

INFORME

SOBRE EL SERVICIO DE TRANVÍAS ELÉCTRICOS DE PARIS

Paris, 31 de Mayo de 1902.

Señor Ministro:

En virtud de lo dispuesto en el supremo decreto de 19 de Febrero del presente año, me es mui honroso informar a US. sobre el resultado de mis trabajos durante el primer semestre trascurrido desde que me hice cargo de la comision que el Supremo Gobierno tuvo a bien confiarme.

El 14 de Abril último, al dia siguiente de mi llegada a ésta, me puse a las órdenes de US., quien me manifestó la carencia absoluta de instrucciones en que se encontraba respecto a mi cometido, i me insinuó la conveniencia de mi traslacion a Bruselas.

Razones poderosas e íntimamente ligadas con el mejor desempeño de mi comision, me obligaron a dirigirme algunos dias mas tarde a US., esta vez por intermedio del señor Secretario de la Legacion, pidiendo que se solicitara del Gobierno frances nuestro ingreso a los trabajos públicos de su dependencia, i a las órdenes de los ingenieros-jefes de dichas obras, tal como nos indicó que podíamos hacerlo el señor secretario de la Escuela de Puentes i Calzadas.

Debo, asimismo, manifestar a US. que la materia de mi incumbencia—la electro-metalurjia—me obliga al estudio preparatorio de la electricidad industrial, asignatura completamente estraña a los programas universitarios de Chile.

Esto es tanto mas necesario cuanto que se trata de una materia que aun en este mismo continente se encuentra en vias de ensayo, i que, por tanto, sólo aplican un número reducido de empresas particularmente interesadas en mantener el secreto de sus respectivos procedimientos, por lo cual no suministran informaciones de ningun jénero, de modo que es necesario esperarlo casi todo de la teoría ya que las visitas tendrán que reducirse forzosamente a simples inspecciones.

No siendo posible en esta época de vacaciones estudiar la electricidad—que es una de las ciencias que sólo puede aprenderse en un laboratorio—puesto que en esta ciudad i en Lieja los cursos se abren únicamente en Octubre, he tenido que tratar de emplear por ahora mi tiempo en prepararme para los estudios que debo emprender mas tarde, i en sacar de las obras que visite i estudie como ingeniero civil el mayor provecho posible.

En primer lugar, para el mejor desempeño de un cometido, se impone un conocimiento suficiente i una práctica mayor todavía, de la lengua francesa, ya que visitaremos de preferencia la Francia i la Bélgica, i que, como US. lo sabe, es imposible recojer informaciones detalladas sobre cualquier trabajo sin poseer el idioma respectivo.

A este fin, he tomado lecciones particulares de frances del profesor J. Lasnier Lachaise, cuyo certificado encontrará US. al final de esta Memoria; he asistido tambien a un curso nocturno de frances en el Liceo Carlomagno, dedicado esclusivamente a los extranjeros, lo cual se corroborá mediante un certificado jeneral que acompaña el señor Gustavo Quezada.

Se hacia tambien, señor Ministro, indispensable un repaso de los ramos fundamentales de la injeniería en jeneral i de la electricidad en particular, cuales son el cálculo o análisis infinitesimal i la mecánica racional, sobre todo si se considera que yo cursé dichos ramos en 1896.

Con este motivo he seguido los cursos verdaderamente majistrales de la Sorbona, i al fin de esta Memoria encontrará tambien el señor Ministro los correspondientes certificados.

Para aprovechar el tiempo que estos estudios me han dejado libre i habiéndoseme señalado por la Facultad de Matemáticas de nuestra Universidad la electro-metalurjia como estudio especial, pero no incompatible con mi perfeccionamiento en las demas ramas de la injeniería, me he dedicado a visitar, en Paris, los distintos sistemas de traccion de tranvías, punto de particular i actual interes para las principales ciudades de Chile. Como US. lo sabe, se reemplaza actualmente en Santiago la traccion animal por la traccion eléctrica por el sistema de trolley. Es cierto que este sistema es económico, pero encierra graves inconvenientes que lo han desterrado de los barrios centrales de Paris. Ademas, la Empresa de Traccion Eléctrica de Santiago parece que no se encuentra en condiciones de soportar los crecidos gastos de sus instalaciones como lo demuestran las diversas tentativas que ha hecho hasta hoi para duplicar el valor de sus tarifas. Por estas razones es mui interesante para nosotros el estudio de los diversos sistemas de traccion de tranways, a fin de recomendar en Chile el sistema que sea mas económico i que ofrezca las mejores garantías de buen servicio.

