



SEGUNDO CONGRESO CIENTIFICO PAN-AMERICANO

INFORMACIONES SOBRE LA SECCION V, SUB-SECCION III, I
SOBRE VARIOS TEMAS I VISITAS DE ESTUDIO RELACIONADOS
CON EL CONGRESO.

POR

A. E. SALAZAR

Profesor de la Universidad de Chile, Miembro de la Delegacion Oficial
Chilena a dicha Asamblea.

(Continuacion)

PARTE III

LOS GRANDES LABORATORIOS DE INVESTIGACION CIENTÍFICA
E INDUSTRIAL

Es hecho jeneralmente reconocido que los grandes labora-
torios de investigacion, del carácter que el título indica, ofi-
cialmente mantenidos por los principales paises del mundo,
han sido factores importantísimos en su desenvolvimiento
industrial i comercial. Aunque datan relativamente de pocos
años han probado ya de sobra su valor.

Así Francia tiene: el Bureau International des Poids et Mesures, el Laboratorio d'Essais i la Ecole des Arts et Metiers, cuyas respectivas funciones, en órden al mantenimiento de medidas precisas i a la adopcion de los mejores métodos de ensayes en todo el dominio de las aplicaciones técnicas, son suficientemente conocidas en Chile.

Gran Bretaña, por su parte: ciertos departamentos del Board of Trade, que tiene a su cargo la inspeccion de pesos i otras medidas, la reglamentacion de servicios eléctricos, etc.; el National Physical Laboratory, sito en Teddington, cerca de Lóndres, cuyas funciones incluyen los asuntos concernientes a los patrones de medidas científicas o técnicas, a las constantes físicas i, hasta cierto punto, a las propiedades de los materiales.

Alemania mantiene tres de estas instituciones: la célebre Physikalische-Technische Reichanstalt, que abarca variados campos de pruebas e investigaciones, entre otros el relativo a patrones o prototipos científicos o técnicos que no sean los llamados de pesos i medidas; la Normal-Eichungs Kommission, dotada de edificios, personal i aparatos necesarios para la fiscalizacion de pesos i otras medidas del comercio; i la Materialprüfungsamt, gran institucion mantenida por el Gobierno prusiano con el objeto de investigar i comprobar todo lo relativo a materiales de construccion, de ingeniería i otros. Alemania fué el primer pais en apreciar el enorme valor económico de la investigacion industrial organizada i grande ha sido el resultado de su prevision. Los Estados Unidos, finalmente, tienen el Bureau of Standards, que reune las funciones de todos los establecimientos ya enumerados i aun otras.

La importancia de mantener oficialmente instituciones científicas encargadas de la vijilancia, la determinacion i la aplicacion de métodos exactos en todo lo concerniente a medidas i pruebas técnicas o industriales, ha sido reconocida desde mucho tiempo por las naciones mas adelantadas.

Toca ahora a los paises que empiezan, técnica e indus-

trialmente hablando, mui particularmente a Chile, por la naturaleza esencialmente industrial que caracterizará su desarrollo futuro, dar los primeros pasos en la misma senda.

Aumenta esta importancia para nuestro país, ante el hecho de que el Director del Bureau of Standards, de Wáshington, vendrá probablemente a fines del presente año, en mision oficial, a las mas adelantadas Repúblicas de Sud América. Propósito de este viaje es obtener que se funden en las capitales respectivas sendos laboratorios con funciones análogas a las que indicadas quedan, pero naturalmente, proporcionadas a los recursos i necesidades presentes de estas Repúblicas. Nació esta idea al calor de discusiones privadas durante el Congreso Científico de Wáshington, de que trae su oríjen la presente publicacion.

Relacionada con esta iniciativa de la primera institucion de su jénero en el mundo, pro acercamiento científico de mútua conveniencia con esta parte del continente, se halla esta otra, tomada tambien con ocasion del intercambio de ideas de que hablé al principio i a que dió lugar el Congreso de Wáshington.

El Instituto Norteamericano de Injenieros Electricistas ha encabezado la organizacion de un comité asociado de injeniería compuesto de cinco miembros de la anterior i cinco de cada una de las siguientes sociedades: la Sociedad Norteamericana de Injenieros Civiles, el Instituto Norteamericano de Injenieros de Minas i la Sociedad Norteamericana de Injenieros Mecánicos. Este Comité se denominará Comité Panamericano, i tratará de un modo jeneral de los asuntos de injeniería que puedan interesar a todos los países de América.

A mas del Bureau of Standards, las instituciones científicas destinadas al mismo objeto pero de carácter particular que visité, con determinados fines de estudio aplicables al Laboratorio de Electrotecnia i Física Industrial de la Universidad de Chile, fueron: The electrical testing laboratories, de Nueva York; los de la Western Electric Company, en la mis-

ma ciudad; i con particular provecho i satisfaccion, el Research Laboratory de la jeneral Electric Company, en Schenectady.

1. *Bureau of Standards*

En la sesion del juéves 30 de diciembre, el doctor S. W. Stratton, director del Bureau of Standards, o de la que en nuestra lengua podríamos llamar Oficina de Medidas, leyó, acompañándola con proyecciones luminosas, una de las mas interesantes memorias presentadas al Segundo Congreso Científico Americano.

Numerosas como son e importantes en jeneral las instituciones científicas de la gran República, sin duda que ninguna ofrece al visitante extranjero, sea profesional, sea dado por aficion a las ciencias físicas, mayor suma de atracciones que el conjunto de laboratorios, talleres, oficinas de publicaciones, etc., que forman el Bureau of Standards. Esta institucion depende del Ministerio de Comercio i fué fundada en 1901.

La direccion de ella habia tomado disposiciones especiales para recibir a los delegados de ingeniería de las repúblicas del sur, en forma que pudieran sacar el mayor provecho de su visita a Pienco's Mill Road, en los afueras de la ciudad, donde se encuentra el Bureau.

Se ha visto por esperiencia que el rendimiento o eficacia de los empleados, especialmente de los encargados de pruebas o de investigaciones científicas, aumenta considerablemente con la ubicacion de los laboratorios en un distrito libre de las perturbaciones ordinarias de la vida de ciudad. Esto por lo que a ubicacion se refiere. Cuanto a las funciones propias i a la organizacion del Bureau of Standards, se pueden resumir en los siguientes datos, cuya obligada restriccion no debe tomarse como signo de la magnitud e importancia de la institucion.

El Gobierno de la Union mantiene esta oficina con el objeto primordial de que haya una autoridad que fije oficialmente

los patrones o normas: 1.º de *medidas*, en la acepción física jeneral de esta palabra; 2.º de *calidad*, respecto de materiales; 3.º de *funcionamiento*, cuanto a aparatos i máquinas; 4.º de *práctica* o procedimientos, en lo que se refiere a codificación i ordenanzas o reglamentos sobre servicios de utilidad pública que deban sujetarse a principios científicos determinados. Además, debe trabajar constantemente en la determinación tan precisa como sea posible de ciertas relaciones fijas existentes entre las cantidades físicas i usualmente llamadas «constantes físicas», tarea esta última impuesta por la grande importancia que científica, industrial i comercialmente tiene el conocimiento exacto de ellas.

Tocante a las cuatro primeras atribuciones de la oficina, cualquiera se da cuenta de que corresponden a una necesidad real; mas tocante al punto de las constantes físicas parece a primera vista fuera de lugar ocuparse de ellas, bien sea por falta de utilidad práctica, bien porque todo refinamiento al respecto tiene mas de académico que de otra cosa. No hai tal, sin embargo, i viene al caso un ejemplo, tomado de la última Memoria presentada por el Dr. Stratton, sobre el valor de esta faz de las funciones de un establecimiento como el Bureau of Standards: el año pasado (1915) tuvo esta oficina, a pedido de una de las compañías de ferrocarriles de los Estados Unidos, que determinar el coeficiente de dilatación cúbica de una muestra de aceite mineral combustible, con el objeto de averiguar si el factor correctivo de temperatura debiera tomarse como 0.0007 o como 0.0009 por grado centígrado. Espuso la compañía aludida que esta diferencia tan pequeña le significaba una ganancia o una pérdida de 2,000 a 3,000 barriles mensuales de aceite en un solo contrato.

La oficina nacional de medidas de los Estados Unidos sirve ante todo como oficina jeneral de pruebas para todos los Ministerios (departamentos) de ese país. Muchos de sus laboratorios están sin descanso empeñados en el diseño, la construcción i la especificación de gran variedad de aparatos que,

ya en un caso ya en otro, tienen que sujetarse a los principios de la mecánica, la termodinámica, la óptica i la electricidad, para su eficaz funcionamiento; sin hablar de la química que directa e indirectamente entra siempre en las investigaciones de esa índole.

Constantemente el Bureau es consultado por los Ministerios de Guerra, Marina, Correos, Agricultura, Higiene Pública i otros departamentos de la administracion; por otra parte, las obras de ingeniería i otros trabajos públicos de los mas variados que en todo tiempo ejecuta el Gobierno, reclaman dia a dia sus servicios.

Entre otros resultados de labor sistemática se reconoce el de haber servido ella para colocar todas las compras del Gobierno sobre una base económica i comercial, dificultando los enjuagues.

En las líneas que preceden quedan diseñadas las relaciones de la obra del Bureau of Standards con los servicios del Gobierno.

