

REVISTA EXTRANJERA

El túnel Astoria para el paso de cañerías de gas por debajo del East River (Nueva York).

La situación insular de Nueva York, en la cual terminan un gran número de vías férreas, ha llevado consigo la creación alrededor de la ciudad de un cierto número de puentes y túneles de notables dimensiones. La ciudad de Nueva York, propiamente dicha, se extiende sensiblemente de Norte á Sur entre el East River por un lado y el Hudson ó North River por el otro. La gran anchura de este último río ha impedido hasta la fecha la construcción de puentes y sólo en los puntos más estrechos del East River se han establecido cinco que son las mayores obras que de este género existen en el mundo.

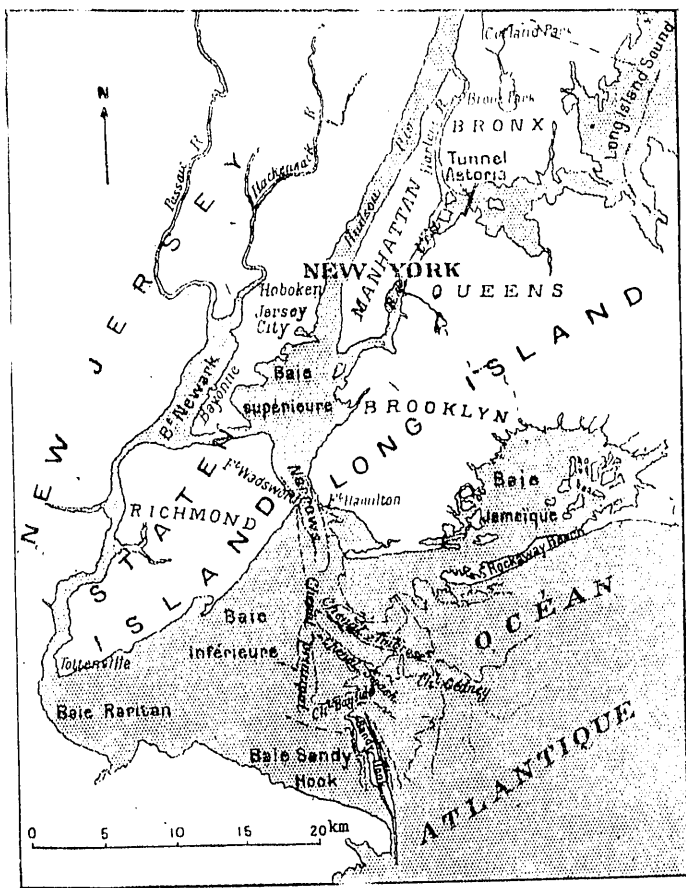
Fuera de estos puentes, las comunicaciones entre Nueva York y el territorio que le rodea se hace principalmente por una veintena de túneles submarinos, cuya construcción ha presentado, para algunos, grandes dificultades, entre ellos el túnel bajo el Hudson, del New-York and Jersey Railroad que, comenzado en 1878 no se terminó hasta 1908, á causa de estas dificultades que paralizaron las obras en varias ocasiones.

Casi todos los túneles de Nueva York sirven para el paso de las vías férreas que terminan en Manhattan. Pero, de 1891 á 1894, se ha construído un túnel para llevar á Nueva York el gas del alumbrado procedente de las fábricas establecidas en Long

Island á causa de la mucha altura que tiene el agua sobre el lecho del río, que hace imposible el empleo del aire comprimido y con el objeto de poder trabajar al aire libre. Estas características le aproximan á los sifones que se han construído recientemente para el acueducto que sirve para abastecer á Nueva York. El sifón de este acueducto bajo el Hudson pasa á 335 metros bajo el lecho del río y tiene una longitud total de 921 metros.

