

*Archivo 735*  
**LA ELECTRICIDAD**

EN  
**BOLIVIA**

Memorial explicativo de la Solicitud

**Lombard y Nanetti**

presentada ante las HH. Cámaras

DE  
**1900**



**ORURO**

Tipo-Litografía y Librería "La Económica"

17-Plaza 10 de Febrero-19

**01395**

## Honorables Representantes:



*El presente Memorial os dará á conocer la posibilidad del proyecto, que hemos tenido el honor de someter á vuestra alta consideración, referente á utilizar la fuerza del Rio "Desaguadero", reducida á energia eléctrica.*

*La série de datos, que hemos recojido, os rendirá evidentes las ventajas que pueden recabar las distintas industrias.*

*Abrigamos la esperanza que vuestras conclusiones confirmarán nuestro aserto en cuanto á la ejecución del Proyecto, que constituirá un nuevo paso en la gran via del progreso para la Nación Boliviana, que tan dignamente representais.*

A. LOMBARD,  
Ingeniero.

F. NANETTI.

---



## Consideraciones Generales

El desarrollo verdaderamente maravilloso en el perfeccionamiento de los generadores de la electricidad, verificado en los últimos veinte años, dió vida é impulso á una série continua de aplicaciones en todos los ramos de esta nueva ciencia.

Desde la máquina rudimental en série de corriente continua de "Gramme", se pasó rápidamente á la máquina en derivación, á la de corriente alternada, á la multipolar, hasta llegar á los alternadores de corriente polifásica.

Análogas consideraciones se deben hacer sobre los electromotores.

El prodijioso desarrollo en la producción de la corriente eléctrica, así como la facilidad con que se puede disponer de esta, inspiraron á algunos científicos la idea que por este medio se podía trasportar la fuerza mecánica aún á grandes distancias con toda seguridad. Es así que Marcel Deprez, renovando las pruebas de H. Fontaine en la Exposición de Viena de 1873, se ocupó de una

nueva clase de estudios prácticos, insistiendo sobre la necesidad de recurrir á corrientes de alta tensión. Hecho por el cual serán siempre dignos de especial mención en la historia de la trasmisión eléctrica á distancia los experimentos ejecutados en el año 1883; el 1.º en el ferrocarril del norte á París, sobre un hilo telegráfico de cuatro milímetros de diámetro y 17 Kilómetros de largo, y el 2.º de Vizille á Grenoble sobre un hilo de bronce silicoso de dos milímetros de diámetro y 14 Kilómetros de largo. Aunque la energía transmitida superaba en poco á 14 caballos vapor y la distancia era relativamente pequeña, se obtuvo sin embargo un resultado importantísimo en el rendimiento mecánico-industrial, que del 32 por % que fué el del ferrocarril del norte, subió al 62 por % en el de Vizille á Grenoble.

Siguieron en 1885, á distancias mucho más considerables, otros experimentos de Marcel Deprez entre Creil y París, y de Fontaine en 1886.

Deprez operaba en un hilo de cobre de cincuenta milímetros de diámetro y de 56 Kilómetros de largo. De los 116 caballos medidos en el eje de la generadora, se obtuvieron 52 caballos en la receptora, con un rendimiento industrial del 45 por % y un rendimiento eléctrico del 77 por %. Las máquinas empleadas eran multipolares y la generadora media: 6,000 Volts, la más alta tensión alcanzada hasta entonces y una intensidad de 10 Ampères.

Fontaine, en una línea que como la anterior presentaba: 100 Ohms de resistencia, tras-

portó 50 caballos de fuerza con un rendimiento industrial del 52 por %.

Aunque esto difiera en poco á lo anteriormente espuesto, hacemos mención de este caso, porque Fontaine obtuvo un éxito verdaderamente notable en cuanto á las máquinas empleadas del tipo corriente Gramme, que pesaban solo toneladas  $8 \frac{1}{2}$ , mientras en el caso Creil.—París llegaban al injente peso de 70 toneladas. Se comprende luego cual es la importancia de esa disminución tan esencial en el peso, para países montañosos y para los que presentan dificultades en las vías de comunicación.

Haremos notar finalmente, por la injente fuerza trasmitida, por la alta tensión y por el rendimiento obtenido, el transporte de fuerzaverificado en ocasión de la Exposición internacional de Francfort, entre esta ciudad y Laufen. Las dos ciudades, distan 175 Kilómetros entre sí, la energía hidráulica trasmitida de una turbina á la generadora llegaba á 300 caballos vapor y la recibida por la receptora llegaba á 225 caballos, con un rendimiento industrial del 75 por % Mediante un trasformador se elevaba la fuerza electromotriz de la generadora de 50 Volts á 25,000 Volts, que con un segundo trasformador eran otra vez reducidos á 50 Volts en la receptora.