Como regla, se comunican al público los resultados obtenidos en los trabajos oficiales i los llevados a cabo como investigaciones de iniciativa propia de la oficina en cualquiera de sus numerosas secciones. Estos datos se publican en boletines periódicos, a fin de que otras instituciones, como ser las escuelas técnicas, lo mismo que los particulares, puedan beneficiarse con informaciones a veces de gran valía, que en muchos casos es imposible o mui difícil conseguir con el mero esfuerzo privado. Solo las grandes Universidades pueden parangonarse a ese respecto con el Bureau. Los otros grandes laboratorios de empresas industriales como, por ejemplo, la Jeneral Electric Company i la Western Electric Company, miran las cosas desde el punto de vista comercial i no puede ser de otro modo; así que difícilmente trascienden al público las novedades o mejoras que descubran.

Aunque, segun queda dicho, la funcion primordial del Bureau of Standards es servir a las necesidades del Gobierno, tambien esa oficina sirve directamente a las Municipalidades

i al público, atendiendo consultas i realizando pruebas, ensayos i averiguaciones del mas variado carácter. El personal de sabios, los recursos de todo jénero i las atribuciones tan amplias del Bureau en el dominio de las investigaciones científicas de utilidad jeneral, le permiten averiguarlo todo, determinarlo todo, desde la comprobacion de una medida del comercio hasta la deduccion de una regla simple i definida para estimar la precision de las constantes de las ecuaciones empíricas lineales; desde el ensaye de una materia prima hasta el estudio de métodos de medir la turbiedad de los fluidos espinales o la radiacion calorífica de una estrella de sétima magnitud, etc.

El Laboratorio de Electrotecnia i Física Industrial de la Universidad de Chile, con hallarse a tanta distancia de la institucion que nos ocupa, saca provecho de sus relaciones con ella. Desde luego, recibe la magnífica serie de los Boletines publicados en Wáshington, verdadera mina de preciosas informaciones científicas e industriales, constantemente utilizadas en las clases de física aplicada i el curso de electricistas. Ha utilizado tambien sus servicios haciendo verificar en la division de fotometría de su departamento óptico, el valor luminoso de las lámparas tipos, suministradas por los Electrical Testing Laboratories de Nueva York, que sirvieron de base al estudio de exhibicion comparada de los modernos sistemas de alumbrado, llevado a cabo en Agosto de 1915, en nuestra Universidad. Por último, ha obsequiado al Laboratorio de Electrotecnia dos pilas Weston normales, con documentacion completa sobre sus cónstantes, que fueron llevadas por el propio Dr. Wolf, uno de los jefes del Bureau, al New Willard, en Wáshington, donde se hospedaba la Delegacion chilena.

Se trata de una clase de patrones de medidas que no pueden mandarse por correo ni en otra forma, sino que hai que trasportar personalmente.

Una donacion análoga habia sido hecha años atras i con las mismas precauciones por e National Physical Laborato-

ry de Gran Bretaña, de suerte que nuestro principal laboratorio de electricidad tiene asegurada la exactitud de sus medidas con las donaciones antedichas, especialmente la del Bureau of Standards.

2. Laboratorios de Pruebas eléctricas de Nueva York

En una de las primeras sesiones de la sub-Sección III de la Sección V, presentó un trabajo sobre estos interesantes laboratorios su Director técnico, el Dr. Clayton H. Sharp, autoridad en fotometría e ingeniería de la iluminación.

La circunstancia de haberse realizado meses atrás en laboratorios de electrotecnia un largo estudio experimental sobre esta doble materia, me movió a entrar en relaciones con el Dr. Sharp. Consistió dicho estudio en la cuidadosa determinación comparada de la intensidad luminosa de los focos de alumbrado eléctrico público de Santiago i de las modernas lámparas eléctricas, así de arco como de filamento metálico. Se confrontaron en seguida los resultados, no ya fotométricamente, sino en una exhibición pública, realizada en el gran Hall Universitario, a fines de agosto de 1915.

Era ésta una excelente oportunidad para poder comparar los métodos que en la ocasión indicada se habían seguido en Chile con los normalmente puestos en práctica en el laboratorio que mas pruebas de lámparas tiene constantemente que realizar por encargo de corporaciones municipales, fabricantes, inventores i el público en jeneral.

Los Electrical Testing Laboratories, de Nueva York, ocupan un gran edificio sólidamente construido en la esquina que forma la calle octojésima con la East End Avenue.

La maquinaria i los aparatos pesados, los laboratorios de mecánica i de alta tensión, están instalados en el sótano. En el piso medio se encuentran las diversas secciones del laboratorio fotométrico, objeto principal de mi visita. Allí se hacen los ensayos de toda suerte de lámparas, incluso las de

gas u otros focos luminosos ménos conocidos, ademias de las pantallas i los reflectores.

En el piso superior están el laboratorio eléctrico principal, el laboratorio químico i las oficinas.

Todas estas instituciones de ciencias organizada i aplicada tienen sus características. Ya conocemos las del Bureau of Standards, que se resúmen en que sus funciones abarcan por una parte todo el campo de las investigaciones físicas. pro adelanto científico e industrial del país; i, por otra parte. concurren en asegurar el fiel mantenimiento de los patrones de medidas i la realizacion de pruebas para el Gobierno i el público en jeneral.

Las características de los Electrical Testing Laboratories, organizacion que tuvo su oríjen en las primeras compañías Edison formadas en los Estados Unidos, se refieren a un jénero de actividad mas restrinjida, pero igualmente intensa i digna de admiracion por la precision científica revelada en ella. El carácter de los servicios ofrecidos por la institucion que nos ocupa, puede inferirse de la triple division de ellos que a continuacion se espresa:

1.º Pruebas e investigaciones en los propios laboratorios respecto de aparatos i materiales presentados por los clientes.

2.º Aceptacion de ensayes realizables afuera o en los laboratorios sobre aparatos i materiales, a fin de determinar si cumplen con las especificaciones de los clientes.

3.º Pruebas de instalaciones o servicios industriales ántes de inaugurarse o ya en marcha.

Como se trata de una entidad comercial, su negocio es hacer pruebas e inspecciones, en forma eficaz, con rapidéz i a precios razonables. Tarea es esta que la compañía sabe realizar, por cuanto posee no solamente los elementos materiales necesarios i un personal técnico de primer órden, sino tambien considerable esperiencia en el jénero de trabajos señalados.

Representa una organizacion que se esmera en mantenerse

al día cuanto atañe a los progresos de la ciencia i mui en particular de la electricidad.

Los laboratorios no aceptan trabajo de consulta. Sus informes presentan tan solo resultados experimentales; no expresan opinion sobre aparatos o materiales ensayados, i se consideran propiedad del cliente. A menudo se solicitan los servicios de los laboratorios en conexion con litijios o arreglos de disputas. En tales ocasiones la compañía no procede como partidario sino que busca el esclarecimiento de los hechos. Durante mi visita fui informado que se estaba a punto de resolver una de estas diferencias, por cierto sin la menor indicacion de a cuál de las dos partes iba a favorecer el resultado de la investigacion llevada a cabo. Era el caso que el inmenso tránsito de pasajeros de Nueva York, al caer la tarde sobre todo, había obligado a la Empresa de los Ferrocarriles elevados a poner una nueva via para trenes espresos en una de las avenidas de Manhattan. De ahí segun decian disminucion de la luz diurna para la inacabable fila de almacenes i negocios situados en el lado de la avenida favorecida con esta mejora en el «rapid transit».

Demanda colectiva contra el «elevated», mas ¿cómo averiguar primero si habia disminucion apreciable i despues de qué magnitud era el perjuicio irrogado, sin duda para reducirlo a dólares, segun es uso i costumbres, mas que en parte alguna en Norte América?

Los laboratorios fueron encargados de dilucidar el punto que parece sustraerse a los métodos fotométricos en uso. Tras varios meses de estudio, plazo indispensable para el gran número de medidas de iluminacion que era indispensable practicar, los especialistas del laboratorio respectivo llegaron a conclusiones suficientemente precisas, que fueron trasmitidas a los Tribunales.

Como despues de 16 años de servicios los Electrical Testing Laboratories, de que son directores los Presidentes de las principales empresas de alumbrado eléctrico de los Estados Unidos, se han labrado merecida reputacion de integridad i

exactitud, no cabe duda que en la antedicha singular con-
tienda su informe será reconocido como autorizado e im-
parcial.

Cuando quiera que esta útil institucion figure como inter-
mediario entre partes contratantes o en disputa, su línea de
conducta es hacer justicia i promover armonía; por lo tanto,
al presentar los resultados de sus pruebas procura evitar to-
da aspereza i discordia.

Desde el establecimiento de los Laboratorios, su obra ha
venido gradualmente ensanchándose de suerte que ahora se
incluyen en ella muchísimas pruebas o investigaciones que
no son puramente eléctricas, si bien directa o indirectamente
tienen que ver con la industria o la ingeniería eléctrica.

Reconociendo claramente la importancia del trabajo ince-
sante en pruebas e investigaciones, las grandes compañías
manufactureras mantienen laboratorios privados; lo mismo
hacen las grandes empresas distribuidoras de energía, i en
uno i otro caso el trabajo de pruebas i determinaciones for-
ma parte de la rutina de operaciones. Los Electrical Testing
Laboratories ofrecen a esas compañías i empresas un servicio
de pruebas que es complementario del que pueden realizar
en los propios establecimientos.

Un papel mui simpático de la gran institucion de que ha-
blamos es el de la ayuda prestada, mediante retribucion
razonable, a los pequeños fabricantes i a los inventores o
investigadores sin suficientes medios para llevar a cabo debi-
damente sus trabajos. A este fin para el inventor o investi-
gador que desea trabajar, secretamente se han arreglado
nueve laboratorios privados en donde el que lo desee puede
realizar sus experimentos con entera reserva, pero disponien-
do de los recursos de los Laboratorios. Cada uno de estos la-
boratorios privados tienen una superficie de 12 metros cuadra-
dos i están provistos de mesas, aire comprimido, gas, agua i
circuito eléctricos, continuos i alternos i esto para corrientes
de diversas frecuencias. Tambien hai hornos eléctricos en dos
de estos laboratorios privados. Entre los trabajos efectuados

por particulares habia un nuevo método de estraccion de nitrógeno.

