbicos por minuto—igual á 8.731.404 galones por hora—más de lo que se requiere para producir la potencia necesaria.

Se verá que despues de elevar la antedicha cantidad hasta el nivel más alto, se pueden utilizar los 8.731,404 galones por hora para riego del Valle; y si se extrajese una porcion de esa agua, despues de haberla elevado en la primera estacion, es evidente que se requeriria menor potencia en los compresores, pues no habria que elevar segunda vez la misma cantidad, despues de haber aplicado al riego una parte, y por consiguiente, en las estaciones donde se verificase la compresion, se necesitaria ménos agua, pudiéndose destinar mayor cantidad al riego.

Volviendo ahora á la operacion de comprimir el aire, tomemos la estacion más baja, que llamaremos estacion compresora núm. 1, y encontraremos que la presion efectivamente requerida es de 69.5 libras, y como la presion atmosférica en esta altitud es 11.5 libras, la presión absoluta será 81 libras ó 7.04 atmósferas. Como cada estacion es capaz de tomar 17,030 piés cúbicos de aire libre, esta cantidad comprimida 7.04 veces producirá 2,419 piés cúbicos de aire comprimido, cantidad que será llevada á la estacion núm. 2, por un tubo de 18 pulgadas de diámetro, con pérdida de ménos de 5 libras de presion. Siendo ménos de 5 libras, por término medio, la pérdida de presión

entre las estaciones, supongámosla 5 libras, y por lo tanto, cuando el producto de cada estacion éntre en el tubo principal, la presion será la expresada en la tabla siguiente:

Estaciones compresoras.	Piés cúbicos de aire libre por minuto.	Presion absoluta.	Presion efectiva.	CALIBRE DE LA CAÑERÍA ENTRE LAS ESTACIONES.		Presion efectiva en las estaciones.
				Estaciones.	Cañería.	
Nº 1	17,030	81.0	69.5	Nº 1 á 2	1: 6"	
" 2	17,030	80.5	69.0	" 2 á 3	2: 1"	
" 3	17,030	80.0	68.5	" 3 á 4	2: 4"	
" 4	17,030	79.05	68.0	" 4 á 5	2: 6"	
" 5	17,030	79.0	67.5	" 5 á 6	2: 10"	
" 6	17,030	78.5	67.0	" 6 á 7	3: 6"	
" 7	17,030	78.0	66.5	" 7 á 8	4: 3"	
" 8	17,030	77.5	66.0	" 8 á 9	4: 5"	
" 9	17,030	77.0	65.5	" 9 á 10	4: 10"	
" 10	17,030	76.5	65.0	Estacion nº 10 á la 2ª estacion elevadora . . . . .	5: 0"	60
				Estacion de Zumpango á estacion elevadora de S. Cristóbal . . . . .	3: 10"	55

Capacidad total de las 10 estaciones, 170,300 piés cúbicos, á la presion atmosférica.

De la estacion núm. 1, el producto combinado de todos los compresores es conducido por espacio de 15 kilómetros hasta la estacion elevadora cerca de Zumpango, por un tubo de 5 piés, con pérdida de 3 libras; pero como he supuesto que la pérdida será de 5 libras, nos resulta una pérdida efectiva de 60 libras en la segunda estacion elevadora. ( Véase la tabla. ) Para elevar 16,000,000 de galones por hora á 9 metros de altura, y 3,000,000 á 3.5, se necesitarán 14,866 piés cúbicos de aire, á 60 libras de presion efectiva, ó 92,318 piés cúbicos de aire libre por minuto. Desde esta estacion elevadora hasta la de San Cristóbal, 26 kilómetros de distancia, se dirige una cantidad suficiente de aire por medio de un tubo de 3 piés 10 pulgadas de diámetro, con pérdida de 3.5 libras, que supondremos alcanzará á 5 libras, llegando por lo tanto el aire con presion de 55 libras, y como 11,325 piés cúbicos de dicha presion levantarán 15,000,000 de galones por hora, á la altura de 6 metros, en dicha estacion se necesitarán 65,480 piés cúbicos de aire libre, ó un total de 157,798 piés cúbicos de aire á la presion atmosférica para las dos estaciones. La capacidad de los compresores, como queda demostrado, es de 170,300 piés cúbicos, ó sea 8 por 100 más de la necesaria.