Estos datos, especialmente los de Francfort, recojidos por una comisión de científicos especialistas, produjeron una viva excitación, diremos casi un delirio en el campo de los electricistas.

La realidad dió razón á los vuelos de la fantasía!

En los primeros momentos se preconizaban las ventajas enormes que se podrían sacar de tales trasmisiones eléctricas á distancia: pero el pensamiento se limitaba á utilizar para grandes instalaciones aisladas las poderosas caídas de agua de las cadenas de montañas que se levantan en las cercanías de los centros industriales de primer orden.

Solamente después, considerando la facilidad con que se pasa de las altas á las bajas tensiones, la maniobra enteramente sencilla de los pequeños electromotores, la subdivisión á que se presta la energía eléctrica, el poco peso y el poco precio de los electrogeneradores, se llegó á la conclusión, que no tardó en estenderse á la práctica, de que la electricidad debía también aplicarse á las industrias de orden secundario. Así, hecho singular, se reconoció la conveniencia de reducir las calorías del carbón fósil á fuerza eléctrica; y en muchas localidades se vió trasformada la energía de los calderos á vapor en energía eléctrica que, subdividida, vino á ser utilizada por un número cada vez más creciente de consumidores.

Así, también la hidráulica vino en ayuda de la ciencia hermana.

### Motor Hidraulico

Las turbinas que más se usaron, las del tipo Girard, si son aplicables con bastante

utilidad para medianas y grandes caídas, pierden su efecto útil sobre todo en pequeñas caídas y si están sumergidas. Tanto es que, por nivel de desagüe variable y con mayor razón cuando es poca la diferencia de nivel entre la toma y el desagüe, se propuso hidropneumatizar la turbina, á fin de evitar esa emergencia.

Afortunadamente el problema de utilizar poderosas masas de agua con pequeñas caídas obtuvo en estos últimos tiempos una solución fácil y segura.

Varios son los constructores que se dedicaron á este objeto: nos limitamos á recordar á los Ingenieros Singrün Frères, los cuales en Epinal (Vosges) establecieron una renombrada fábrica de turbinas, conocidas bajo el nombre de "Hercule-Progrès".

Estas, que ofrecen la especialidad de un *pivot* de madera, pueden recibir el agua en la misma cámara sin necesidad de tubo de introducción, y trabajan con el mismo efecto útil aunque estén sumergidas. Lo que más importa en el caso nuestro es que son aplicables igualmente á grandes y pequeñas diferencias de nivel, con un rendimiento constante. Numerosos testimonios prueban que se puede descender hasta la insignificante caída de *un metro*, para la cual se tienen las siguientes cifras: 2,435 litros de agua por segundo producen una fuerza efectiva de 25<sup>36</sup> caballos vapor. Sobre una caída de *un metro y medio*: 2,981 litros producen 47.<sup>2</sup> c. v.

## Río Desaguadero

Después de lo expuesto, vamos á examinar por partes el proyecto que nos interesa.

El Río Desaguadero para la adaptación de máquinas hidráulicas tiene la enorme ventaja, sobre el mayor número de ríos que conocemos en Bolivia, de contener un volumen de agua relativamente poco variable en las estaciones de la máxima creciente y máxima sequía: se podría decir al respecto que es un canal construido artificialmente. A parte de las informaciones obtenidas de personas residentes en su vecindad, prueba nuestra aserción la forma misma de su lecho y el servir de desagüe á esa colosal masa de agua que es el Lago Titicaca.

Por otra parte este Río tiene la desventaja de su poca gradiente.

El día 10 de Agosto próximo pasado, obtuvimos en el punto de Roque Balza los siguientes resultados:

Ancho del Río: 79  $\frac{1}{2}$  metros.

Altura media del agua: 1<sup>ra</sup> metro.

Velocidad media en la superficie por segundo: 0. metro 833 milímetros.

Velocidad media absoluta: 0. metro 666 milímetros.

Lo que representa por cada segundo una masa de agua de 64. <sup>00</sup> metros cúbicos, ó sean 64,060 litros.

La gradiente, calculada según la fórmula Darcy y Bazin, fué confirmada mediante una nivelación que del punto Roque Balza se hizo



sobre cinco Kilómetros río arriba, con un resultado de 0.<sup>m</sup> 000248 por cada metro. Para mayor seguridad, en el presente mes de Septiembre, se repitieron los estudios, que confirmaron la existencia del mismo volumen de agua encontrado el mes pasado.

Tan insignificante gradiente no permite adoptar el sistema de una toma de agua directa sobre el Río, que, mediante un canal de más ó menos longitud, pudiera á su extremo presentar una caída para la colocación de una ó más turbinas.