Otro nuevo servicio que prestan estos laboratorios de pruebas o investigacion científica i técnica, i en el cual acaba de entrar tambien el Bureau of Standards, es el de otorgar certificados respecto de la calidad de mercaderías norteamericanas compradas para paises extranjeros. El comprador extranjero se encuentra en situacion difícil al tener que hacer su eleccion, conformándose únicamente a la descripcion escrita u oral de los artículos que necesita esportar, o bien al tener que escribir sus especificaciones sin definido conocimiento de las características de los materiales o aparatos que el mercado pueda ofrecerle. No solo los compradores sino que los industriales o las casas esportadoras están urjiendo al Bureau o a instituciones como los Electrical Testing Laboratories para que otorguen certificados de la índole espresada. Los fabricantes norteamericanos, en los actuales momentos de la guerra europea, mas que nunca encuentran propicia la situacion para competir en buena lid con los fabricantes de ultramar; así que la posesion de certificados oficiales o de autoridad reconocida que garanticen sus productos, les es de sumo provecho a su intento. Por esto la esfera de accion de los Electrical Testing Laboratories se estiende mas allá de los límites de los Estados Unidos. Compradores extranjeros de Europa, Centro i Sud América, el Oriente i todas partes del Imperio Británico, aprovechan los servicios que se han indicado.

Los Laboratorios mantienen correspondencia no solamente en ingles sino tambien, si se desea, en frances, aleman, castellano e italiano. Durante la última década se han comprado, con sucesion a certificados de pruebas de los Laboratorios, en torno a 50 millones de dólares, tan solo por lo que toca a aparatos i otros suministros eléctricos. Resta agregar que la accion de los Laboratorios no se limita únicamente a calificacion de buena calidad sino que se estiende a la vijilancia del importantísimo punto del empacado de las mercaderías para

el embarque. También es este un detalle técnico, i bien sabemos en Chile que por ese lado los fabricantes i esportadores de Estados Unidos han dejado gradualmente que desear.

Las pruebas eléctricas propiamente dichas se resúmen en los siguientes grupos: 1. Pruebas de medidores. 2. Pruebas de trasformadores de corriente i voltaje. 3. Pruebas magnéticas de fierro i acero. 4. Pruebas de baterías primarias i secundarias. 5. Pruebas de materiales aisladores. 6. Pruebas de aisladores para líneas de trasmision. 7. Pruebas de alambres i cables. 8. Pruebas de motores, jeneradores, trasformadores, etc.

Todos estos trabajos relativos a medidas eléctricas se hacen en los Laboratorios, situados en Nueva York, pero tambien pueden hacerse en cualquier parte de los Estados Unidos cuando ello es necesario. Además, la Compañía mantiene oficinas de pruebas en ocho diferentes fábricas de lámparas de candencia, 3 en New Jersey, 1 en Nueva York, 2 en Massachusetts, 1 en Indiana i 1 en Ohio.

Pero el laboratorio mas importante del conjunto de ellos que da nombre a la sociedad es, indudablemente, el de fotometría. Sus diversos departamentos son: 1. Patrones fotométricos o de intensidad luminosa. 2. Pruebas fotométricas de lámparas de candencia usuales. 3. Pruebas de duracion de las mismas lámparas. 4. Pruebas de focos poderosos (arco o candencia). 5. Pruebas de globos i reflectores. 6. Pruebas de lámparas de gas u otros sistemas no eléctricos i de sus accesorios. 7. Pruebas de iluminacion i medidas fotométricas especiales.

El punto de especial interes en el departamento 1, era el relativo a las lámparas tipos, por ser de esa procedencia las empleadas en la investigacion fotométrica i de iluminacion, realizada en el laboratorio de electrotecnia de la Universidad de Chile el año pasado. Pude comprobar que la preparacion de ella durante largo tiempo, para darle fijeza de intensidad luminosa bajo un voltaje determinado, lo mismo que su calibracion en términos de los prototipos de laboratorio (por

ejemplo, la lámpara de pentano), se hacia con rigor científico, bajo la direccion de un personal competente. Confirmacion de lo dicho es que las lámparas aludidas para nuestro laboratorio, ántes de ser enviadas a Chile por el encargado de adquirirlas en Estados Unidos, fueron mandadas para una determinacion independiente al Bureau of Standards.

Los certificados respectivos obtenidos de esta institucion concuerdan exactamente con los de los Electrical Testing Laboratories.

Con referencia al departamento 2, paréceme útil consignar los siguientes datos:

El principal trabajo de los Laboratorios ha sido, desde su orijen, en 1896, la prueba de lámparas. Cerca de 20 millones de lámparas se compran al año en Estados Unidos, con sucesion a los certificados de los Laboratorios, lo que representa para éstos una actividad considerable, sin hablar del mucho trabajo de la misma clase hecho para los fabricantes. Todos los grandes fabricantes norte-americanos de lámparas de candencia i los importadores i esportadores del mismo artículo hacen uso regularmente de las pruebas de los Laboratories.

La mayor parte de las compañías de estaciones centrales i algunas de las compañías de ferrocarriles i de tranvías hacen sus compras regularmente ateniéndose a los ensayos de esa misma institucion.

Es mui improbable, por lo tanto, que salgan de los Estados Unidos para Chile lámparas de candencia sin que los fabricantes esportadores o compradores del caso no sepan a qué atenerse cuanto a consumo específico i duracion de esas lámparas en réjimen normal. Sin embargo, el año pasado se vendieron en Santiago lámparas procedentes de aquel pais, como intensivas o de «medio watt» por bujía, cuando en realidad eran de las corrientes o en torno a 1 watt por bujía, segun concluyente determinacion fotométrica efectuada en el laboratorio de electrotecnia de la Universidad de Chile.

Los importadores de esas lámparas procedian de buena fe,

mas se habian evitado el incurrir en equivocacion con las dificultades consiguientes, si exijiesen de los fabricantes en los Estados Unidos, certificado de prueba de una institucion de reconocida autoridad en la materia, como, por ejemplo, los Electrical Testing Laboratories de Nueva York. Hai que advertir que existen especificaciones precisas sobre los requisitos que debe llenar una buena lámpara de candencia, sea de las usuales con filamento, con filamento en vacío, sea de las intensivas con atmósfera de nitrógeno puro o con argon. Las establecidas por el Gobierno norteamericano podrian aceptarse como base.

La prueba relativa a la duracion o vida de las lámparas i que se hace en la seccion 3 de la lista de mas atras, es importantísima.

De poco sirve si una lámpara de candencia es económica, cuanto a rendimiento luminoso, si esto se obtiene a espensas de la duracion, es decir, si no dura en torno a mil horas sin romperse o sin que su luminosidad baje de algo así como el 80 %, respecto de su condicion inicial. Este es un jénero de prueba difícil de realizar cuando se trata de gran número de lámparas en un laboratorio que no cuenta con elementos completos para el caso i con un personal idóneo, tanto por lo que atañe a las medidas técnicas como al rejistro estadístico minucioso sobre la marcha de los resultados.

Vimos miles de lámparas en ensayo, suspendidas en bastidores especiales. Allí las lámparas se mantienen encendidas a exactos voltajes, segun determinaciones fotométricas preliminares. A intervalos son sacadas de su montaje i fotometreadas. Automáticamente queda rejistrado el tiempo exacto que permanecen encendidas. Las medidas eléctricas se hacen con potenciómetros. Las fotométricas, con aparatos de precision, como el Lummer-Brodhun, fuera de otros apatos mas industriales i rápidos, pero suficientemente precisos. Por supuesto que tratándose de una partida de lámparas, máxime si mui grande, no se ensayan todas sino que se toma de un 2 % a 5 %, convenientemente elejido.

En la seccion 4 se hacen las pruebas de las lámparas de arco, las grandes lámparas de incandescente para el alumbrado de las calles u otros usos i, en jeneral, de los focos eléctricos poderosos.

Esos ensayos son necesarios principalmente por tres razones: primero para determinar los relativos méritos de diferentes tipos; segundo, porque los datos fotométricos sobre estas lámparas son indispensables a fin de que la iluminacion por ellas producida sea fácil de computar; i, tercero, a fin de poder incluir en los contratos de alumbrado público, etc., un informe autorizado respecto a poder luminoso, su caida en funcion del tiempo i otras circunstancias relativas a los sistemas de alumbrado ofrecidos por una compañía.

Aparentemente la prueba mas significativa de los focos enumerados seria la que da el valor del total flujo luminoso o de la intensidad esférica media de éste. Esto se obtiene en la seccion indicada, por medio de esferas integradoras, de las cuales la mas grande que vimos en el local visitado tenia 2 metros de diámetro. Tambien habia un fotómetro integrador de Matthews, destinado al mismo uso. Mas, preciso es decir que en la práctica, particularmente respecto del alumbrado público, no son el total flujo luminoso ni la intensidad esférica media los datos mas útiles, sino el de la intensidad hemisférica media inferior, o el de la intensidad dentro del ángulo de mas conveniente aprovechamiento. Con arreglo a este criterio, las determinaciones hechas en Santiago con focos de alumbrado público, lámparas de arco anticuadas, se refirieron a la direccion de 40° bajo plano horizontal. Como se conoce mui bien el coeficiente de reduccion para lámparas de ese tipo, fácil fué calcular tambien con suficiente aproximacion el valor de la dicha hemisférica media inferior. La verdad es que ni respecto de lámparas de arco ni de candencia ni de ningun otro sistema hai consenso sobre la manera de estimar o medir el poder luminoso de los focos. Los electrotécnicos alemanes han estado ocupándose de esta materia, aun durante la guerra, solo que sin llegar a

acuerdo definitivo. Terminada esa contienda, es muy probable se llegue a un acuerdo internacional sobre el mejor sistema que debe adoptarse, estableciendo al instante reglas claras i precisas, que regularice una situacion que tan fecunda ha sido en pleitos en todo el mundo, principalmente entre municipalidades i compañías de alumbrado.