Todas las cañerías serán de hierro forjado y remachado, divididas en pie-

zas de á 10 piés, con bordes de hierro unidos por pernos de alambre de cobre. Despues de remachadas las cañerías, serán galvanizadas y sumergidas en un baño de alquitran, de carbon y asfalto.

Las cañerías serán subterráneas.

No deseando extender demasiado este Informe con la demostracion acerca de la posibilidad de emplear el aire comprimido para lograr el fin que se desea, me limitaré á llamar la atencion de Ud. hácia los periódicos y libros que le acompaño, y que contienen pormenores acerca de obras semejantes que funcionan actualmente. Llamo particularmente la atencion de Ud. al tratado sobre «Trasmision de fuerza por medio del aire comprimido,» de Roberto Zalmer, págs. 1 á 16 inclusive, y 31, 124 y 125.

En el Catálogo de la Ingersoll Drill Co., pág. 1, hay tambien un artículo interesante.

El «Scientific American,» de 8 de Marzo de 1884, trae otro artículo relativo al «Túnel del Acueducto de Washington.»

De Ud. atento seguro servidor.—F. W. Johnstone.

**Peso y costo estimativo del material y obra del drenaje del Valle de México, segun lo propone F. W. Johnstone.**

Tubos galvanizados, incluso tuercas y alambre de cobre, 9,500 toneladas á \$ 85 . . . . .	\$ 807,500
50 compresores de aire y ruedas hidráulicas, 3,800 toneladas á \$ 85 . . . . .	323,000
33 elevadores de agua, 1,200 toneladas á \$ 100 . . . . .	120,000
Flete y gastos sobre 14,500 toneladas, á \$ 34 . . . . .	493,000
En dinero americano . . . . .	\$ 1,743,500
Su equivalente en dinero mexicano, á 25p 8 . . . . .	435,875
Dinero mexicano . . . . .	\$ 2,179,375
Excavacion total, 2,937,310 metros cúbicos á 15 centavos . . . . .	440,596
Edificios, presa y <i>acanalamiento (race-way)</i> . . . . .	400,000
Asfalto, colocacion de tubos, etc., etc . . . . .	200,000
	<u>\$ 3,219,971</u>

Ciudad de México, Febrero 12 de 1886.—Firma: F. W. Johnstone.

El proyecto anterior, por acuerdo del Presidente de la República, pasó al examen de una comision nombrada por la Secretaría de Fomento el 25 de Febrero de 1886. La comision formada por los Sres. José M. Velázquez, Jorge Foot y Roberto Gayol presentó el 3 de Mayo del mismo año un informe desfavorable á dicho proyecto, y cuya parte resolutive queda consignada en el

Libro III de la presente obra. Resultado del informe fué el siguiente acuerdo de la Secretaría de Fomento.

Seccion 3<sup>a</sup>— Mayo 31 de 1886.— Dirijase comunicacion al Presidente de la Junta Directiva del Desagüe del Valle, manifestándole: que en virtud de haberse presentado al Gobierno, por el Sr. F. W. Johnstone, un proyecto para el desagüe del Valle y de la ciudad, el Presidente de la República tuvo á bien disponer que una Comision de Ingenieros estudiase el proyecto y emitiese su opinion acerca de él.

Que la Comision fué nombrada oportunamente, y despues de un estudio detenido del dicho proyecto, presentó su dictámen, emitiendo una opinion desfavorable al mismo proyecto.

Que habiendo quedado conforme el Presidente con el parecer de la Comision de Ingenieros, y en vista del informe de la Seccion respectiva, ha tenido á bien acordar se manifieste á la Junta, como se hace, que no habiéndose aceptado el proyecto del Sr. Johnstone, se continuarán los trabajos del desagüe del Valle con entera sujecion al proyecto aprobado por esta Secretaría en 1879 (cítese con precision la fecha,) sin más modificacion que la que se aprobó últimamente (cítese la fecha) en el trazo del gran canal.