Ahora bien, señor Ministro, es difícil que haya otra ciudad que se preste mejor que Paris a este vastísimo estudio, poseyendo tantos i tan variados sistemas de traccion de tranvías. Por esto he aprovechado mi permanencia en ésta para estudiar, por ahora, los siguientes temas que desarrollaré sucesivamente:

- I. Ferrocarril a vapor de l'Etoile a Saint-Germain por medio de locomotoras *sin hogar*.
- II. Traccion por medio del aire comprimido instalada por la Compañía jeneral de ómnibus de Paris.
- III.—Metropolitano de Paris.

I.—TRANVÍAS A VAPOR DE PARIS A SAINT GERMAIN

Los trenes que recorren esta línea son remolcados por locomotoras sin hogar, sistema Lamm i Traucq. Estas máquinas son mui apropiadas para circular en el interior de las ciudades, a consecuencia de su volúmen i peso considerablemente reducidos. Por otra parte, sus ruedas se inscriben mui fácilmente en las curvas de pequeño radio con los rieles de garganta, que son precisamente los que emplean las líneas de tranvías eléctricos de Santiago de Chile.

Ademas, se sabe que para una ciudad de mas de cincuenta mil habitantes, como es el caso de Santiago, Valparaiso, Concepcion, etc., el sistema de traccion mas económico, despues de la traccion eléctrica por hilo aéreo, prohibido en el interior de todas las grandes ciudades, es el sistema de locomotoras sin hogar de que vamos a ocuparnos. En las ciudades de menor poblacion, esta traccion es todavía mas económica que la traccion animal, que la traccion mecánica sistema Rosseau i que la traccion eléctrica por hilo aéreo, que ocupa el quinto lugar.

A. *Trazado de la línea.*—La red comprende la línea directa entre Paris i Saint Germain de 18 k. de largo, con dos pequeños ramales de poco mas de un kilómetro: uno de la aldea de Rueil a la estacion de Rueil, i otro de Port-Matly a Marly le Roi.

La línea principal sale de la plaza de l'Etoile en donde se encuentran las vias de maniobra para invertir las locomotoras i en donde se estacionan los trenes.

Dicha línea sigue por la avenida de la Grande-Armée i la avenida de Neuilly, pasando por el puente de Courbevoie, a partir del cual está el verdadero del ferrocarril en cuestion, sigue por el camino de Paris a Cherbourg, avenida de la Défense, avenida Saint Germain, Rueil, Bougival, le Pont, Port-Marly i termina en la plaza del Château.

El trazado se ha hecho con curvas de radio minimum de 30 m., i la mayor pendiente es de 62 mm. por metro cerca de Saint Germain, en cuyo punto la explotacion se practica por medio de locomotoras de gran potencia.

Via. — En el interior de Paris, entre l'Etoile i la porte Maillot, la via es formada con rieles de garganta sistema Broca de 6 m. de largo, asentados directamente sobre la calzada i mantenidos a la distancia de la trocha, 1 m. 44 cm., por medio de travesaños metálicos.

Desde la porte Maillot hasta Courbevoie, la via reposa sobre el terraplen lateral de la avenida de Neuilly.

Los rieles adoptados son del tipo Viñola, pero al cruzar los caminos públicos se usa, como mas conveniente por su altura para recibir el adoquinado o el macadam, el riel Broca.

De Courbevoie a Saint Germain la via ha seguido la rasante de la calzada empleando rieles Viñola de 8 m. de largo colocados sobre durmientes de encina.

Cuando la via cruza carreteras de importancia o cuando va sobre la calzada, se ha adoptado el tipo Marsillon con rieles i contrarieles de acero de 8 m. de largo, como se ve en la figura adjunta.

El riel i contra-riel son mantenidos a distancia invariable por piezas de fundicion a;

esta distancia es de 29 mm. en línea recta i de 35 mm. en curva, lo que da 12 mm. para el ensanche.

Los rieles descansan sobre cojinetes de fierro colado atornillados sobre durmientes de encina.

Entre Courbevoie i Saint Germain la línea es de simple via, con vias de maniobra en quince puntos intermedios sin contar las estaciones.