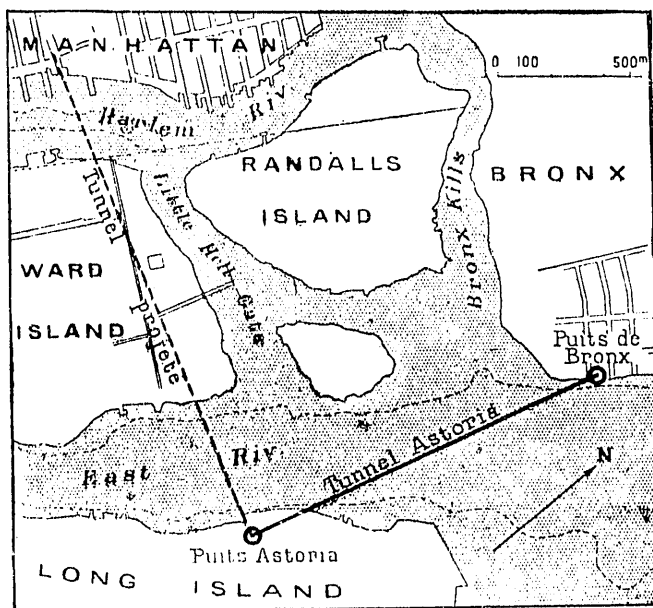
A la descripción del túnel Astoria dedica M. F. Hofer, Ingeniero de Artes y Manufacturas, un extenso artículo publicado en *Le Génie Civil*, el cual resumimos en esta nota.

Después de las anteriores consideraciones, pasa el autor á exponer algunas disposiciones generales del túnel Astoria diciendo que desde la creación de la Astoria Light and Power C.^o, el

Fig. 1.^a

Island por la Consolidated Gas C.^o Este túnel es de forma cilíndrica y de 3 metros de diámetro.

Una nueva obra con el mismo destino, el túnel Astoria, acaba de terminarse por haber venido á ser insuficiente el anterior. Es notable por su gran longitud, por las dificultades que se han presentado durante su construcción y por su situación á gran profundidad bajo el lecho del río; habiéndose adoptado esta pro-

Fig. 2.^a

gas de las fábricas de Ravensod y de Astoria de esta Sociedad, ambas situadas en Long Island, era llevado á Manhattan y al barrio de Bronx por medio de una cañería establecida en el túnel señalado precedentemente.

La distancia considerable que tenía que salvar el gas para llegar á los consumidores del barrio de Bronx, en el cual el consumo se desarrollaba cada vez más, hacía difícil el transporte del gas por los medios existentes, de modo que en 1903 fué necesario prever la construcción de una nueva canalización. El primer proyecto estudiado para llevarla á cabo comprendía la construcción de un segundo túnel entre la fábrica de gas Astoria y la 111.^a calle de Manhattan, pero después se ha decidido modificar el trazado de este túnel llevando de Manhattan á Bronx el pozo de acceso de la fábrica Astoria.

Como la profundidad del agua en el East River, bajo la cual pasaría el túnel, es superior á 30 metros, y esto hacía imposible el trabajo con el aire comprimido, se resolvió, por consecuencia, abrir este túnel bastante profundamente para poder trabajar en seco.

Con este objeto se perforó, por una parte, en Long Island, un pozo de 84 metros de profundidad, y en Bronx, por la otra parte, un segundo pozo de 73,80 metros, y se los unió por un tubo que presenta una pendiente uniforme de Bronx hacia Long Island.

Los planos de las figuras 1.^a y 2.^a muestran la posición de este túnel, cuyo perfil longitudinal está reproducido en la figura 3.^a

En previsión de la construcción ulterior del primer túnel proyectado que habría de terminar en la 111.^a calle de Manhattan, y para no tener que retocar más tarde el pozo de la fábrica Astoria, se ha dado á éste una sección mayor que la del pozo de Bronx.

El túnel Astoria tiene una longitud total de 1.400 metros y una sección en forma de herradura que mide 5,47 metros en

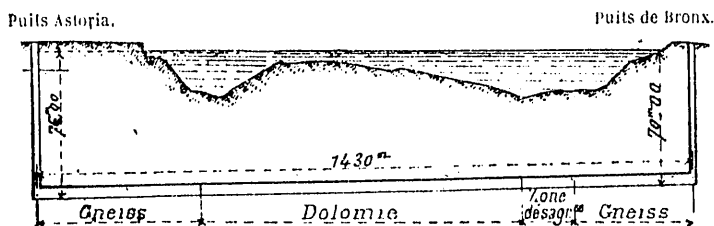


Fig. 3.ª

sentido vertical y 4,80 en el horizontal (figuras 4.ª á 6.ª). El pozo vertical circular en el que termina por el lado de Bronx tiene un diámetro interior de 7,90 metros, en tanto que el de Astoria mide 10,50 metros. En el interior del túnel están alojadas dos cañerías paralelas de 1,85 metros de diámetro y los pozos contienen, además de las cañerías ascendentes que prolongan las del túnel, una caja de extracción y diversas instalaciones accesorias de agotamiento y de ventilación.