Mándese imprimir en la Imprenta de esta Secretaría un folleto, con las piezas principales del asunto.

Los planos y dibujos citados por el autor en su proyecto no se han publicado.

## Documento número 7.

**Comunicacion de 31 de Octubre de 1888 y su contestacion de 9 de Noviembre sobre las modificaciones propuestas por el Sr. Ingeniero D. Luis Espinosa.**

Junta Directiva del Desagüe del Valle de México.—Con el fin de facilitar á la Secretaría del digno cargo de vd. los datos necesarios para la formacion de la Memoria relativa al proyecto que se sigue para verificar el Desagüe del Valle, esta Junta Directiva ha resuelto extractar de su archivo todas las constancias que existen en lo referente á disposiciones técnicas y modificaciones acordadas, á partir de la época en que esta misma Junta fué constituida.

Despues que, por decreto del 16 de Diciembre de 1885, se autorizó al Ayuntamiento de la Capital para suministrar la anualidad de \$ 400,000 des-

tinados á la prosecucion de las Obras del Desagüe, y que por disposicion del Supremo Gobierno, comunicada por la Secretaría de Gobernacion el 2 de Febrero de 1886, fué creada esta Junta con facultades para dirigir y administrar la inversion de aquel fondo, el primero de los pasos de ella, sabedora de que se tenia en estudio un proyecto presentado por el Sr. J. W. Johnston, fué pedir á la Secretaría del digno cargo de vd., con fecha 10 del mismo Febrero, la designacion del á que deberia sujetarse la ejecucion de las obras; y en seguida, para evitar pérdidas de tiempo y á reserva de esperar la resolucion pedida, suplicar á esa misma Secretaría, con fecha 19 de Febrero citado, que, haciendo examinar por peritos las obras de revestimiento que existian en el tramo del túnel abierto ya, así como la clase de materiales que se habian empleado, indicasen lo necesario á este respecto.

Mientras se recibian las resoluciones correspondientes á dichas consultas, la Junta, con fecha 22 de Febrero, se dirigió á esa Secretaría consultando que se modificase el trazo del canal entre México y San Cristóbal, acercándolo á Cerro Gordo y retirándole algo más del centro del lago de Texcoco; reduciendo en alguna parte su extension, y ganando, en consecuencia, una ligera pendiente: puntos todos estudiados y propuestos por el Ingeniero D. Luis Espinosa, Inspector entónces de las Obras, nombrado por esa Secretaría.

Con fecha 16 de Abril del mismo año se recibió la aprobacion de ella, acordada en vista del plano y estudio de esa reforma, presentados por el mismo Inspector é Ingenieros; quedando únicamente por resolverse las dos primeras cuestiones consultadas.

El 31 de Mayo siguiente, esa Secretaría, despues de haber hecho estudiar los otros dos puntos consultados, dió á conocer á esta Junta sus resoluciones, cuyas partes conducentes son, respectivamente, las que á la letra dicen:

1<sup>a</sup> . . . “Habiendo quedado conforme el Presidente con el parecer de la Comision de Ingenieros y en vista del informe de la Seccion respectiva, ha tenido á bien acordar se manifieste á esa Junta, como tengo la honra de verificarlo, que no habiéndose aceptado el proyecto del Sr. F. W. Johnston, se continuarán los trabajos del Desagüe del Valle con entera sujecion al proyecto aprobado por esta Secretaría en Setiembre de 1879, sin más modificacion que la que se aprobó últimamente en 16 de Abril último, en el trazo del gran canal.”

2<sup>a</sup> . . . “En resúmen, la Comision opina: I. Que el ladrillo empleado tiene la resistencia necesaria; pero que su elaboracion debe mejorarse. II. Que se haga uso de orificios en el arranque de la bóveda, de una chapa de cimento en el extrados ó de ambos medios unidos, para evitar las filtraciones, bastando el primer medio en la parte construida. III. Que se debe rechazar la losa y el recinto labrado para el revestimiento del fondo del túnel;