Las agujas de los cambios funcionan automáticamente por medio de contrapesos estando cubiertos los mecanismos con tapas de fundicion, que permiten el libre tránsito de los peatones.

Estaciones.—Existen estaciones completamente cerradas, estaciones cubiertas i paraderos indicados por postes especiales.

Los trenes se detienen jeneralmente en las estaciones i en los cruzamientos con caminos importantes, i a veces en los paraderos a pedido de los pasajeros.

Estos paraderos se componen de un poste sobre un banco, con un letrero que denomina el alto i contiene algunas observaciones relativas a la explotacion.

Las estaciones cubiertas constan de una lijera armadura de fierro rellena con albañilería por tres de sus caras, llevando en su interior una banca para los pasajeros.

Las estaciones completamente cerradas son construidas igualmente de fierro i albañilería i en ellas se espenden los boletos.

Como tipo de estaciones de esta clase puede citarse la de Courbevois.

Todas las estaciones se encuentran ligadas entre sí por medio de teléfonos.

Traccion.—Esta se hace por medio de pequeñas locomotoras a vapor *sin hogar*, sistema Lamm i Traucq.

Dichas máquinas se componen principalmente de un recipiente cilindrico cargado con agua caliente a una presion máxima de 15 kg.

Cuando la presion baja, despues de un viaje, se recalienta el agua por medio de una corriente de vapor suministrado en las estaciones terminales por una batería de jeneradores fijos.

La figura adjunta es un croquis de la caldera *C* montada sobre un marco *M* que a su vez reposa sobre los ejes de las ruedas.

El vapor se toma en la estacion de carga por el conductor *a* i penetra en el agua de la caldera por medio del tubo *b* provisto de un gran número de orificios destinados a facilitar la calefaccion del agua contenida en el recipiente. El vapor que debe actuar sobre los cilindros se toma en *c* por la parte superior del domo i de ahí pasa a un pequeño depósito *E* siguiendo por el tubo *d* que atraviesa el agua caliente i en donde se seca completamente ántes de trabajar en los cilindros, consiguiéndose así el mayor rendimiento.

El escape del vapor que ha actuado en los cilindros se verifica en un condensador de aire con tubos verticales *g*, situado por encima del recipiente *C*.

El maquinista tiene a su alcance todos los órganos de maniobra de la locomotora. Ademas de un freno de mano mui enérgico, estas máquinas van provistas de un eyector especial destinado a practicar el vacío en el conducto de los frenos. Dicho aparato está combinado de manera que cualquiera que sea la presion del vapor en la caldera, el vacío producido en el conducto de los frenos sea regular i uniforme.

En servicio las máquinas trabajan con una presión de admisión en los cilindros que varia entre 7 i 3 kg. Con la primera presión se puede subir la rampa de 62 mm. en Saint Germain. Con un tren compuesto por tres coches, el consumo de vapor es, por término medio, de 20 kg. por kilómetro recorrido.

Material rodante—Este comprende los coches de verano, los de invierno i los carros de equipajes.

A consecuencia de la pequeña distancia entre los ejes, se emplea para pasar las curvas una disposición especial: cada eje soporta la caja por intermedio de un marco metálico que puede jirar en torno de un centro de rotación, el cual se encuentra ligado a un conjugado por un sistema de triangulación de modo que los ejes son siempre converjentes.

El peso de los coches es de 4500 kg., vacíos i de 8000 kg., cargados. Llevan 52 asientos en el interior i en la plataforma. Van provistos de un freno de vacío no automático, sistema Souleriu; están además (aden) ligados entre sí i a la máquina por un sistema de comunicación eléctrico i el enganche es siempre bien realizado entre dos coches consecutivos.

Los coches de pasajeros son alumbrados por 4 lámparas incandescentes Edison Swan de 16 bujías, 2 en el interior, i 1 en cada plataforma.

Los carros destinados al transporte de equipajes i mercaderías en cofres dispuestos lateralmente, llevan los acumuladores destinados al alumbrado. Cada cofre posee 14 acumuladores de 90 a 100 amperes horas i de 150 kg. de peso, o sea 300 kg. por carro.

Con esta carga el alumbrado dura 7 horas para un tren compuesto de tres coches. Los acumuladores se cargan en 14 horas.

Depósitos o estaciones de carga.—Existen dos: uno en Courbevoie, que es el mas importante, i otro en Saint Germain. El primero contiene una serie de vías para guardar el material rodante bajo techo. Las calderas fijas i las máquinas están instaladas en un galpon vecino. Hai tambien un pequeño galpon para cargar los acumuladores situados cerca de la entrada de la estación.