Esta dificultad nos obligó á estudiar un sistema especial, basado en cálculos hidráulicos de indiscutible seguridad, y cuyo resultado fué la posibilidad de una instalación relativamente sencilla, la cual arrojaría en desarrollo de 500 caballos vapor de fuerza, utilizando un espacio en el Río de cinco Kilómetros.

Si se toma en cuenta que el agua, que ha trabajado en una série de turbinas, vuelve al Río, resultaría que varias instalaciones análogas y á poca distancia una de otra, aumentarían la fuerza indicada, escogiendo siempre los trechos que más se prestarán á las condiciones de nuestro sistema.

Iguales resultados pueden obtenerse para Poopó, hecha la abstracción de la distancia de la Oficina eléctrica central distribuidora y del punto de colocación de las turbinas sobre el Río. Esta, que es de Kilómetros 25 para Poopó, llega solo á Kilómetros 20 para el punto de Roque Balza frente á Oruro.

Resueltos favorablemente los inconvenien-

tes técnicos, con las instalaciones de Oruro y de Poopó se puede llegar hasta 1,000 caballos vapor efectivos.

Las elevadas fuerzas electromotrices, conducidas á las oficinas receptoras de las dos localidades, con transformadores apropiado serían reducidas á los usos industriales, aumentando en proporción la intensidad de la corriente. Entonces, con un distribuidor se mandarla á cada uno de los solicitantes la cantidad de energía que necesite, subdividida, según su pedido, con otros tantos electromotores de dimensiones reducidas, situados en los lugares en que el desarrollo de las varias operaciones de los Establecimientos y Fábricas lo requieran.

### Aplicaciones

Demostrada á grandes rasgos la posibilidad de obtener del Rio Desaguadero una in-jente fuerza mecánica, veamos á que distintos usos se puede aplicar, dejando á un lado el alumbrado eléctrico; pues según compromiso adquirido nos obligamos á dar gratuitamente la energía necesaria para alumbrar las poblaciones de Oruro y Poopó, siempre que se llegue á una colocación de 500 caballos para la primera y de 200 para la segunda.

### Minas:

Nos referimos en este respecto á las aserciones que el notable ingeniero Gerard, Director del Instituto electro-técnico "Mon-

tefiore" de Lieja, hace en su reciente Tratado. Dice: "las transmisiones eléctricas  
" están llamadas á prestar grandes servicios en  
" el trabajo de las minas, atendiendo á que la  
" misma canalización provee al alumbrado de  
" las labores y permite asegurar todas las ope-  
" raciones, para las cuales se necesita fuerza  
" motriz, esto es: la extracción, el desagüe, el  
" transporte, la ventilación; á lo que se añade  
" en ciertos casos la preparación mecánica  
" y el tratamiento electro-químico de los mi-  
" nerales".

Ante estas palabras, tan elocuentes por sí mismas, añadiremos que se evitarían los obreros fogoneros ocupados en los generadores de vapor, y que un obrero cualquiera, sin conocimientos especiales, aprendería en pocos días el manejo de los dinamos parciales, que se pueden volver auto-reguladores con una conveniente envoltura de los inductores.

Esto puede asegurar el suscrito ingeniero Lombard, quien se ocupó en Pont San Martín (Val de Aosta) de dinamos y de dirigir en Sestri Levante (cerca de Génova) un importante Establecimiento electro-metalúrgico, para el tratamiento del cobre.

Además se evitarían los mismos generadores de vapor costosos y que requieren particular vijilancia para que no se deterioren en poco tiempo; la provisión de agua, que muchas veces como sucede en algunas minas, es preciso subir por medio de bombas; y por último todo el movimiento inherente al combustible.

Yá que hemos tocado este punto tan importante del combustible, observaremos que, con el continuo ensanche de la industria minera y con las crecientes necesidades de la misma, el combustible del país, que generalmente se emplea, vá progresivamente haciéndose escaso y por consiguiente subiendo de precio, pagándose ahora sesenta y cinco centavos por quintal de 46 kilos, lo que corresponde á bolivianos 14 la tonelada, mientras su poder calorífico es sumamente bajo.

El carbón de piedra, que vale ahora bolivianos 80 la tonelada, no se halla siempre en cantidad suficiente, y su precio y la dificultad de encontrarlo aumentarían naturalmente con la mayor demanda.

La implantación eléctrica propuesta eliminaría todos estos gravísimos inconvenientes, independizando á la industria de las fluctuaciones del mercado, con respecto de las variaciones en el precio del combustible por el mayor consumo. Además ella permitiría aproximar los Ingenios al pié de las Minas.

### **Metallurjía—Electrometallurjía:**

El Departamento de Oruro, para donde se propone la primera instalación eléctrica, es rico en varias clases de minerales. Pero de estos solo interesan al metallurjista, por las actuales condiciones, los que contienen: Plata y Oro, Estaño, Cobre, que separadamente examinaremos.