En la seccion de las lámparas de arco se hacen tambien las pruebas de los electrodos de carbon, lo mismo que de los globos opalinos destinados a la difusion de la luz, determinando el por ciento de absorcion de los diferentes vidrios.

La prueba de globos, pantallas i reflectores ocupan la seccion 5. Hasta hace pocos años el diseño i uso de estos accesorios de los focos luminosos se hacian sin referencia a base científica alguna. Los fabricantes producian cosas que a su juicio parecian buenas i el público las compraba i las usaba segun el gusto o el capricho de cada cual. El desenvolvimiento de la ingeniería de la iluminacion ha traído consigo exigencias ántes ignoradas respecto a la construccion i las pruebas de los accesorios aludidos. De ahí el constante aumento en los ensayos del globo, pantallas i reflectores. El objeto principal de estos accesorios es distribuir convenientemente la luz, arrojándola en la direccion mas ventajosa o difundiendo en forma a obtener la iluminacion mas agradable i eficaz. Se han construido en los Laboratorios fotométricos de modelo especial destinados a ese propósito. A favor de ellos es obtener curvas de distribucion de las intensidades en un plano vertical, que pasa por el foco.

La comparacion de la curva de la lámpara sola con la de la lámpara provista de su respectivo accesorio, pongamos por caso, muestra el efecto del respectivo accesorio sobre la distribucion de la luz en las direcciones útiles. La tabla que acompaña a la curva que se entrega al cliente que manda hacer un ensayo de esta naturaleza de los poderes luminosos correspondientes a diferentes ángulos, como tambien indica el flujo que pasa al traves de varias zonas de una esfera imaginaria que rodea a

la lámpara. De esta suerte se puede determinar la cantidad de luz perdida a causa del accesorio, comparando el flujo total en lúmenes emitido por la lámpara usada sola con el flujo total de lúmenes obtenido despues de aplicar la pantalla, globo o lo que fuere.

En conexion con este asunto, debo dejar constancia de que en los Estados Unidos gana mas i mas terreno el alumbrado indirecto, es decir el mucho mas agradable que se obtiene, eso sí sacrificando intensidad luminosa, por difusion de la luz, reflejándola sobre el cielo de los aposentos, por pantallas opacas o semi transparentes del lado del observador, i desde ahí en todo sentido, a semejanza de lo que ocurre con la luz diurna. El Dr. Sharp i el sub-director de los Laboratorios, el ingeniero electricista Prestons Millar, han sido infatigables como miembros de la Sociedad de Ingeniería de la Iluminacion, establecida en Nueva York, en sus esfuerzos por estender este sistema racional de alumbrado de interiores.

En la seccion 6, destinada a las pruebas de las lámparas de gas i sus accesorios en lo relativo a la iluminacion, tambien hai mucho que aprender en una visita a los Laboratorios. El magnífico material fotométrico de éstos los coloca en excelente posicion para llevar a cabo dichas pruebas.

En todas ellas se aplican los mas modernos métodos fotométricos, algunos de los cuales no han sido hasta aquí utilizados en los estudios referentes al gas.

Las determinaciones de poder luminoso, distribucion del mismo, flujo total luminoso, rendimiento, duracion de mecheros, etc., se hacen empleando el gas usual distribuuido en Nueva York. En las pruebas de duracion de camisas o mecheros, mantiénnense éstos incandescentes dia i noche bajo presion uniforme de gas, i el consumo exacto lo indican medidores de precision. El poder luminoso i las curvas de precision se determinan con fotómetros portátiles, sin necesidad de sacar los quemadores de su soporte, en la fila respectiva. El poder calorífico del gas se mide con un calorímetro de Jun-

kers, de modo que el interesado sabe con qué calidad de gas se obtiene tantas o cuantas bujías en la clase de quemador ensayado. Una prueba complementaria muy interesante que se hace cuando lo piden, es la de las «umbrografías» de los mecheros, obtenidas fotográficamente a intervalos regulares, mientras dura el ensayo de duración. De esas fotografías sácense deducciones muy importantes sobre las causas de decadencia de la luminosidad o de la falta de los mecheros sometidos a prueba.

Igual carácter de precisión científica tienen todas las determinaciones referentes a otras fases de la misma industria, como ser los ensayos de motores, calentadores y hornos de gas. Para las pruebas de los poderosos focos de gas de alta presión, destinados especialmente para el alumbrado público, en competencia con la luz eléctrica, se ha arreglado una especie de laboratorio al aire libre, en el techo del edificio, a fin de colocarse en las condiciones de la práctica, cuanto a efecto del tiempo sobre esos quemadores especiales.

Finalmente, en la sección que hemos designado bajo el número 7 se realizan (o se dirigen si se trata de puntos fuera del edificio de los Laboratorios) las pruebas o medidas de iluminación. Para esto se emplean unas variantes del fotómetro, llamadas «iluminómetros».

Esta actividad se extiende a lo siguiente: medir los resultados de reemplazar un sistema anticuado de iluminación por uno nuevo; determinar los defectos de una instalación existente; medir la iluminación de las calles; averiguar si un alumbrado cumple con ciertos requisitos, desde el punto de vista higiénico o de la seguridad de los locales; examinar la iluminación diurna, cuanto a las exigencias especiales de oficinas, tiendas, escuelas, etc., y estimar el perjuicio resultante de la disminución de la luz del día por obstrucciones de cualquier naturaleza.

La misma sección tiene a su cargo medidas y determinaciones fotométricas u otras relativas a focos o sistemas espe-

ciales de alumbrado, como ser el de acetileno, de parafina, de alcohol, etc., a proyectores, luces coloreadas, etc.

Al terminar esta lijera reseña sobre la naturaleza de los trabajos del departamento principal de los Electrical Testing Laboratories, quiero hacer mencion de la tendencia actual en la ingeniería de la iluminacion a sustituir la designacion del poder de intensidad luminosa en bujías con el poder del flujo total en lúmenes. Ya sabemos cuánta discordia resulta en la práctica, con el primer sistema, por el hecho de que la intensidad puede ser la esférica media, la hemisférica media (superior o inferior, todavía), la máxima absoluta, la máxima bajo el ángulo mas favorable, etc.

Son tan diversas las lámparas, tan diversas las condiciones de alumbrado, que no es posible reducir a una sola de las especificaciones anteriores lo que real i verdaderamente vale un foco luminoso.

Si bien es cierto que una u otra de ellas puede tomarse como índice de referencia para caso determinado, no lo es ménos que en otro puede resultar del todo insuficiente o inadecuada. Por ejemplo, la intensidad media horizontal, aplicada a la lámpara candente de tipo normal es excelente índice de referencia, mas de que sirve, por ejemplo, referida a la lámpara de arco, de cualquier tipo, desprovisto de difusor.

Por eso en informe (1915) del comité sobre nomenclatura i patrones de la Sociedad de Ingeniería de Iluminacion, segun datos que obtuve del doctor Sharp, se establece que los focos luminosos deben estimarse preferiblemente sobre la base de su flujo en lúmenes i no de su intensidad en bujías. (Una bujía esférica media emite 12.57 lúmenes). Pero flujo luminoso es enerjía, i esto conforme lo que desde años atras he venido recomendando a la Municipalidad de Santiago, sobre la superioridad de fijar el contrato de alumbrado público eléctrico sobre la base de enerjía, determinada por el amperaje i el voltaje de los focos, i nó la del poder luminoso en velas.

3. *Laboratorio de la Western Electric Company*

La Western Electric Company, que tiene su asiento i principales fábricas en Chicago, es la Compañía mas grande del mundo como distribuidora de material eléctrico, ya que no como constructora de la maquinaria que constituye la gruesa industria eléctrica, campo en que reinan supremas dos compañías norteamericanas, la Jeneral Electric i la Westinghouse, i dos europeas, la A. E. G. i la Siemens-Schuckert. En la manufactura de artículos telegráficos i telefónicos e infinidad de otros industriales i domésticos relacionados con los servicios de distribución de energía eléctrica, sí que sobresale como la organizacion mas poderosa que en ese carácter existe. Baste el dato de haber fabricado 8,500,000 teléfonos Bell i a mas sus accesorios.

El laboratorio principal de esta compañía no ha sido instalado en Chicago sino en Nueva York (463 West St.) Nueva York es el centro mas grande de esportacion e importacion de los Estados Unidos i para el propósito de comercio extranjero es un punto estratéjico, el mas conveniente que pudiera elejirse respecto a la prueba i revision técnica tanto de los artículos manufacturados como de la materia prima procedente de otros países i que en tan colosal cantidad consumo una empresa como la Western Electric.

Antes de la investigacion colectiva de que me ocupo mas adelante recibí, hallándome en Nueva York, de la Western Electric una invitacion personal para visitar sus laboratorios en West Street. Las características de éstos son distintas de las anotadas con referencia al National Bureau of Standards i a los Electrical Testing Laboratories. Las propias necesidades de la compañía, que son de magnitud considerable, en orden a mantener la entera organizacion sobre una base estrictamente científica, absorbe la actividad de centenares de empleados, entre químicos, mecánicos i electricistas. No se hacen trabajos para estraños. Las secciones o laboratorios

que visité, algunos de ellos detenidamente, con objeto de estudios especiales fuera de los de química, resistencia de materiales, medidas eléctricas de baja i alta tension, teléfonos i telégrafos (nuevos intentos i aplicaciones), pilas i acumuladores, radioscopía. Paso por alto detalles sobre esta materia, por referirse a anotaciones de métodos i procedimientos de interes especial para la enseñanza técnica en nuestros laboratorios, ántes que a informaciones de interes mas jeneral i en armonía con el carácter de una memoria como la presente. En cambio, tengo aun que ocuparme en hacer referencia a la Western Electric Company, con relacion a la memoria presentada al Congreso de Wáshington, por uno de los ingenieros de esa compañía e intitulada: «Algunos adelantos recientes en telefonía i telegrafía».