Los generadores destinados a producir el vapor necesario para el recalentamiento del agua en los recipientes de las locomotoras, son del sistema multitubular. Dichas calderas en número de tres, tienen cada una 60 m. cuadrados de superficie de calefacción i están timbradas a 16 kg.; su capacidad es de 3100 litros de agua i 2500 litros de vapor.

Después de cada viaje se recalienta el agua de los recipientes, como sigue: se coloca la máquina sobre una fosa de carga situada frente a la toma de vapor. El tubo por donde se introduce el vapor en las calderas se une con el tubo de carga del recipiente por una llave especial, provista de un regulador que regula automáticamente el escurrimiento del vapor, de modo que el recalentamiento del agua en el interior del recipiente se haga progresivamente i sin arrastre hasta que la temperatura llegue a 200 grados que corresponde a una presión de 15 kg. próximamente.

II.—TRACCION POR MEDIO DEL AIRE COMPRIMIDO

La Compañía Jeneral de Ómnibus de Paris mantiene actualmente las siguientes líneas servidas por medio del aire comprimido: Louvre-St. Cloud; Passy-Hôtel de Ville; Muette Rue Taibont; Auteuil-Boulogne; Monrouge-Gare de l'Est; Auteuil-Madeleine.

Las pendientes máximas de los trazados no pasan de 15 a 20 mm. por metro i las mayores rampas son de 38 mm. por metro.

El conjunto de las instalaciones comprende:

a) Una fábrica aerógena de 5000 a 7000 caballos de potencia situada a orillas del Sena, en Billancourt.

b) Canalizaciones para llevar el aire comprimido a los puestos de carga situados en Point-du-jour para la línea Louvre St. Cloud, i en las estaciones terminales de Auteuil i de Passy para las otras líneas.

Para la línea Monrouge Gare de l'Est, parte de la fábrica una canalizacion que sigue las fortificaciones para desembocar en los puestos de carga situados en la parte de Orleans. Dicha canalizacion tiene como 7 km. de largo.

c) Cuatro depósitos para guardar los coches de las diversas líneas.

La fábrica de Billancourt puede suministrar por hora cerca de 16 toneladas de aire a la presión de 80 kg. i contiene además de los edificios para oficinas i habitaciones, un gran edificio para la maquinaria con un edificio anexo especial para las calderas i otro para los acumuladores de aire, i maestranza i almacenes.

Las calderas son 16 del sistema multitubular con 210 m. cuadrados de superficie de calefacción cada una.

Estas calderas dispuestas sobre una misma línea recta se encuentran agrupadas de a dos. Cada caldera contiene 12 háces tubulares de 9 tubos cada uno, los cuales se encuentran en el interior de dos cuerpos cilíndricos de albañilería, suspendidos de una armadura metálica independiente de la albañilería, de modo que pueden dilatarse i contraerse libremente en todo sentido.

Las calderas están timbradas a 12 kg. i la superficie de parrilla de cada una es 4 m. 10 cm. cuadrados.

Encima de cada caldera se encuentra un reservorio depurador acoplado con los tubos de albañilería, i que está en comunicacion con el agua i con la cámara de vapor de las calderas. La alimentacion se hace por medio de dichos reservorios como sigue: el agua impelida por una bomba i pulverizada a su entrada en el reservorio depurador, alcanza 150 grados de temperatura, bajo cuya accion se desembara de las sales de cal que puede contener, las cuales se precipitan al fondo del primer compartimiento en donde encuentran una série de cavidades que impiden el arrastre mecánico de los cuerpos precipitados, i se vierte en el interior de las calderas desprovista de materias incrustantes las que, como se sabe, son las mas perjudiciales i las que ocasionan las explosiones.

Los hogares pueden producir de 13 a 14 kg. de vapor por metro cuadrado de superficie de calefacción, sin avivar los fuegos. Los gases provenientes de la combustion de los

14 jeneradores se dirijen a un canal colector longitudinal situado detras de las calderas; cada derivacion está provista de un registro equilibrado.

Para utilizar el calor irradiado por dichos gases se han colocado 4 *economizadores* por los cuales pasan los gases calientes ántes de dirigirse a la chimenea. Dicha circulacion se verifica de adelante hácia atras i de atras hácia adelante con mucha actividad, a consecuencia de un tiraje mui bien mantenido.