PLATA Y ORO—Especialmente en lo que

sobresale la gran ventaja que se obtendría con la aplicación de la electricidad á la metalurgia es respecto á los minerales argentíferos. Los que se explotan de las minas del Departamento de Oruro se presentan bajo el carácter de polisulfuros con un contenido de antimonio, cobre, fierro, etc. La plata se encuentra al estado de  $\text{Ag}_2\text{S}$ .

En otros Departamentos abundan los minerales argentíferos con plomo y zinc.

En Bolivia se produce metal blanco en cantidad y hoy mismo á pesar de que muchas minas con minerales de baja ley no se trabajan ni con el económico sistema de Lixiviación, sin embargo su producción anual no debe bajar de 300,000 kilos de plata fina, la mayor parte exportada sin tratamiento previo alguno. Interesante nos parece ocuparnos de la plata que, proveniente del cloruro disuelto por un hiposulfito alcalino, se precipita al estado de sulfuro por el sulfuro de calcio. El producto que se obtiene mediante este sistema representa cerca del 15 % de la producción total, y es remitido á Europa con una ley que varía entre el 30 y el 40 % de plata fina.

No siendo ya suficiente la producción de plata piña proveniente de la amalgamación para los usos monetarios de toda la República, resulta que una parte del sulfuro de plata, que se exporta, regresa al país al estado de barra para la acuñación del circulante moneda. Sin tomar en cuenta las impurezas que contiene el sulfuro, este mineral concentrado á una ley del 35 %, debe pagar doble transporte, doble

premio de seguro marítimo y de compra-venta en los mercados de Europa. Ultimamente la cuestión cambio sobre Londres, ó sea el tipo oro del circulante, ha venido á reagrar aun más la precaria situación de la industria argentífera, que puede calificarse como principal.

Todos estos inconvenientes se evitarían en gran parte, disponiendo de corrientes eléctricas, reducibles á alta ó baja tensión según las conveniencias y utilizables sea como electricidad sea como calórico.

Los procedimientos Cowles, Crompton, Minet, Hervelt, para la reducción del aluminio de la bauxite y de la criolite, señalan el camino que debe seguirse.

El Oro contenido en los minerales de plata se condensaría con esta y sería en seguida extraído mediante los procedimientos ordinarios

ESTAÑO—El estaño se encuentra generalmente al estado de casiterite  $\text{Sn O}_2$  y muchas veces acompañado de pirita de fierro  $\text{Fe S}_2$  con ganga. La preparación mecánica á q' se somete está basada en la diferencia de densidad del mineral (6.96) relativamente á las materias extrañas que le acompañan.

Con una serie de simples lavados en distintos aparatos se obtiene un producto que varía entre el 50 y el 65 % de fino, comerciable y que se manda á los mercados de Europa. Lo restante, del 35 al 50 %, es materia estéril que se exporta, y notese que el flete del ferrocarril de Oruro á Antofagasta es de un centavo avo por Kilo. Kilómetro.

En vista del elevado costo del carbón,



convendría adoptar una reducción por la vía eléctrica, obteniendo con una sola operación el metal puro.

**COBRE**—El cobre se encuentra en el Departamento de Oruro en varias localidades y muchos se han dedicado á buscarlo, p. e. en la provincia del cercado. En las muestras, que hemos tenido ocasión de ver, se presenta al estado de sulfuro (calcopirita y calcosina) y de carbonato (azurit) con trazas de sulfato y de un tenor del 10 al 20 %.

La metalurgia del cobre es una de las más costosas que se conoce. La serie de tuestas en aparatos especiales para eliminar los productos volátiles y las consiguientes fusiones en los hornos de manga para la concentración de las metalinas importan un consumo enorme de leña y de carbón coke. Cuando un mineral es fácilmente fusible, y la operación procede regularmente, se puede calcular un consumo mínimo de combustible del 15 %, que puede subir hasta el 40 % para minerales refractarios al tratamiento. Teniendo en cuenta que las operaciones sucesivas pueden llegar á cinco ó seis, se verá que cantidad de combustible se necesita para llegar al refinamiento del cobre negro en hornos á reverbero.

Querándose pues limitar, con los minerales en cuestión, á un producto de una ley de 50 á 60 % que sería vendible, se necesitarían á lo menos dos tuestas y dos pasadas al horno de manga; comprendiéndose por todo esto la absoluta imposibilidad de trabajar tales minas.

Si el trabajo es posible en Corecoro, con

leyes que bajan algunas veces del 5 % (como resulta de la importante obra sobre el cobre del Sr. Manuel V. Ballivian) depende de que el cobre se presenta al estado metálico y que, reducida la ganga á polvo menudo, con solo el lavado se puede obtener un producto mayor del 70 %.