El túnel se ha perforado en su mayor parte á través de gneis sólido y de mediana dureza y de dolomita: 366 metros de su longitud del lado del pozo Astoria y 228 del lado del de Bronx son de gneis: la región en que las dos rocas se superponen es sana

doras neumáticas y minas. Los escombros se cargaban en unas vagonetas llevadas al exterior por las cajas de extracción, que se instalaron desde el principio de la perforación de los pozos y que se hicieron descender cada vez más á medida que se profundizaban; estas vagonetas se vaciaban en seguida en unas chalanas. La fuerza motriz necesaria á los dos talleres por los cuales se atacaba simultáneamente al túnel se suministraba por dos estaciones centrales; una situada en Astoria y equipada con calderas de una potencia total de 1.840 caballos, abasteciendo á unos compresores y grupos electrógenos; comprendía, además, un horno y diversos talleres; la otra, la de Bronx, estaba provista de calderas de una potencia total de 1.125 caballos y de una instalación semejante á la precedente. En fin, había en servicio, en el interior del túnel, 65 perforadoras de aire comprimido, moldes de acero para los revestimientos de hormigón, aparatos para la inyección de trozos de cemento, bombas, un cable tractor para el arrastre de las vagonetas entre el frente y los ingresos de los pozos y, finalmente, unos ventiladores. Las bombas de agotamiento estaban instaladas al pie de los pozos.

PERFORACIÓN DE LOS POZOS.—Pozo Astoria.—Para atravesar la capa superficial de 15 metros de espesor de terreno móvil y permeable, se hincó en este terreno, y sobre toda la periferia del pozo, un círculo de tablestacas metálicas de empalme, de una longitud total de 15,80 metros que se apuntaló interiormente con marcos circulares de fuertes vigas. Estas tabiestacas estaban guiadas á lo largo del andamiaje que servía para la descarga de las cubetas y se descombraba el terreno por su pie á medida que se hincaban en el suelo, para evitar que falseasen en caso de en-

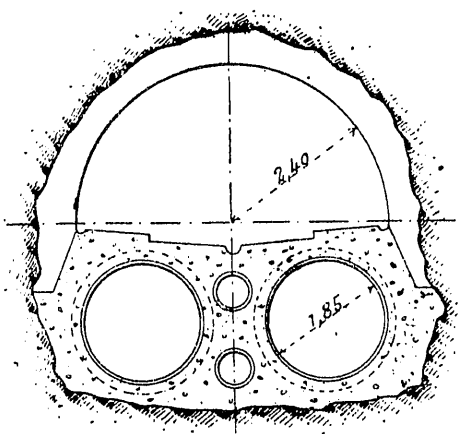


Fig. 4.ª

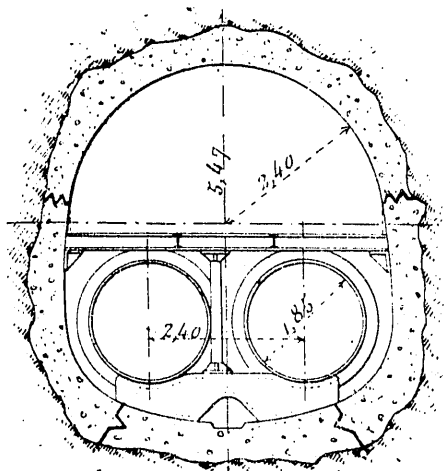


Fig. 5.ª

del lado del pozo Astoria, mientras que, por el contrario, en la región correspondiente, del lado de Bronx, ha sido necesario atravesar una capa de fragmentos sin consistencia y muy permeable, que hizo difícil el trabajo.