Durante el Congreso i con posterioridad a su clausura, los delegados recibimos invitaciones para visitas de estudio a diversos establecimientos, de interes relacionado en una u otra forma con las materias presentadas i distribuidas en la Seccion V. Entre esas invitaciones colectivas hechas, por desgracia para la mayor parte, despues de la dispersion jeneral que empezó el 9 de Enero, estuvo la de los directores de la Western Electric para una sesion de telefonía trascontinental, dedicada esclusivamente a los delegados en Nueva York i a los respectivos representantes diplomáticos o consulares de los diversos paises, en San Francisco de California.

Tanto mas de estimar era esta invitacion de la compañía cuanto que son únicamente dos los circuitos disponibles i que, no obstante la diferencia de varias horas entre ámbas ciudades, el movimiento de comunicaciones mantiene siempre ocupada las líneas. «El camino real de la voz», como llaman al teléfono que comunica la costa del Atlántico con la del Pacífico, ha resultado buen negocio, contrariamente a lo que muchos creian. Verdad que en Estados Unidos hai mucho, mucho dinero, por lo que las tarifas del caso pueden ser mui altas. Abriendo uno el directorio telefónico que encierra las di-

recciones de mas de medio millon de abonados en la ciudad de Nueva York, se encuentra que desde el cuarto que se ocupa en el hotel puede hablarse con San Francisco o los Angeles, mediante 17 dólares por 3 minutos de conversacion especial a que he aludido; se ocupó uno de los circuitos por mas de una hora gratuitamente, se entiende, para los invitados. No sospechamos siquiera en Chile la enorme importancia del teléfono en los Estados Unidos i del desarrollo de sus redes. Segun datos obtenidos en la Western Electric Company, que para la explotacion de los recientes inventos se ha asociado con la American Telephone and Telegraph Company hai actualmente en Norte-América 8.700,000 teléfonos en uso, comparado con 3,130,000 en toda Europa. Comparando el número de habitantes por teléfono, los guarismos para algunos paises son: Estados Unidos, 11; Dinamarca, 24; Islas Británicas, 65; Francia, 150; i respecto de ciudades: Los Angeles, Cal. 41; Nueva York, 11.3; Lóndres, 32.5.

Tan solo en un hotel de Nueva York, el Mc. Calpin, donde estuvimos alojados, el número de teléfonos llega como a dos mil, con una oficina central en el propio recinto, digna de una regular ciudad.

En la memoria sobre los recientes progresos en telefonía i telegrafía, a que mas arriba hice referencia, su autor F. V. Sewett, el ingeniero jefe ayundante de la Western Electric Company, abarcó solamente aquellos progresos realizados en los últimos años, que han tenido profunda influencia en la industria de esas dos ramas de la ingeniería eléctrica. Voi a ocuparme aquí de uno de ellos, la telefonía trascontinental, a propósito de la demostracion práctica de tan notable triunfo de la ingeniería de las comunicaciones eléctricas con que la nombrada compañía quiso agasajar a los delegados del Segundo Congreso Científico Americano.

Hasta hace doce años no era posible transmitir telefónicamente la palabra, sin menoscabo de la articulacion, mas allá de algunos centenares de kilómetros por líneas aéreas i de decenas de kilómetros por cables submarinos o subterrá-

neos. No se resolvió sino en aquel entónces el problema de neutralizar las reacciones de inductancia i capacidad causantes del mal. El principal requisito de la trasmision telefónica es que la onda eléctrica, por extremo compleja, o mejor las varias ondas eléctricas sobrepuestas de diferentes frecuencias, producidas en un extremo en estricta proporción con las vibraciones acústicas de la voz humana, lleguen al otro extremo, atenuadas si se quiere, pero sin deformacion. Esto es imposible si hai inductancia i capacidad (jeneralmente distribuida) en grado apreciable, como ocurre con las largas líneas: las múltiples ondas se propagan entónces en el alambre con desigual velocidad, segun la respectiva articulacion en el orijen se resuelve en cacofonía en la llegada. En otros términos, el aumento en la distancia influye en la trasmision sobre un conductor uniforme, no solamente a causa de la disminucion de volúmen del sonido transmitido sino que tambien del rápido deterioro de la articulacion.

El profesor Pupin de la Columbia University, serbio de nacionalidad pero radicado en Estados Unidos, fué el primero en demostrar matemáticamente i probar prácticamente en el hecho que las características eléctricas de una línea, dañosas a la trasmision de la palabra, podian modificarse a satisfaccion por el artificio de espaciar a lo largo de la línea, con arreglo a cálculo, inductancia de valor determinado. Para apreciar el valor que este invento tuvo, desde el punto de vista práctico i comercial, basta el siguiente dato: el profesor Pupin en 1904 percibió de diversas compañías por cesion de la patente respectiva, una gran suma, diez millones de dólares o algo así.

El invento antedicho posibilitó el hablar intelijiblemente al traves de tres mil kilómetros de doble línea (Nueva York-Denver, 1911) como ya se habia hecho por los métodos ordinarios hasta la mitad de esa distancia (Nueva York-Chicago, 1892). Pero la hazaña del teléfono directo de océano a océano, o sea una distancia de 6,000 kilómetros, técnicamente continuaba siendo una imposibilidad comercial. Teóri-

camente es posible construir una línea con gruesos conductores de cobre i *pupinizada* en toda regla, que permita hablar satisfactoriamente al través de Norteamérica; mas, comercial o industrialmente hablando su costo seria prohibitivo.

Por ejemplo, ¿cuál era, entónces, el nuevo medio que permitia, a nosotros los delegados chilenos, conversar claramente con nuestro cónsul i otras personas en San Francisco, a 5,500 kilómetros de distancia? La respuesta exige una breve disquisicion preliminar. El mismo problema se presentó a la telegrafía eléctrica en sus primeros dias, solo que bajo su aspecto mas sencillo: el de la atenuacion en grado inaceptable de los sonidos o señales gráficas en el receptor, pasada cierta longitud de línea. Por tratarse en el trasmisor de impulsos simples i no de ondas complejas, no habia deformacion que corregir. Se sustituyó en la inmediata llegada el receptor ordinario con otro delicadísimo destinado a actuar un circuito local, amplificador fiel de las debilitadas señales recibidas. Se concibe que, repitiendo en cascada el procedimiento, a modo de «cobre allá», se pueda telegrafiar de Lóndres a Bombai, por ejemplo, con la misma eficacia que entre dos puntos cercanos. El delicado aparato a que me refiero es el relevo (*relai*, en ingles) tan conocido de los telegrafistas.

Mas, en el caso de las imperceptibles corrientes telefónicas, dando ya por corregida toda deformacion, por el método de Pupin, el relevo telegráfico usual i las ingeniosas variantes del mismo que han tratado de utilizar los ingenieros telefónicos, han fracasado irremediamente como aparatos amplificadores. Por mas de veinte años se ha pensado en vano en un repetidor o relevo amplificador que fuera a la vez estremadamente sensible, ajeno de delicados i frecuentes ajustes i que pudiera amplificar toda modulacion o variacion de la voz humana sin deformarla. Con tal intensidad se buscaba la solucion del problema, tan sin esperanza parecia la realizacion de un relevo telefónico sin pesos, que una compañía telefónica norteamericana a principios del período indicado, ofreció «un millon de dólares por un amplificador telefónico

realmente eficaz». El premio nunca fué reclamado ni concedido, agrega el autor de un folleto de que tomo el dato.

Por fin el amplificador soñado fué descubierto; sí, descubierto i no propiamente inventado. Todos los investigadores se habian aferrado a la idea del principio mecánico microfónico, con el resultado negativo ya dicho. Miéntras tanto, en forma incidental, el doctor Lee de Forest, de Nueva York, de especialidad radiotelegráfica, trabajando en el perfeccionamiento de un detector debido al profesor Fleming, de Lóndres, descubrió que ese detector obedecía a las corrientes telefónicas, tan bien como a las de mucho mas alta frecuencia usadas en radiotelegrafía. El detector perfeccionado en manos de Forest, data solo de ayer (1914) i se conoce con el nombre de «audion» que ha pasado a ser jenérico. El propio audion, con ligerísima variante contractiva, es el tan buscado amplificador que permite desde hace un año a un abonado en Boston o Nueva York hablar por teléfono con otro en San Francisco o Los Angeles; vale decir de Santiago a Panamá o de Lima a Punta Arenas. Despues de la sesion que describo, se ha sobrepasado esa distancia, al establecerse, a mediados de febrero último, la comunicacion telefónica de una a otra costa del Canadá, cerca de 7,000 kilómetros.

El aparatito o detector radioteleográfico adaptado a las funciones de repetidor-amplificador en la telefonía a larga distancia era el *missing link* en la cadena de elementos necesarios para la hazaña de la telefonía trascontinental inaugurada como un número de los festejos de la gran esposicion Panamá-Pacífico el 25 de Enero de 1915, un año justo ántes de la demostracion que en nuestra presencia se realizaba. Alejandro Graham Bell, el inventor del teléfono, fué el primero en aquella ocasion en hablar por la línea desde el extremo en Nueva York. Tomas A. Watson, que era ayudante en San Francisco. Despues hablando, el Presidente Wilson, desde su escritorio en la Casa Blanca i Teodoro N. Vail, presidente de la Amerikan Telephone and Telegraph Company, desde la costa de Florida, via Nueva York.