La electricidad obtenida barata permite reducir los minerales del 10 y 20 %, aunque sean de ganga cuarzosa, con un sistema análogo al de Bessemer para el acero, como ya fué propuesto hace años. El cobre bruto que se obtiene (80 á 95 %) será comerciable; y queriendo refinarlo en el mismo lugar, será tambien muy conveniente seguir el sistema electrolítico en cubas, con soluciones de sulfato de cobre y con anodos de cobre impuro y catodos de plomo ó en hojas delgadas de cobre.

Si el anodo contiene plata ú oro, como sucede en muchos casos, estos metales preciosos se precipitan en el fondo de la cuba.

El sistema de refinamiento electrolítico es casi universalmente adoptado y solo la "Nord Deutsche Affinerie" de Hamburgo tiene una producción diaria de dos y media toneladas de cobre químicamente puro, recojiendo en los residuos: 1,000 Kilos de Oro por año.

Sería útil tambien ensayar la descomposición directa por la via eléctrica de los sulfuros en baño de sulfato de fierro y de cobre, según los sistemas privilegiados: Blas y Miest y del ingeniero Marchese.



## **Traccion:**

La tracción sobre rieles con caballos, que remplazó á los coches comunes, tomó un grande incremento tan pronto fué propuesta. No así dispensó el público igual favor para el cambio de esta á la tracción á vapor, especialmente para el movimiento interior de las ciudades. Surgieron dificultades por el peligro en la viabilidad, por el humo y las chispas de las locomotoras. Sin embargo las ventajas innegables se impusieron y luego formó parte de las costumbres en la vida cotidiana.

El cambio con motores eléctricos fué mucho más fácil y más rápido, no dando margen á los inconvenientes indicados.

No nos proponemos hacer la historia de las peripecias de tales trasformaciones; solo si queremos dejar constancia de su superioridad sobre los sistemas antes en uso y de su aplicación, con indiscutible ventaja, para la pronta comunicación entre las ciudades de la Paz y Oruro. A este fin dedicáremos algunas líneas.

Después de los estudios hechos en Europa sobre el particular, fué en Norte América donde la cuestión encontró poderoso apoyo. En el trascurso de solo seis años se alcanzó á un desarrollo de líneas férreas bajo la acción eléctrica de 6,000 kilómetros, sobre los que traficaban 11,000 coches, de los cuales: 7,000 automotores. El espíritu práctico de los americanos del norte no se desmintió en este caso. En Richmond existe un tranvia eléctrico de 19 Kilómetros de largo, con una gradiente del 3 por ciento.

En cuanto á Enropa, mencionamos las instalaciones siguientes:

1.<sup>a</sup>.—La línea secundaria de Bessbrook á Nevvry, en Inglaterra, de una longitud de 5,000 metros, donde se emplean dos dinamos Edison Hopkinson, con capacidad cada uno de 250 Volts y 60 Ampères y un rendimiento comercial del 90 %.

2.<sup>a</sup>.—La línea secundaria Francfort-Offenbach de 6,000 metros, que fué construida en 1884 por Siemens y Halske,

3.<sup>a</sup>.—La línea Northfleet con un solo motor á serie, de 15 caballos y 400 vueltas por minuto.

4.<sup>a</sup>.—La línea de Budapest, tambien esta de Siemens y Halske, en la cual se obtiene una velocidad de 15 á 18 Km. por ora, y en la que cada coche hace un tráfico diario de 120 á 150 Km.

Estos casos se refieren á la tracción eléctrica con generadores fijos, sea con hilos conductores aéreos, sea con conductores subterráneos.

Este tipo de tracción no lo consideramos el más á propósito para el asunto que nos interesa (La Paz—Oruro). En el caso de los hilos aéreos, el fuerte viento de la altiplanicie en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre produciría continuos deterioros y consiguientes interrupciones; en el otro caso de hilos subterráneos, las fuertes lluvias que inundan las pampas ocasionarían graves inconvenientes para la regular trasmisión eléctrica. A esto debe agregarse la larga distancia que separa

las dos ciudades, aproximadamente de 250 Kilómetros.

El tipo que deberá adoptarse es el de acumuladores, aunque la tracción directa ofrezca un rendimiento económico mucho más considerable.

A este respecto, siguiendo los experimentos de Planté muchos científicos se dedicaron á estudiar las pilas secundarias con electrodos de plomo; y á pesar del defecto á que están subordinadas, cual es su mucho peso, su utilidad para la tracción fué universalmente reconocida, tanto que primero en Francia y despues en Béljica, á Bruselas, bajo los auspicios de Julien y Van Floten, se ejecutaron pruebas con resultados satisfactorios.