Los economizadores llevan ademas todos los aparatos de seguridad correspondientes i están completamente independientes de las calderas. Hai dos chimeneas: una de albañilería de ladrillos con 60 m. de altura, i otra de palastro de 32 m. de altura con tiraje artificial por medio de un ventilador sistema Prat.

El agua del Sena, que sirve para la alimentacion de las calderas, llega a un depósito regulador para asegurar el consumo de la fábrica, del cual pasa a los depuradores i de ahí a un estanque subterráneo en donde se toma para alimentar las calderas por medio de dos bombas.

La fábrica recibe el carbon de los barcos que trafican en el Sena.

La *maquinaria* se compone de 7 grupos aerójenos, 2 motores para el servicio del agua i 2 motores para el alumbrado eléctrico.

Las máquinas de vapor en servicio son horizontales i de triple expansion. La distribucion en cada cilindro se hace por medio de 4 obturadores sistema Corliss; la admision i el escape del vapor se verifican por un mismo conducto. El condensador posee una válvula accionada automáticamente por un flotador, la cual da acceso al aire desde que el agua alcanza un nivel peligroso; i detiene la inyeccion de agua.

El conjunto de los cilindros motores está dispuesto como sigue: todos son horizontales, los dos primeros están colocados a la derecha i en tandem; el tercer cilindro está colocado a la izquierda i enganchado en tandem con el primer cilindro de compresion. El conjunto motor acciona un árbol horizontal provisto de manivelas acodadas que conduce los pistones de los demas cilindros de compresion tambien horizontales.

Compresores.—Están dispuestos en cascada i trabajan por simple efecto.

El cilindro que aspira el aire libre, llamado de baja presion, es horizontal i tiene un diámetro de un metro; la carrera del piston, que marcha de acuerdo con la de los cilindros motores, es de 1 m. 40 cm.

Sobre el platillo del cilindro se encuentran montadas 3 válvulas de aspiracion i 2 de repulsion.

Entre las primeras se encuentran 2 válvulas con resortes de inyeccion de agua, reguladas de modo que dicha inyeccion coincida con la aspiracion del aire.

El aire sale del cilindro de primera compresion a una presion de 4 kg. 25 dgr., i despues de atravesar un reservorio intermediario de 1 m³, que hace las veces de volante i enfriador, se dirige a los cilindros de mediana presion. Éstos, como los de alta presion, son 2 i están agrupados en tandem con estos últimos.

Entre la segunda i la tercera cascada de compresion, el aire atraviesa un reservorio intermediario de 200 litros de capacidad, i despues pasa por un serpentín de cobre sumerjido en un baño.

El enfriamiento del aire durante la compresion es producido en parte por medio del

agua inyectada en el cilindro aspirante a baja presión, i además por una circulación de agua establecida alrededor de cada cilindro de compresión.

Este doble servicio se hace con agua depurada de antemano por medio de la soda i de la cal, mediante una bomba.

A cada compresor se encuentran anexados dos secadores montados en serie i capaces de soportar 100 kg. de presión. Se compone de un cilindro vertical de 500 mm. de diámetro i 2 m. 637 mm. de altura, en el cual el aire abandona la mayor parte del agua arrastrada, i pasa después a una batería de acumuladores para dirigirse a continuación a las canalizaciones.

Los servicios auxiliares de la fábrica son el servicio de agua i el alumbrado eléctrico.

El primero se hace por medio de máquinas a vapor con distribuidores sistema Corliss i por medio de bombas centrífugas del sistema Dumont.

El servicio de alumbrado se hace con dos grupos de electrógenos de 55 kilowatts a 110 volts, i por una batería de acumuladores de 55 elementos con una capacidad de 575 amperes-hora.

El aire comprimido i secado se dirige por una canalización de 100 mm. de diámetro a una batería de acumuladores situada en un compartimento especial de la fábrica. De esta batería pasa a otro secador antes de arribar a los conductos jenerales de distribución. En cada canalización se encuentran 3 conductos de acero, 2 en servicio i 1 de relevo. Las juntas son hechas interponiendo rodajas de plomo i por el sistema de bridas apertadas, i son perfectamente impermeables.