Mas, no se crea que el detector inventado por Fleming en 19.., basándose en un fenómeno observado por Edison recién inventó su lámpara, perfeccionada por de Forest en 1914 i ultra-mejorado poco ántes de celebrarse el segundo Congreso Científico Pan Americano, por Irving Langmuir, de la General Electric Company, habia bastado, en union de los métodos telefónicos usuales, para conseguir lo que durante largos años se consideró irrealizable, por lo ménos económicamente.

Construccion de la línea, perfecta en todos sus detalles, influyendo por cierto los métodos preventivos contra la inductancia i la capacidad distribuida, ha sido el factor fundamental en el buen éxito.

El trabajo ha sido hecho por la Western Electric i son sus materiales i aparatos los empleados, sin escepcion, de extremo a extremo de Nueva York a San Francisco pasando por Pittsburgo, Chicago, Omaha, Denver, Cheyenne, Saltlake Eity, Winnemuca i Reno (Nevada), i Sacramento. Para línea la Western Electric ha suministrado 130,000 postes, sobre los cuales van suspendidos 4 alambres (dos circuitos) de cobre duro de alta conductibilidad, de 4.2 milímetros de diámetro i con un peso total de 3,000 toneladas.

Como datos ilustrativos interesantes, relacionados con el acontecimiento a que se refieren las páginas que preceden, tomadas de un impreso que la Compañía obsequió a los circunstantes, los que siguen sobre cómo se han ido dominando las distancias, entre ámbos océanos, en Norte América.

1849.—Por viaje en coche, 5 meses.

1859.—De Nueva York a San Francisco, por buque de vela, via Cabo de Hornos, 3 meses.

1869.—Por ferrocarril, 20 días.

1914.—Por vapor, pasando por el Canal de Panamá, 16 días.

1915.—Por ferrocarril, promedio, 3 días $3/4$.

1915.—Por línea telefónica trascontinental, $1/5$ de segundo.

5. *El Laboratorio de Investigaciones (Research Laboratory) de la General Electric Company*

La ciudad de Schenectady (72,000 habitantes), llamada la ciudad eléctrica por ser el asiento de la compañía manufacturera en su jénero la mas grande del mundo,—la General Electric Company,— dista de Nueva York 270 kilómetros, trayecto que se recorre por espreso en ménos de cuatro horas. El ferrocarril sigue por el márjen derecho del Hudson i resulta el viaje mui hermoso en primavera, como me habia tocado hacerlo en otra ocasion; mas en invierno, al atardecer de un dia frio i brumoso, como me tocó a principios de Febrero de este año, la impresion que deja el paisaje es de indecible tristeza, perturbada ántes que desvanecida por el lujo i el confort del tren.

La visita de estudio que me llevaba a Schenectady era al famoso Research Laboratory, o Laboratorio de Investigaciones, que la General Electric ha instalado definitivamente, tras sucesivos ensanches anteriores, en un grande i moderno edificio contiguo al de la administracion jeneral. Por la naturaleza i el fin inmediato de sus trabajos este laboratorio es de difícil acceso para el público; pero mi carácter de delegado al Congreso Científico Pan-Americano i los buenos oficios del departamento técnico de la Casa Grace i Cía. de Nueva York, sirvieron para abrirme sus puertas no solo sin dificultad sino con muestras de deferencia i facilidades especiales, de parte del personal directivo, que desde cualquier punto que se miren obligan a reconocimiento.

Fuí alojado a cuerpo de rei i graciosamente en el Club de Schenectady, regalo i comodidad que debí al señor Eglinton, de la General Electric, mi acompañante e introductor en la ocasion referida.

Un fuerte temblor de media noche, una nevada que no pude ménos que calificarla de fantástica, a la mañana siguiente, i un eclipse de sol con cielo despejado, poco despues,

fueron los preludios de mi visita al Research Laboratory. Lo mas extraordinario fué lo del temblor, breve i seco como un martillazo formidable, sin ruido que lo precediera, fenómeno de rara ocurrencia en la angosta faja instable que existe en esa rejion del estado de Nueva York.

* * *

La Compañía Jeneral Norteamericana de Electricidad no solo cuenta con el laboratorio de que voi a ocuparme sino muchos otros, cada cual destinado a una rama particular de trabajos. Hai laboratorios en los establecimientos manufactureros que la Compañía tiene en Lynn i en Pittsfield, para el servicio de la fabricacion especial de esas secciones. Hai laboratorios para las fábricas de lámparas en Harrison i en Cleveland, que se ocupan de nuevos procedimientos e invenciones relativos a la manufactura de ese importantísimo artículo eléctrico. Hai otro laboratorio de estudios físicos en Cleveland, encargado de investigaciones de alto carácter científico, sobre la luz considerada en su accion fisiológica i sobre el arte de la iluminacion. Hai el Laboratorio de Iluminacion en Schenectady dedicado a la ingeniería de la iluminacion, especialmente en lo que atañe a buscar los mejores focos i métodos que convenga adoptar en un servicio cualquiera de alumbrado que pueda presentarse. Hai el Laboratorio del Departamento de Ingenieros Consultores de la compañía, dedicados a problemas jenerales i especiales de injsniería, i especialmente a la investigacion de los fenómenos de alta tension. Hai el Laboratorio de Pruebas, destinado a investigar i ensayar las propiedades físicas i químicas de los materiales. Hai el Laboratorio de Contraste, que se encarga de contrastar los instrumentos de medidas, de la invencion i las aplicaciones de nuevos aparatos, v. gr. el oscilógrafo, i del estudio i perfeccionamiento de los métodos de medidas. Este Laboratorio fué visitado años ántes por el autor principalmente para estudiar el oscilógrafo, aparato

de sumo valor en la enseñanza i en las investigaciones científicas e industriales, para el estudio de los fenómenos del circuito alterno. Total: nueve laboratorios, fuera del Research Laboratory de que voi a ocuparme i cuyas funciones son sin duda alguna, las mas importantes, pues se refieren a la investigacion científica en jeneral, para lo cual cuenta con recursos, así en órden a elementos materiales como a personal de investigadores, que es difícil puedan reunirse en otra parte.

El Laboratorio de Investigaciones de la Jeneral Electric Company tuvo un comienzo modesto hace 16 años, para llegar a ser en lo presente, como indicado queda, uno de los primeros en su jénero i de reputacion mui difundida en el mundo científico.

Ocupa ahora un gran edificio moderno de siete pisos a mas del sótano, i fuera de anexos, destinados a fines especiales, situados en la inmediata vecindad. En el sótano se hallan las máquinas productoras de enerjía i los almacenes de productos químicos. Está tambien comunicado con la red eléctrica exterior de corriente continua, que es de tres alambres i 250 volts por lado; i con una red trifase de 120 volts i 40 sicios. Dieciseis máquinas de la instalacion propia suministran corriente a diferentes voltajes i con frecuencias que van desde 25 hasta 2,000 sicios. Por medio de trasformadores, en donde quiera sea necesario en el edificio, se pueden obtener corrientes hasta de 12,000 amperes i voltajes hasta de 200,000 volts. A mas de los motores i los jeneradores hai en el sótano una máquina para aire líquido, un compresor de aire, i otra para producir el vacío.

Todo el edificio, a mas del completo servicio eléctrico antedicho, tiene cañerías de agua potable, de agua de rio, de gas de alumbrado, de aire comprimido, de vacío, de hidrójeno a alta presion, de hidrójeno electrolítico, de oxígeno, de vapor a alta presion, i de vacuo-limpiadores. El agua destilada llega por gravitacion a cualquier departamento o cuarto de trabajo. Hai profusion de hornos eléctricos en todas partes, de

todo sistema i de todo tamaño. Los grandes hornos incluyendo uno de arco, de dos toneladas, están en un edificio separado. Agréguese a esto que los investigadores, personal que con ayudantes i operarios llega a 150, tienen cuanto producto químico, cuanta materia comun o rara pueda necesitarse en una nueva investigacion científica o industrial. Entre los operarios hai mecánicos, carpinteros, sopladores de vidrio, etc., todos escojidos i de aquellos que no se arredran ante ninguna dificultad. Al contemplar todo esto no podía ménos que preguntarme si cualquier individuo con base de conocimientos científicos i un poco de imaginacion no se hallaria en aptitud de realizar sabe Dios cuántos inventos importantes, cuántas mejoras en los métodos industriales conocidos. No tengo la menor duda de que si un laboratorio como el Research Laboratory atacara, pongo por caso, el problema del salitre, los buenos resultados cuanto a abaratamiento de elaboracion, de nuevas aplicaciones i que se yo qué, no se harian esperar.