El incremento cada vez más creciente de este tipo de tracción, especialmente en los recintos urbanos, es suficiente muestra de su superioridad sobre los precedentes en muchos casos.

Pasemos á examinar el problema referente á la comunicacón entre La Paz y Oruro, que desde hace tiempo se proyecta, ateniéndonos al caso precisado en nuestra solicitud á las Honorables Cámaras, de una oficina central en Oruro.

La línea general sería dividida en secciones de conveniente longitud, á fin de no exagerar el peso de acumuladores llevados por cada tren; y en cada paradero existiría un depósito de pilas secundarias, según las necesidades del tráfico diario.

Coches especiales, portadores de los acumuladores, atenderian cada uno á dos parade-

ros, trasportando del 1°. al 2°. los acumuladores provistos de electricidad y del 2°. al 1°. los que, ya habiendo servido á la tracción, han menester volver á la oficina central para de nuevo ser sometidos á la acción de los dinamos fijos, los cuales, reconstituyendo los compuestos químicos, los dejarían otra vez hábiles para el trabajo.

La manera de cargar y descargar las pilas secundarias de los coches ha sido estudiada y resuelta favorablemente en sus detalles, con resultados que escluyen toda pérdida mayor de tiempo.

Los coches especiales, que se adoptarían para la unión de las varias secciones entre sí, funcionarían con preferencia en las horas que la línea se encuentra libre; y en todo caso con cambios combinados de manera que no se impidiese el libre tráfico de los trenes mixtos. Si fuese necesario, aun podrían funcionar solamente de noche.

Respecto á la gradiente de la línea, se puede asegurar que ella no pasaría del  $1\frac{1}{2}$  % y que además las curvas serían de un radio que no presentarían ningún inconveniente, por las facilidades que presenta el terreno.

Para unir la línea principal del alto con la ciudad de La Paz, facilmente se adoptaría un tren especial eléctrico con motor fijo ó uno de los tantos sistemas para montañas ya conocidos, como Fell, Agudio etc.

Por lo que acabamos de indicar con respecto á la bajada, haremos notar que cerca del Lago de los Cuatro Cantones (Suiza) un

ferrocarril funicular de 936 metros de longitud se mueve al impulso de un dinamo, con un gradiente del 53 por ciento. Una canalización aérea en hilos de cobre, sirve para transmitir una corriente de 20 Amperes de la generadora á la receptora.

Con el propósito de que tengan toda la abundancia de datos precisos, tanto las Honrables Cámaras como en especial la H. Comisión de Industria, para que puedan calcular las ventajas económicas del sistema de tracción propuesto sobre el vapor, nos complacemos en dejar constancia de lo siguiente:

1º.—Según Gadot, que presentó un proyecto de tranvías eléctricos para París, resulta que 5 kilos de peso bruto en acumuladores son suficientes para el arrastre de una tonelada por Kilómetro y que una tonelada de planchas electrodos cuesta francos 1250. Sus cálculos, aun muy bajos, sobre el rendimiento de los dinamos y acumuladores, dan un resultado de francos 0. 507 para la tracción de cada coche por cada Kilómetro. Cada coche llegaba al peso de 7,500 Kilos con una sobre carga de 2,500 kilos en pilas secundarias.

2º.—Van Floten, director de los tranvías eléctricos de Bruselas, en una instalación de doce coches automoviles, con capacidad cada uno de treinta personas, en un trayecto de 100 kilómetros por día, hizo uso de 40 baterías de 120 elementos con 13 kilos, siendo su costo de 1800 francos cada una, proviniendo la fuerza motriz primitiva de dos máquinas de 120 caballos á condensación.

Merced al bajo precio del carbón en esa localidad, su consumo alcanzó apenas á la cifra de francos 0,025 por coche y por kilómetro, cantidad que subió á francos 0,225 inclusive todos los demás gastos de tracción.

Toda la instalación costó francos 315,600.

Actualmente, como ya hemos visto, el carbón de piedra cuesta en Oruro bolivianos 80 la tonelada; y los fletes en general del ferrocarril de Antofagasta á Oruro son de dos centavos de subida y un centavo de bajada por <sup>100</sup> kilos y por kilómetro.

En el caso de una prolongación de la actual línea á La Paz, estos precios aumentarían por la mayor distancia.

Si en cambio se pudiera disponer de la electricidad obtenida á bajo precio y con resultados comerciales tan convenientes como los ya citados, provenientes de datos seguros proporcionados por personas de cuya competencia nadie puede dudar, como son Gadot y Van Floten, se desprende á primera vista que ventajase obtendrían empleando los acumuladores eléctricos, á pesar de tener que hacer uso en nuestro caso de un servicio auxiliar entre las distintas secciones en que hemos supuesto sea dividida la línea general: Oruro—La Paz.