Las dificultades de la construcción del túnel en estas condiciones acaban de ser expuestas por el contratista M. J. Vipond Davies, en una Memoria que ha presentado á la American Society of Civil Engineers, y de la cual toma la revista citada los datos necesarios.

En el pozo Astoria, la roca dura se encontró á una profundidad, aproximadamente, de 15 metros por debajo del suelo y de 12 metros bajo el nivel del mar; en el de Bronx apareció ya el gneis á una profundidad de 4 metros. El perfil del lecho del East River, á lo largo del trazado del túnel (fig. 3.ª), presenta dos hondonadas de 30 metros de profundidad, próximamente, separadas por un alto fondo, marcando claramente los fondos de las dos depresiones de este lecho las dos regiones en que salen á flor de tierra los lechos de contacto entre las capas calcáreas dolomíticas y de gneis.

Los trabajos de construcción de los pozos y del túnel se efectuaron al aire libre y utilizando, para romper la roca, perfora-

contrar un bloque de piedra. En la roca, la perforación del pozo continuó en seguida normalmente, el revestimiento de hormigón se ejecutaba por secciones de 9,15 metros de altura.

Los materiales se extraían por medio de la caja de extracción, cuyas guías se alargaban á medida que se profundizaba el pozo.

El agua que entraba en el pozo por las grietas de la roca se expulsaba con facilidad por una bomba centrífuga que consumía 1 550 litros por minuto.

Al pie del pozo Astoria se construyó una cámara de 12,50 metros de altura y de 10,50 de anchura, excediendo, en el sentido de su longitud 6 metros, próximamente, el perfil del pozo y destinada á formar la cámara de servicio para la distribución del gas. Durante la construcción del túnel se empleó esta cámara para instalación de las bombas de agotamiento y para almacén, y como su zameado se encuentra 4,87 metros más bajo que el del túnel, hacía al mismo tiempo función de pozo para el agua que corría del túnel.

Pozo de Bronx.—Atravesar la capa superior disgregada del terreno no presentó ninguna dificultad á causa de su pequeño espesor, y la perforación en la roca se efectuó en mejores con-

diciones que en el de Astoria. Como la pendiente del túnel es continua en la dirección del pozo Astoria, ha bastado, como medida de precaución, disponer al pie del pozo de Bronx una cavidad rectangular de 6,10 metros de longitud, de 3,65 de anchura y de 2,58 de profundidad.

Para la perforación de estos dos pozos, se abrió por término medio, respectivamente, 1,57 metros de taladro de mina por metro cúbico de terreno extraído en el pozo Astoria, y 1,33 metros de taladro de mina por metro cúbico de terreno en el pozo de Bronx. El consumo de explosivo, que fué la forceita á 60 por 100, se elevó á 0,73 kilogramos por metro cúbico de roca extraída en Astoria y de 0,67 por metro cúbico en Bronx.

PERFORACIÓN DEL TÚNEL.—Se empezó esta perforación por el extremo de Bronx el 7 de Marzo de 1911, y se prosiguió en condiciones normales hasta el 29 de Agosto siguiente, en una distancia de 235 metros. Se abría una galería de avance semicircular por la parte superior del túnel, después se desmontaba la banquetta que quedaba en la parte inferior, y se construía inmediatamente el revestimiento de hormigón para evitar la caída de las rocas de las paredes quebrantadas por las operaciones de las minas. El 29 de Agosto, la galería de avance penetraba en la región de las rocas disgregadas interpuestas, por este lado, entre el gneis y la dolomita. El lecho del río tenía, en este punto, una profundidad de 24 metros bajo el nivel del mar.

La sección del túnel partiendo del pozo Astoria pudo, por su parte, perforarse sin detención, del 28 de Junio de 1911 al 7 de Noviembre de 1912, en una extensión de cerca de 1.080 metros, pasando sin ninguna dificultad de la capa de gneis á la de dolomita; pero en esta última fecha penetraba también en la zona detrítica de transmisión entre la dolomita y el gneis próxima á Bronx, que tiene un espesor de 45 metros, próximamente, y en la cual el túnel iba, á causa de su dirección oblicua, á mantenerse á una distancia de 130 metros, próximamente.