Para facilitar las investigaciones de los escapes de aire, se ha rodeado cada junta con un macizo de albañilería, cerrado superiormente por una placa de fundición, la que lleva un tubo sobrepuesto que desemboca al nivel del suelo por medio de un pequeño orificio. Si hai escape, todo el aire sale por ese agujero, lo que es fácil de constatar.

Material rodante. — Los carros son automotrices i se componen de la caja que descansa sobre un marco de fierro V, el cual reposa sobre dos ejes acoplados.

La caja es completamente independiente del truck i puede quitarse sin tocar los órganos motores.

Los carros cargados pesan 15 tns. i van provistos de dos plataformas, la de adelante, para el maquinista, i la de atrás, para la subida de los pasajeros; llevan una imperial cubierta i cincuenta i dos asientos. Ancho del galibo, 2 m.

Cada automotriz lleva una batería de acumuladores de aire comprimido, formada por ocho depósitos comunicados entre sí i colocados bajo el marco en sentido longitudinal, los cuales tienen 2500 litros de capacidad.

Si al fin del trayecto se tiene aun una presión de 10 kg., esto basta para producir un trabajo de 4800000 kg., o sea un trayecto de 12 a 15 km. para un automotriz solo, i de 8 a 12 km. para un automotriz con un carro remolcado.

Esos depósitos constan de una plancha de acero dulce abombada i estirada sin soldadura, hasta formar un tubo cerrado por un extremo con un fondo de fierro remachado. El fondo lleva una tapa autoclave.

Los acumuladores son timbrados a 70 kg. i van provistos de las válvulas de seguridad necesarias.

Los motores de los carros, colocados hácia atras i en el interior del marco, poseen una distribucion sistema Bonnet con obturadores cilíndricos distintos. Se ha adoptado este sistema para aumentar la presion de admision i detener el vehículo lo mas pronto posible. Se ha podido así disminuir hasta 12 por ciento de la carrera del émbolo.

Los carros llevan tambien aparatos de calefaccion, que no estudiamos por no creerlos de aplicacion en Chile. Llevan tambien frenos de aire comprimido i de mano i cajas de arena, manómetros, etc. Ademas, van enteramente rodeados inferiormente por una de palastro delgado que sirve para proteger los mecanismos inferiores.

Existen tambien coches de enganche con 51 asientos, i que son, asimismo, del tipo con imperial cubierta. Pesan cerca de ocho toneladas en carga.

Puestos de carga.—Son constituidos por simples cajas de fundicion establecidas al nivel de las veredas.

La carga de aire se hace en 2 o 3 minutos durante el estacionamiento del coche, con lo cual no se retrasa el servicio.

Los depósitos para guardar los coches contienen un puesto de carga de aire bajo presion formado por algunos acumuladores, un secador i un receptáculo de expansion a 30 kg. provisto de las llaves necesarias; una a varias cocheras con puestos de carga, maestranza, calderas; dos grupos electrójenos para la carga i fuerza motriz, lampareras, almacenes i habitaciones.

Las cocheras son edificadas con cerchas metálicas, de gran luz, sin postes intermedios para facilitar el servicio. La cochera de Montrouge, por ejemplo, tiene un largo de 112 m. i 37 m. de luz.

III.—METROPOLITANO DE PARIS

El trazado, actualmente en explotacion, parte de la puerta Vincennes, cerca del ferrocarril de cintura, sigue casi paralelamente al Sena i despues de atravesar 16 estaciones intermedias, llega a la porte Maillot. De la plaza de l'Etoile diverjen dos ramales: uno se dirige a la plaza del Trocadero i el otro a la porte Dauphine.

La longitud total de esta seccion es próximamente de 14 km. i el gasto de construccion se ha estimado en 37000000 de francos, o sean 2640000 francos por kilómetro.

El radio de las curvas varia entre 100 i 200 m., siendo de 75 m. el radio mínimo adoptado, salvo en la estacion de la Bastilla i a la salida de la estacion de Lyon, en donde ha tenido que reducirse el radio a 50 m.

La inclinacion de las pendientes i rampas del trazado no pasa de 40 mm. por metro. Entre dos pendientes o rampas de sentido contrario, se ha dejado una horizontal de 50 metros de largo mínimo.

La distancia media de las estaciones es 600 m. con un máximo de 880 m. entre la porte de Vincennes i la plaza de la Nation, i un mínimo de 360 m. entre las estaciones del Louvre i del Palais-Royal.