Hasta ahora todos nuestros cálculos han sido hechos sujetándonos al caso menos favorecido, ó sea disponiendo de una sola oficina eléctrica en Oruro, por que no nos hallamos en posesión de los datos necesarios respecto al Lago Titicaca y á la embocadura del Desaguadero. Pero, por el examen

de mapas y perfiles longitudinales respecto al curso del Río, nos parece que en el Departamento de La Paz fácilmente se obtendría también una fuerza hidráulica transformable en fuerza eléctrica. Admitido este caso, la instalación de dos ó más oficinas productoras del elemento necesario simplificaría en mucho el problema de tracción, pues cada tren mixto haría por sí mismo el servicio de los acumuladores para el tráfico.

Finalmente dejaremos constancia en cuanto á la velocidad de los convoyes, que ella puede igualar la obtenida por las máquinas á vapor, pudiéndose alcanzar de 40 á 50 kilómetros por hora, con una gradiente del 1 y  $\frac{1}{2}$  al 2 por ciento.

Los acumuladores también sirven para la movilidad fluvial, y en este caso la navegación del Desaguadero contaría con un elemento hasta ahora no previsto.



## *Conclusion*

La trasmisión de la fuerza eléctrica tomó notable desarrollo desde su principio tanto en Europa como en América, en una proporción tan creciente, que no puede compararse con ninguna otra invención.

Por la sencillez, el buen rendimiento, el medio de evitar los generadores de vapor por sí costosos y por su manutención, y por las demás ventajas ya citadas llegó á obtener plena victoria y á superar cualquiera oposición. Todas las capitales Europeas se apresuraron en aprovechar de tal elemento; y aun ciudades de segundo orden, donde se podía disponer de caídas de agua, las trasformaron en poderosa energía eléctrica.

En Roma, utilizando las caídas del Tivoli, mediante seis turbinas de 330 caballos se mueven los alternadores á 5,000 Volts. Dichas caídas distan de la ciudad cerca de 30 kilómetros y la instalación alimenta 2,500 lámparas de incandescencia y 200 de arco.

La canalización principal consta de cables concéntricos del sistema Siemens y Halske de Berlín.

En Jinebra funcionan cinco turbinas tipo Girard de 200 caballos, de las cuales cada una mueve dos dinamos Thury unidos en serie. La



tensión complexa es de 220 Volts. Los cables son igualmente del tipo Siemens y Halske. La instalación sirve para la luz eléctrica.

En los lugares donde no existe fuerza hidráulica y el carbón puede obtenerse á bajo precio, vista la facilidad á que se presta la energía eléctrica para ser aplicada á varios usos, se utilizaron las calorías de éste para instalaciones eléctricas que, además de la iluminación, sirvieran para grandes establecimientos y pequeños laboratorios. Con tal motivo surgieron en París, Londres, Viena, Roma y Berlín esas colosales sociedades, que tanto contribuyeron al progreso de la ciencia y de la industria.

En Norte América las instalaciones de la compañía Edison con motores Armington y Sims son muy conocidas para que nos ocupemos de ellas por extenso.

En la estación Edison estos motores, en número de 14, representan en conjunto una fuerza de 2,800 caballos; 28 dinamos desarrollan 600 Ampéres y 140 Volts, con una velocidad de 650 vueltas por minuto. La instalación puede servir para 35,000 lámparas de incandescencia de 16 bujías cada una.

En Sud América varias Repúblicas siguieron los pasos de Norte América; y por noticias con respecto al Perú sabemos que ha tomado bastante incremento este nuevo factor de la actividad humana, aun en las industrias privadas. En cuanto á Chile, en el diario "El Ferrocarril" de Santiago del 5 del actual, y con motivo de las instalaciones eléctricas que

últimamente se han llevado á cabo, leemos lo siguiente: "..... Este progreso, como la generalidad de los realizados en el último medio siglo, ha tropezado con resistencias de diverso género y hasta con un sentimiento muy pronunciado de incredulidad ó más bien de poca confianza en los medios disponibles para una transformación tan costosa en la locomoción urbana.

"..... Se trata pues de una gran conquista, no sólo para bienestar y comodidad de la vida urbana, sino para imprimir un impulso poderoso y desconocido hasta ahora á nuestra actividad industrial.

"En efecto, á la locomoción barata, rápida y cómoda en las calles y á la provisión de calor y luz en análoga condición en los hogares, se agrega una fuente inmensa de poder para dar movimiento y vida á los talleres, á las fábricas y demás establecimientos de la industria....."

Como uno de los hechos más recientes de transporte de fuerza eléctrica, mencionaremos el verificado por la Sociedad Electro-química de "Pont Sant Martin" en el Val de Aosta (Italia), la cual, además de la ingente fuerza hidráulica de 3,000 caballos de que ya disponía, solicitó una nueva toma de 10,000, en el Río "Dora Baltea".