En las partes perforadas á través de la roca sana, se establecía primero el revestimiento de la bóveda disponiendo en sus arranques unas superficies de apoyo; después se vertía entre estos arranques y el suelo de la galería un bloque de hormigón

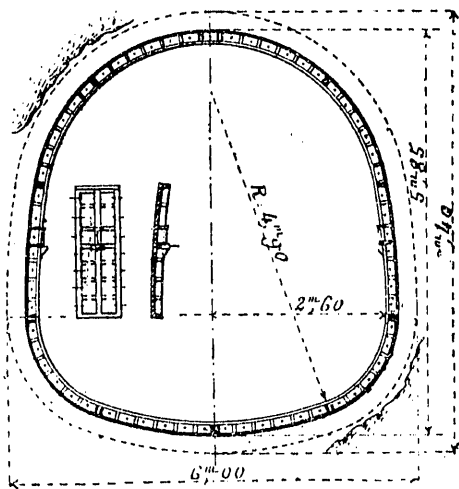


Fig. 6.ª

formando zampeado con el cual se rodeaba por completo las dos cañerías de 1,85 metro de diámetro destinadas al transporte del gas (fig. 4.ª). Después de haber colocado una longitud de 875 metros de cañería doble por este procedimiento, se modificó este método, y se colocaron las cañerías sobre disposiciones de soportes especiales (fig. 5.ª), que las dejaron completamente separadas.

Dada la altura de agua sobre el túnel, era imposible proceder á la perforación á través de las rocas disgregadas por medio del aire comprimido, y se resolvió consolidar el terreno por todas partes donde fuese necesario, inyectando en las venas de arena acuosa cemento bajo presión que se dejaba fraguar en seguida.

Se obtenía así, alrededor de toda la sección del túnel, una envolvente de roca sólida en cuyo interior se podía trabajar por los procedimientos habituales de perforación.

Cuando la roca de la pared de la galería era bastante sólida y bastante gruesa, se abría directamente un agujero de, próximamente, un metro de profundidad y de 15 centímetros de diámetro, prolongado por un taladro de mina de sección decreciente que iba á encontrar á la vena de agua. Se introducía en se-

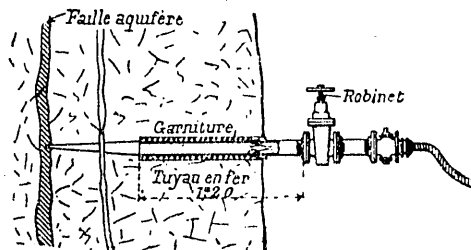


Fig. 7.ª

guida en este agujero, á una profundidad de 90 centímetros, próximamente (fig. 7.ª), un tubo de hierro de 10 centímetros de diámetro de 1,20 metros de longitud, provisto de una llave y de un enlace para la cañería que había de llevar el cemento bajo presión. Este tubo estaba envuelto por un lienzo fuertemente rodeado de cuerda formando guarnición impermeable, y se fijaba en el agujero con la ayuda de cuñas fuertemente hundidas alrededor, contra la roca. La inyección del cemento se hacía bajo presión de 7 á 15 kilogramos por centímetro cuadrado que fué, más tarde, elevada hasta 35 kilogramos por centímetro cuadrado, y se prevenía el arrastre por el agua del cemento inyectado en las grietas de la roca, mezclándole con filamentos de algodón finamente cortados.