Los trabajos que se llevan a cabo en los grandes laboratorios de investigacion científica e industrial, como los descritos en esta publicacion, son, por lo jeneral, de dos variedades: diverjente i converjente. Con arreglo a la primera el investigador parte de un punto conocido del universo de la ciencia para ir descubriendo nuevos caminos, nuevos hechos, que a su turno puedan ser oríjen de nuevas ramificaciones independientes de investigacion. No se busca con esto la utilidad inmediata sino la que acaso pueda derivarse de un hecho de observacion ántes desconocido i que pueda conducir a la solucion de algun problema hasta ese momento sin resolver. Muchos descubrimientos útiles se han hecho en esta forma; por ejemplo, la nueva lámpara de filamento candente en atmósfera de nitrógeno, llamada « $\frac{1}{2}$ watt» tuvo su oríjen en los resultados de un estudio académico de las leyes que gobiernan la pérdida de calor en los alambres delgados, a la vez que en los resultados de una investigacion sobre la evaporacion del tungsteno. El

Laboratorio de Investigaciones, con su personal de físicos i químicos eminentes, está realizando sin descanso trabajos de esta naturaleza «diverjente», cuyos resultados publica primeramente en la notable revista *General Electric Review* i despues reparte por todo el mundo científico i técnico en innumerables folletos. Estas publicaciones las hace la Compañía como un esfuerzo para contribuir por su parte al progreso del pensamiento científico, que está rápidamente ensanchando i aclarando nuestros conceptos sobre los hechos fundamentales, base de todas las ciencias físicas. Es claro que, tratándose de una empresa comercial como la Jeneral Electric, todo descubrimiento hecho en esta u otra forma es previamente protegido por las patentes del caso.

En la investigacion «converjente», no es el objeto partir de un punto i crear un campo, como en el caso anterior, sino al contrario, partir de un campo i localizar un punto; hallar uno o mas caminos que conduzcan a un resultado que se necesita, sea éste un nuevo procedimiento, sea un nuevo artículo de valor práctico que encontraria inmediata aceptacion en el público. Si el anterior sistema era un procedimiento de expansion o de diverjencia, la investigacion que me ocupa es, pues, uno de contraccion, que impone un resultado definido, para llegar al cual se necesita buscar, entre varios, el camino mas adecuado. Muchas veces esto es imposible. Un caso concreto de este jénero de trabajo fué para el personal técnico del Research Laboratory, el llegar a producir el tungsteno en forma de alambre ordinario, es decir, del metal dúctil tirado en la hilera. Tras innumerables esfuerzos inútiles sellegó, por fin, al resultado que se perseguia. En la investigacion industrial caracterizada por la necesidad de abrirse paso al traves de caminos desconocidos, para llegar a un punto determinado, existe siempre la probabilidad matemática de la imposibilidad de alcanzarlo.

El Laboratorio fué organizado principalmente a instancias del famoso Steinmetz, desde hace muchos años ingeniero consultor, jefe de la General Electric, con un sueldo anual que,

por ejemplo, excede con mucho al presupuesto total de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, el cual no alcanza a la por comparación ridícula suma de 60,000 dólares! Desde su origen está a cargo del Dr. Whitney, una de las reputaciones científicas mejor cimentadas de los Estados Unidos, de una cultura científica i jeneral i de un espíritu de organizacion i de direccion admirable. Pasó a Schenectady desde su puesto de profesor de Química del Massachusetts Institute of Technology, en 1904. Ha sabido rodearse de un grupo de hombres jóvenes, de preparacion i aptitudes excepcionales, como Coolidge, Langmuir, Dushman i varios otros que por el momento ocupan la segunda línea respecto de los nombrados, formando un conjunto que difícilmente pudiera ser superado en cualquier parte del mundo. Nunca habrian sido posibles las investigaciones a que se hace referencia sin el poderoso estímulo del Dr. Whitney i el admirable espíritu de cooperacion i entusiasmo que ha inculcado en el personal de su dependencia.

El presente personal comprende, creo haberlo dicho, mas de 150 individuos, incluso algunas mujeres, químicos i físicos en gran número. Está convenido que todo hombre o mujer de este personal de investigaciones concorra con su esfuerzo indiviso en el trabajo comun. Cualquier invento o descubrimiento que resulte de este trabajo es de propiedad de la Compañía, no siendo practicable otro sistema. Por otro lado, la paga es buena i tanto el costoso equipo como los gastos i todos los riesgos son de la organizacion.

Por ser tan dilatado el campo de trabajos del Laboratorio no me era posible en un dia escaso imponerme no digo de todos pero ni siquiera de los que en particular me interesaban. Entre estos tuve que elejir algunos, limitando mi visita a sus respectivos departamentos, despues de la de carácter jeneral destinada a imponerme de los recientes adelantos introducidos en la organizacion de un laboratorio destinado a la investigacion científica-industrial sistemáticamente conducida. Cada vez reconozco mas la necesidad de una institu-

cion de este jénero en Chile, en la cual nuestros industriales i nuestros incipientes investigadores pudieran contar con los elementos necesarios para estudiar o hacer estudiar cuestiones de órden experimental, de resultados presuntamente valiosos en muchos casos.

El Dr. Whitney tuvo a bien acompañarme a las distintas secciones por las cuales me habia anticipado a manifestar mi mayor interes. Primeramente quiso imponerme de los hechos referentes al tungsteno, metal que por sus propiedades i aplicaciones recientes bien pudiéramos calificar de maravilloso. Todo lo que la presente jeneracion de estudiantes ha aprendido en su química respecto al tungsteno es que se trata de un elemento metálico pesado, pulverulento, de color gris, i que se usa en ciertas aleaciones. Hasta hace pocos años en todo caso, el tungsteno era considerado como un metal mui quebradizo; al presente se logra producirlo en condicion de extrema ductilidad, lo que ha significado una verdadera revolucion en la fabricacion de las lámparas eléctricas de candencia. Sus propiedades físicas i químicas son realmente extraordinarias. Su temperatura de fusion, determinada por Langmuir en el propio laboratorio de que me ocupo, es de $3,540^{\circ}$ k (grados kélvines o temperatura absoluta, que equivale a $3,267^{\circ}$ centígrados) mas alta que la de todo otro metal conocido, i excediendo en casi $1,500^{\circ}$ la del platino! Es prácticamente insoluble en todos los ácidos i álcalis comunes; su tenacidad excede de las del fierro i el níquel; su elasticidad es doble de la del acero; como ductilidad, puede tirarse en alambres mas finos que de cualquiera otro metal; su gravedad específica, 21.4, como la del platino.

Natural, entónces, que un metal dotado de tan sorprendentes propiedades pronto haya encontrado muchas aplicaciones, fuera de la de filamentos para las lámparas de candencia, que fué el oríjen segun se dijo de los esfuerzos para obtener el tungsteno en el estado de ductilidad. Desde luego es superior al platino en la jeneralidad de sus aplicaciones i mas barato. Enumeraré algunas: 1) Contactos eléctricos mui

superiores a los del platino, por la gran dureza del metal i su mayor conductividad térmica e inferior tension de su vapor. 2) Hornos eléctricos: admirables, bajo todo concepto; soportan por horas i horas 1,600° a 1,800°, cuando los de platino usados hasta aquí en su lugar, estarian a punto de desintegrarse o de fundirse. Ví un modelo para la fabricacion de piedras preciosas artificiales; esto reza probablemente con los joyeros, pero doi mas importancia a su empleo por los dentistas i los ensayadores. 3) Anodos para tubos de rayos X: son de tungsteno forjado; gracias a su empleo el campo de aplicacion i la eficacia de los tubos Röntgen han sido considerablemente aumentados; por su gran densidad, alto punto de fusion, alta conductividad térmica i baja presion del vapor, no hai metal, fuera del molibdeno, que pueda comparársele. Se usan en los tubos Coolidge, de que hablaré mas adelante. 4) Tela de alambre: un nuevo progreso, de gran utilidad en los laboratorios i las fábricas, para colar ácidos. 5) Pirómetros: el par termoeléctrico tungsteno-molibdeno resulta mui superior para altas temperaturas, al platino-iridio o platino-rodio. 6) Pesas de balanzas de precision: desde luego, por su gran densidad, igualan a las de platino, a las que superan por su dureza, mayor que la del acero mas duro, i su inalterabilidad. 7) Aplicaciones diversas: por ser inoxidable como el platino i poder reducirse a alambres de 0.005 de milímetro (5 micrones) de diámetro, sin igual para suspensiones de galvanómetros i retículos de anteojos; para instrumentos i alambres quirúrgicos, i en dentística en lugar del platino; para instrumentos musicales, en lugar del acero, al cual supera en tenacidad i elasticidad; para pelos i resortes de relojes; para reemplazar al bronce fosforoso en sus múltiples aplicaciones; para plumas de escribir; etc. Al tiempo de salir de Nueva York, tuve oportunidad de ver otra aplicacion del tungsteno que no se me señaló en el Research Laboratory: el reemplazo de la aguja fonográfica de acero, por las de ese metal; un estilo de tungsteno equivale a 100 a 200 de las de acero i produce un sonido o tonalidad mui supe-

rior. La fábrica dueña de la patente no daba abasto a los pedidos.

El tungsteno puro se estraee en el Laboratorio, de un mineral procedente del Estado de Colorado, del cual mineral ví amontonado una gran cantidad en una pieza de cuarto piso. Al lado hai un departamento para la purificacion química del óxido de tungsteno, i otros con una batería de hornos de hidrójeno eléctricamente calentados, para la reduccion del óxido, con una produccion diaria de 25 kilogramos de metal. Tuve en mis manos un cilindro de tungsteno puro, de estrema ductilidad, destinado a la fabricacion de filamentos de lámparas eléctricas; por lo ménos saldrian de él un cuarto de millon de filamentos para lámparas del tamaño corriente, o sean de 30 a 50 watt. Como contraste, el doctor Whitney me presentó otro cilindro de igual tamaño pero de magnesio puro, con un peso 12 veces menor que el tungsteno. El magnesio puro se obtiene tambien en el Laboratorio, no por cierto para hacer comparaciones como la que indicada deje, sino para emplearlo en la preparacion del boro, metaloide indispensable en un procedimiento mui interesante de fundicion del cobre, de que me ocupo en otro lugar. Todo el magnesio que ántes se empleaba en los Estados Unidos lo llevaban de Alemania. Por causa de la guerra ha habido que prepararlo, como tantas otras cosas i con el mismo buen resultado, en Norte América.