Por último y como ejemplo de gran poder, haremos recuerdo de los estudios sobre el Niágara.

Aun no tenemos detalles sobre el resultado de la sección eléctrica en la Exposición



de Paris, pero sin temor de equivocarnos creemos que el problema de que nos ocupamos, y como consecuencia el de los acumuladores, habrá obtenido el mayor éxito y de consiguiendo nuevas victorias en el campo de la ciencia; desde que donde hay escasez de carbón es el eje al rededor del cual debe moverse el porvenir industrial

En Bolivia, en nuestras investigaciones, si hemos encontrado lignita y turba, no hemos podido descubrir el verdadero terreno carbonifero. Y aun así suponiéndolas de buena clase, los inconvenientes para su transporte no permiten usarlas con ventaja.

Como consecuencia puede deducirse que, siendo este país esencialmente mediterráneo, debe buscar la autonomía en sus propias industrias y en sus propias comunicaciones, eliminando en cuanto sea posible el carbón de piedra, que además de su elevado precio tiene el grave inconveniente de necesitar el libre pase por las naciones marítimas limítrofes. El empleo de la fuerza hidráulica trasformada en electricidad simplificaría la solución de tan vital problema.

La República de Bolivia es una de las naciones que posee los mayores Rios conocidos en el mundo. Está por consiguiente obligada á aprovechar de ellos para colocarse á esa altura, que por sus riquezas naturales le corresponde en el desarrollo industrial y comercial Sud Americano; y para aprovecharlos en beneficio propio y en beneficio del progreso general, el empleo de la electricidad se impo-

ne. Este es el porvenir de los pueblos donde predomina el civismo.

Se nos ha objetado que muchos proyectos grandiosos fueron presentados al Supremo Gobierno y que hasta ahora ninguno obtuvo una solución favorable. Lo admitimos; pero las Honorables Cámaras sabrán distinguir la clase de proyectos. Las propuestas ferrocarrileras irrealizables por ahora, otras puramente comerciales á beneficio de pocos especuladores, convenimos que más bien perjudican al prestigio de la Nación, pues que, no llegando al terreno de la práctica, sirven sólo para inspirar desconfianza al capital extranjero.

Lo que nosotros proponemos se funda sobre bases existentes. Los datos que hemos consignado en este Memorial son todos ellos derivados de observaciones personales y de estudios especiales; además de que hemos consultado al respecto publicaciones serias y de indiscutible valor.

Por consiguiente, los resultados son manifiestos y nosotros con toda seguridad, los sometemos á la alta consideración de los Honorables Representantes.

Vista la importancia del argumento, esperamos que él sea tomado en cuenta por la presente Legislatura, á fin de que puedan interesarse cuanto antes tanto los capitalistas, como los constructores que deben proporcionar los aparatos eléctricos é hidráulicos.

Como último y notable detalle, haremos constar de una manera muy particular que actualmente el uso sea en la industria minera ó

en otra cualquiera de 100 caballos vapor, cuesta mediante combustible del país Bs.: 190,000 al año. Admitiendo pues para los capitales que deberán invertirse en la nueva industria que proponemos un interés del 10 % anual y la correspondiente amortización, podrá la Empresa de Fuerza Eléctrica proporcionar los mismos 100 caballos vapor con una rebaja del 30 al 40 % sobre el actual costo. De lo que resulta en elocuentes cifras, que por cada 100 caballos de fuerza que necesitaran los trabajos, la economía entre el vapor y la electricidad sería de: 66,500 Bs. anuales á favor de ésta. Lejos de perjudicar á la minería, nuestro proyecto sería un poderoso apoyo que le aseguraría un porvenir halagüeño.

Además es principio de ley económica que el ahorro en la industria redunde en riqueza del Estado, pues tal ahorro se invierte generalmente para incremento de la industria misma.

La primera instalación vencerá las dudas muy naturales, tratándose de una aplicación nueva; é instalaciones análogas á la que nos proponemos realizar en Oruro, surgirán en otras regiones, aprovechando de tantos caudales de agua que existen, como en el Pilcomayo, en Cachimayo y en otros ríos que felizmente abundan.

Estos son los datos generales que sometemos á las ilustradas Cámaras, seguros que serán tomados en especial consideración.

Si nuestro proyecto merece la benévola

acogida, que su importancia nos hace esperar, no omitiremos esfuerzo alguno, para que cuanto antes sea llevado al terreno de la práctica— quedándonos la satisfacción de haber difundido una idea, que será siempre aprovechable, en bien del progreso de la República de Bolivia.

Oruro, setiembre de 1900.

A. LOMBARD  
Ingeniero.

F. NANETTI.