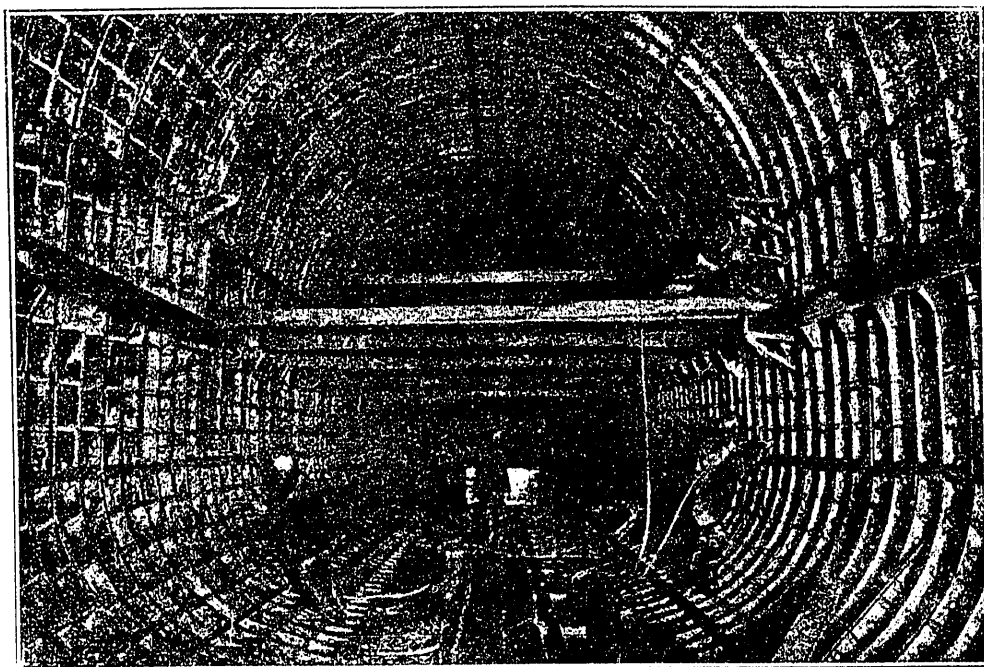
La zona peligrosa fué, por medida de precaución, aislada del resto del túnel por dos presas principales que obturaban la sección total del túnel y estaban situadas bastante lejos de los puntos extremos de esta zona, y por presas intermedias establecidas en la proximidad del frente de talla y que no tenían que obturar más que la galería de avance, quedando intacta la banquetta inferior hasta el encuentro de las dos galerías de avance.

Gracias á las medidas tomadas, este encuentro de las dos galerías de avance se verificó sin accidentes el 17 de Julio de 1913; á partir de esta fecha se comenzó á desmontar la banquetta que tenía una longitud de 145 metros, próximamente. Del lado del pozo Astoria este desmonte pudo realizarse con relativa facilidad en una distancia de 72 metros, gracias á la naturaleza compacta y sin defecto de la dolomita encontrada. Del lado de Bronx, la roca de la banquetta estaba, por el contrario, muy disgregada, sin que presentase, sin embargo, dificultades particulares, con la condición de colocar el revestimiento tan pronto como se hacía el desmonte de la galería. A la mitad de la longitud de la zona de que tratamos, se advirtió, por los sondeos hechos, la existencia de grandes venas de agua del lado Astoria y, á partir de este momento, no se procedió á la explosión de las minas más que con grandes precauciones. A causa de la importancia del caudal de algunas de estas venas de agua, que llegaba hasta 6.700 litros por minuto, se encerró la sección de banquetta que quedaba por desmontar y que tenía unos 37 metros de longitud, entre dos nuevas presas, que se terminaron en Septiembre; después se volvieron á emprender los trabajos de desmonte y de consolidación de la roca por inyección de cemento. Pero continuaron las dificultades, pues bien pronto se produjo una irrupción de agua que vertía en la galería 45.000 litros de agua por minuto y que las bombas no podían agotar; fué preciso, por tanto, emprender una serie de trabajos penosísimos y costosos que detalla minuciosamente el artículo citado hasta que, por fin, en Enero de 1914 se pudieron volver á emprender las obras.

Con este objeto se volvió á abrir la galería de avance y se construyó, sobre la banquetta de roca natural que formaba el

mura de esta galería, un zampeado completo destinado á formar presa hacia abajo; después se quitó esta banqueta por medio de agujeros de sonda y se inyectó por ellos cemento para consolidar las partes disgregadas de la roca que la componían, y que en seguida se desmontó por medio de explosivos, cargando muy ligeramete los barrenos. El revestimiento completo con hormigón de la galería se realizó después con la mayor rapidez posible. Una sección de 15 metros, próximamente, de longitud

Concluye M. Hofer diciendo que las obras del túnel Astoria han exigido la excavación de 76.500 metros cúbicos, próximamente, de los cuales 69.000 metros cúbicos en roca. Se han empleado 27.500 metros cúbicos de hormigón y 345.000 sacos de cemento, de éstos 118.000 para las inyecciones. La excavación en la roca ha exigido el empleo de 85.000 kilogramos de dinamita. En fin, se han extraído con las bombas 6.300.000 metros cúbicos de agua, próximamente.