La disposicion jeneral de las estaciones intermedias es la que se indica en el croquis

adjunto: 75 m. de largo, 13 m. 50 cm. de ancho entre los pies derechos, i andenes de 4 m. de ancho.

Las estaciones terminales tienen la forma de una raqueta, una de cuyas ramas sirve de estacion de llegada i la otra de partida, con andenes entre las dos vias, las que se encuentran reunidas por un túnel circular de 30 m. de radio i en el cual existe una sola via. Este pequeño radio no presenta inconvenientes en la explotacion, puesto que los trenes circulan en dichos túneles con velocidad pequeña, i en cambio, no tienen que practicar ninguna maniobra especial para invertir el sentido de marcha.

La estacion de l'Etoile presenta una disposicion especial a consecuencia de los ramales que de ella se desprenden. El ramal del Trocadero termina en forma de raqueta con una estacion adjunta a la línea principal. Estas dos estaciones se encuentran al mismo nivel, i los pasajeros pasan de una a otra por aberturas practicadas en los pies derechos de las bóvedas. Estas dos líneas se encuentran enlazadas por un doble cambio que pasa por debajo de la avenida Triedland. Otro enlace de simple via completa la curva, formada por la raqueta.

El ramal de l'Etoile a la porte Dauphine pasa por debajo de las vias indicadas i la estacion de servicio, cólocada bajo la avenida Wagan, se encuentra unida por medio de escaleras a las estaciones situadas a un nivel superior. Un enlace de simple via une este ramal con la porte Maillot.

La estacion de Lyon tiene 100 m. por 25 m. próximo i está recubierta por un tablero metálico relleno con bovedillas de ladrillos soportadas por dos filas de apoyos aislados colocados segun el eje de los andenes.

Todas las estaciones anteriores son subterráneas i segun ha sido la altura disponible, están recubiertas por una bóveda de albañilería o por un tablero metálico. Solamente la estacion de la Bastilla, situada a plomo del canal de Saint Martin, se ha dejado a tajo abierto para dejar libre el paso a los barcos que circulan por dicho canal.

Obras de arte.—La parte del Metropolitano actualmente en explotacion se encuentra en subterráneo a escepcion del paso indicado anteriormente.

Los túneles en plena via son de albañilería abovedados de 6 m. 50 cm. a 7 m. de ancho. La bóveda es de forma elíptica i la altura total sobre el nivel del riel es de 4 m. 50 cm. La bóveda tiene 55 cm. de espesor en la llave i los pies derechos un espesor uniforme de 75 cm., los cuales están reunidos por un emplantillado de 50 cm. de ancho. Todo el interior del túnel está recubierto por un enlucido de cemento Portland de unos 2 cm. de espesor.

En los pies derechos de las bóvedas se encuentran nichos espaciados de 25 a 30 m. para que se refujan los camineros durante el paso de los trenes.

El ferrocarril es de doble via; la trocha de cada una de ellas es de 1 m. 44 cm. i la entrevía de 1 m. 33 cm. A consecuencia del peralte en las curvas de un radio inferior a 100 m., ha tenido que modificarse el perfil trasversal del túnel en consecuencia.

Como han tenido que colocarse los rieles por encima de la napa de agua que impregna el sub-suelo de Paris, se ha tenido que recubrir las estaciones en las partes bajas de la ciudad por una bóveda de albañilería cuando el nivel de esa napa lo permitia, o por un tablero metálico cuando la altura era insuficiente. Prescindiendo de esta conside-

ración puramente local, la ubicación mas conveniente de las estaciones corresponde a una distancia de 7 m. entre el riel i la calzada. Esta distancia es suficiente para la seguridad de los trabajos con galerías subterráneas i no impone al público mas que un descenso de 6 m. mas o ménos, repartido todavía entre dos escaleras distantes. En las estaciones abovedadas la bóveda es elíptica, de unos 14 m. de luz i 3 m. 50 cm. de flecha, i los pies derechos van tambien reunidos inferiormente por un emplantillado. La altura del nivel de los rieles a la llave de la bóveda es próxima de 5 m. El emplantillado hasta el nivel de los andenes está revestido con un enlucido de cemento Portland, i por encima está revestido con ladrillos esmaltados. Los andenes de 4 m. de ancho, están situados a 95 cm. por encima de los rieles, de modo que el piso de los carros se encuentra al mismo nivel que el suelo de la estacion, lo cual facilita enormemente la acción del embarque i desembarque de los pasajeros. Un muro revestido tambien con ladrillos esmaltados une las bóvedas estremas de las estaciones con las de los túneles en plena vía.