Fig. 8.^a

del lado de Bronx de la galería en terreno peligroso se había ya reforzado por una entibación de fundición y se resolvió prolongar este revestimiento metálico de cada lado de esta sección reforzada, reemplazando la fundición por acero colado, y esto en toda la longitud del túnel situada en terreno disgregado. Este nuevo revestimiento está constituido por unos anillos de acero colado de 61 centímetros de longitud, formados cada uno de 11 dovelas (figuras 6.^a y 8.^a). Las entradas de agua por las grietas en toda la longitud de las paredes del túnel, después de su terminación, se han reducido en la actualidad á 1.270 litros por minuto, próximamente, y se evacúan fácilmente por las bombas de agotamiento del pozo Astoria.

El túnel se ha terminado á principios del año pasado, y la colocación de las cañerías se ha efectuado inmediatamente. Una de ellas está actualmente en servicio. Para ensayar la impermeabilidad de las juntas, que era de la mayor importancia, se han llenado de agua la cañería, así como los pozos, hasta una altura de 12 metros, próximamente, para un primer examen. No habiéndose producido ninguna fuga bajo la presión correspondiente, se procedió á un nuevo examen llenando la cañería de aire comprimido á la presión de 2,5 kilogramos por centímetro cuadrado. En fin, para llenar la cañería de gas sin mezcla de aire, se adoptó un procedimiento que puede presentarse como un ensayo muy serio de impermeabilidad. En efecto, se ha llenado de agua la cañería horizontal y las dos ramas verticales, lo que ha producido en la cañería propiamente dicha una presión de 8,5 kilogramos, á la cual han resistido las juntas; después se ha extraído el agua con bombas poniendo los dos extremos de la cañería en comunicación con unas conducciones de gas.

Cada una de las dos cañerías podrá consumir 2.800.000 metros cúbicos de gas por día, próximamente, es decir, más del doble del consumo parisiense (1.300.000 metros cúbicos, próximamente, en 1913). Pero en la actualidad la producción de la fábrica del gas es todavía mucho menor.

El proyecto de construcción del túnel Astoria ha sido presentado por M. William H. Bradley, Ingeniero-Jefe de la Consolidated Gas C.^o, bajo cuya dirección se han efectuado las obras.

Transmisión eléctrica á 115.000 voltios (Japón).

Entre las líneas de transporte de energía eléctrica á alto potencial ocupa un lugar preferente la línea de que vamos á tratar tomando su descripción del *Electric World* que la describe muy detalladamente.

Cerca del río Nippashi se acaba de instalar una fábrica hidroeléctrica movida por las aguas del aliviadero del lago Inawashire, fábrica que se une á Tokio por una doble línea aérea á 115.000 voltios. Esta estación trabaja en paralelo con otras diversas fábricas que abastecen á Tokio.

Hay el propósito de construir otras tres fábricas agua arriba de la primera que en un recorrido de 10 kilómetros utilizarán el salto del río Nippashi. Estas tres fábricas se unirán á la ya construida por una doble línea aérea y se construirá una nueva línea de transmisión á Tokio en paralelo con la primera.

El salto utilizado por la central es de 106 metros; las seis turbinas Francis de eje horizontal, de 10.000 caballos y de 375 revoluciones por minuto, mueven directamente á unos alternadores trifásicos de 7.777 kilovoltamperios, 6.600 voltios y 50 periodos.

Para la excitación están dispuestos entre los grupos turbo-generadores cuatro grupos turbodinamos de 300 caballos, 240 voltios y 500 revoluciones por minuto. La tensión de excitación se regula por medio de un regulador Tirrill, y puede también regularse á mano.

Los alternadores están insertos sobre las barras generales de alta tensión por el intermedio de interruptores de aceite. Las barras generales abastecen á unos transformadores que elevan la tensión á 115.000 voltios para el transporte de la fuerza, así como á otros transformadores que bajan la tensión á 120 y 220 voltios para los servicios de alumbrado y de fuerza motriz de la fábrica

(Continuará.)