Las estaciones con tableros metálicos se componen esencialmente de dos pies derechos que soportan dicho tablero i un emplantillado circular que los une inferiormente. El tablero metálico se compone de vigas gemelas transversales espaciadas de 5 m., trabadas por largueros distanciados de uno dos metros i sobre los cuales toman apoyo las bovedillas de ladrillos. Las vigas gemelas descansan sobre dados de piedra tallada. El revestimiento i los muros frontales, como en las estaciones abovedadas.

Acceso a las estaciones.—Se efectúa por medio de una escalera que desemboca sobre la vía pública en un pequeño edificio dispuesto al efecto i que conduce a una sala subterránea donde está la boletería. Dos escaleras colocadas lateral i paralelamente a los andenes de partida i llegada permiten tomar dichos andenes. Un pequeño puente metálico une las dos escaleras i permite pasar de un lado a otro de la estacion.

Vía.—Los rieles son de acero del tipo Viñola sobre cojinete i de quince metros de largo. Las juntas van alternadas i *apoyadas* sobre durmientes de encina creosotada, colocados a 1 m. de distancia. Los rieles descansan sobre los durmientes interponiendo una silla metálica atornillada a estos últimos. Las eclisas son simples i llevan cuatro pernos de union.

Cada 3 m., mas o ménos, los durmientes son de mayor longitud para recibir el tercer riel que suministra la corriente eléctrica i que descansa sobre cojinetes aisladores del sistema Blackwill. La corriente vuelve por los mismos rieles de la vía i las juntas llevan por esto cuatro alambres de cobre. El lastre es formado con cascajo menudo i sobresale 3 o 4 cm. por encima de los durmientes.

La fuerza motriz es suministrada en la fábrica del malecón de la Rápee, i por la fábrica de Bercy, las que todavía no he podido visitar.

Material rodante.—Los trenes se componen de un coche automotriz al cual se engranchan dos o tres coches ordinarios. Aquellos coches son accionados por motores Westinghouse, i todos van provistos de un freno continuo sistema Westinghouse i de un freno eléctrico para los casos urgentes. Son alumbrados por diez lámparas eléctricas incandescentes.

Esplotación.—El túnel i las estaciones permanecen constantemente alumbrados durante las horas de servicio por medio de lámparas eléctricas.

Las señales de la explotacion están dispuestas para aplicar el block-system. Cada estacion está provista de una señal de entrada i otra de salida. Entre ciertas estaciones mui distantes se ha colocado una señal intermedia.

El sistema empleado es el de Hall i funciona automáticamente. La señal de entrada a una seccion es cerrada por el tren mismo al pasar por delante de la señal, mediante un pedal accionado por las ruedas i que produce el contacto suficiente para interrumpir la corriente eléctrica moviendo la señal. Asimismo a la salida de una seccion, el tren despues de haber cerrado la señal de entrada en la seccion que empieza a recorrer, obra sobre un segundo pedal abriendo la señal anteprecedente de las que ha dejado a su espalda, de modo que el tren se encuentra siempre cubierto hácia atras por dos señales.

Las señales se encuentran en el interior de una caja provista de dos ventanillas, una con vidrio rojo (via ocupada) i otra con vidrio blanco (via libre), alumbrado con lámparas incandescentes. Una pantalla accionada por un electro-iman cubre o descubre una de las ventanillas segun sea la posicion del tren respectivo.

Ademas los trenes llevan adelante tres luces blancas i en la cola tres luces lacres alumbradas por medio de lámparas eléctricas i análogas a las señales anteriormente descritas.

Como verá el señor Ministro por esta suscinta descripcion de los trabajos del Metropolitano, me faltan todavía muchos datos que reunir para formarse de las obras un juicio i un conocimiento completos. Ademas existen actualmente túneles en construccion de l'Etoile a Boulbarbes i un viaducto que parte de este punto a la calle Meaux.

Ahora que poseo el permiso que nos ha concedido el Gobierno frances, gracias a la intervencion de nuestra Cancillería, podré visitar detenidamente esos trabajos ántes de abandonar esta ciudad.

Es cuanto puedo informar a US. en cumplimiento de mi deber.

Dios guarde a US.—*Delfin Guevara*.—Al señor Ministro de Chile en Francia.