A fines de 1895 descubrió Röntgen, no por accidente sino hallando exactamente lo que se proponia hallar, la luz invisible o sean los rayos X. En Marzo de 1896 se obtuvieron en la Universidad de Chile las primeras radiografías conocidas en nuestro pais. Empleáronse al efecto no los tubos de Crookes que los telegramas de la época señalaban como el medio indispensable para realizar los esperimentos de Röntgen, sino, a falta de ellos, simples ampolletas eléctricas de filamento de carbon, intercaladas de una manera especial en un circuito de alta frecuencia. Mucho despues los trabajos de Dau i Bragg han hecho posible la medida del largo de

onda de los rayos X, resultando que se trata de una vibración transversal propagada con la velocidad de la luz, i cuyo largo de onda es poco mas o ménos la diezmilésima del de la luz ordinaria. Los rayos X son, pues, la luz invisible que Röntgen se propuso encontrar, no en vista de un fin utilitario inmediato sino del interés jeneral de la ciencia.

Conocida es la valiosísima utilización de este invento en el terreno de la medicina, a favor del clásico tubo de rayos X con anticatodo de platino i un vacío que nunca ha logrado hacerse lo suficientemente extremo para impedir las manifestaciones perjudiciales de ionización positiva. El Research Laboratory ha extendido considerablemente el campo de aplicaciones de la técnica radiográfica con la producción de un nuevo tubo, mucho mas poderoso que los conocidos i libre del inconveniente enunciado i de muchos otros. Esto se ha obtenido con el empleo de electrodos de tungsteno i molibdeno, en combinación con el de un vacío absolutamente libre de residuos gaseosos, que permite una emisión pura de electrones desde el cátodo, sin el menor vestigio de ionización.

Fuí presentado al doctor Coolidge, sub-director del Laboratorio i autor de los perfeccionamientos radiográficos antedichos, si bien el principio de la descarga de puros electrones por una corriente termiónica es del doctor Langmuir del mismo laboratorio, i a cuyos trabajos en este terreno se debe la moderna lámpara de candencia llamada « $\frac{1}{2}$ watt». En la sección del doctor Coolidge se fabrican de punta a cabo los tubos que llevan su nombre i que no obstante datar solo de ayer (1914), están reemplazando rápidamente, por lo ménos en los Estados Unidos, los antiguos aparatos, es decir los que conocemos en Chile. En un lugar, a la salida, noté un gran montón a modo de jaulas de madera, cada cual con uno de estos tubos de nuevo tipo visible al través de las rejillas, listos para ser repartidos por todas partes del país, por el correo o los espresos. Parece ser que los aparatos de vidrio, de naturaleza tan delicada como los tubos para ra-

yos X, llegan en esa condicion con mas seguridad a su destino que cuidadosamente empacados en cajas cerradas.

Como los tubos Röntgen se han jeneralizado mucho entre nuestros médicos i en su construccion perfeccionada se difundirá su uso en muchas aplicaciones industriales, tomé nota en el laboratorio del doctor Coolidge de las características del nuevo aparato, las que en resúmen consigno a continuacion:

1.^a El nuevo i poderoso tubo de rayos X difiere en principio del tipo ordinario, en que la corriente es puramente termiónica en su carácter. Por procedimientos que envuelven el empleo del aire líquido, estufas especiales, bombas moleculares de Gaede, i refinamientos de habilidad técnica que aquí no describo, tanto el tubo como los electrodos quedan completamente libres de gas, i, en consecuencia se elimina por completo todo fenómeno de ionizacion positiva mientras funciona el tubo.

2.^a El tubo no deja pasar la corriente sino en un solo sentido. Es, por lo tanto, capaz de rectificar su propia corriente cuando se le intercala en un circuito alterno.

3.^a La intensidad i el poder penetrante de los rayos producidos pueden graduarse independientemente con la mayor facilidad i en cualquier instante por el operador.

4.^a El tubo puede funcionar sin interrupcion por horas, con corriente hasta de 25 miliamperes, sin indicar cambio apreciable, ya sea en la intensidad, ya en el poder de las radiaciones resultantes.

5.^a El tubo en actividad no da señales de fluorescencia en el vidrio ni da orijen a calentamiento local del hemisferio anterior.

6.^a El tubo permite la realizacion de intenso haz homogéneo de rayos de Röntgen primarios.

7.^a El catodo no se calienta en ningun momento ni da señales de desintengracion; por lo tanto no se produce ennegrecimiento alguno del globo.

8.^a El tubo es de duracion ilimitada i enteramente cons-

tante en su accion, sin que en él se noten los efectos erráticos usualmente observados en los tubos corrientes de rayos X. Una vez ajustado a las necesidades del experimentador, no hai que prestarle mas atencion.

9.^a Actualmente se pueden construir estos tubos para presiones hasta de 200,000 volts, lo que corresponde a una chispa de descarga entre puntas, de 50 centímetros. Sobre la base de la teoría de los cuantos, de Planck, que es fácil demostrar, segun Rutherford, que las radiaciones producidas por el tubo tendrian un poder penetrante igual al de los rayos duros, *gamma* del radio. Tocante a este punto, se ha demostrado que la velocidad de los electrones que constituyen la emision catódica i la consiguiente dureza o poder penetrante de las radiaciones producidas, crecen con la raiz cuadrada del voltaje impreso al tubo.

El campo de utilidad de estas radiaciones ultrapenetrantes parece ser, de acuerdo con el Dr. Coolidge, de lo mas interesante, tanto desde el punto de vista radiográfico industrial como del terapéutico. Tocante al primero, ví una importante aplicacion de valor comercial en el diagnóstico de fallas en los metales i otras materias usadas en las artes. Ya en el laboratorio de la Western Electric habia tomado nota de la aplicacion de estos rayos a la prueba de trozos de micanita destinados a usos eléctricos, pero fué mucho mas decisivo lo que me mostraron en el Research Laboratory, acerca del empleo del tubo Coolidge en investigaciones metalúrgicas. Pero esto necesita una explicacion previa.

Hasta hace mui pocos años el cobre fundido, aunque puro, presentaba cierta contestura de porosidad que no habia medio de evitar, i que amenguaba tanto la dureza como la conductibilidad eléctrica del metal. En 1913 el Dr. Weintraub, en los Estados Unidos, dió a conocer un flujo con base de subóxido de boro, (un producto secundario en la preparacion del boro), que agregado en la proporcion de uno por ciento al metal en estado de fusion permitia obtener cobre fundido por extremo compacto i de alta conductibilidad.

Era interesante ilustrar el efecto del nuevo flujo sobre la porosidad, mediante la aplicacion de los rayos ultrapenetrantes del tubo Coolidge, prueba que se efectuó en el Laboratorio de Investigaciones. A este propósito se fundió en la forma usual cierta cantidad de cobre de la mejor calidad i se vertió en un molde de arena, para obtener una pieza de 25 por 25 por 2 centímetros. Se fundió otra pieza igual, con metal tratado con el flujo bórico a 1 %. Colocadas una al lado de la otra sobre una plancha radiofotográfica, a 55 centímetros de un tubo Coolidge, se hizo una esposicion de dos minutos con una corriente de 2.8 miliámperes i una diferencia de potencial equivalente a una distancia de chispa de 25 centímetros entre puntas. La radiografía resultante demostró que el cobre fundido en la forma ordinaria estaba lleno de poros, en tanto que la pieza de cobre fundida con flujo de boro no revelaba el menor defecto, la menor porosidad. Se me obsequiaron las copias fotográficas que manifiestan esta diferencia de estructura interna entre el cobre puro fundido al natural i el «boronizado». Las radiografías estereoscópicas son aun mas interesantes, como que muestran el tamaño i las relativas profundidades de los poros.

La ventaja del método radiotelegráfico es obvia. Sin el empleo de los rayos X es necesario acepilliar o taladrar (vale decir, inutilizar en muchos casos) la pieza en exámen i aun así la inspeccion es deficiente. Con la radiografía es posible ver *todos los defectos de una vez*. Con lo dicho basta para comprender que el tubo Coolidge, a mas de ser el mejor aparato en su jénero para la profesion médica, está destinado a ser un elemento de gran valor para el botánico, el biólogo, el mineralojista i, segun acaba de verse, en las investigaciones metalúrgicas.

Del departamento del subdirector pasé al del doctor Irving Langmuir. Langmuir es sin duda la figura mas brillante del Laboratorio de Investigaciones de la Jeneral Electric. Su educacion primera la recibió en Brooklyn, Nueva York, en las escuelas públicas. A los 11 años fué con sus padres a Paris,

en donde estudió 3 años bajo la dirección de maestros franceses. De regreso a Estados Unidos, recibió en 1903 el grado de ingeniero metalurgista en la Universidad Columbia. En 1906 fué graduado de doctor en física por la Universidad de Gotinga, Alemania, después de trabajar en investigaciones de carácter elevado con Nermst. Tiene 35 años. Su especialidad ha sido la química física, para la cual le sirve de base una sólida preparación matemática. El año pasado (1915) la Sociedad Química Norte Americana le otorgó la medalla Nichols por el mejor trabajo original hecho para las publicaciones de la Sociedad en 1914.

La actual lámpara de tungsteno, de alto rendimiento, es uno de los resultados mediatos de las notables investigaciones de Langmuir sobre la emisión de corpúsculos i la botalización de los filamentos de tungsteno bajo diversos grados de candencia i en diversas atmósferas. A sus incansables esfuerzos posteriores en el perfeccionamiento directo de dicha lámpara se deben principalmente los resultados prácticos que palpamos en forma de 50 por ciento de economía de corriente, en los grandes focos, de 200 bujías para arriba.

Se acaba de hablar de la utilización de la descarga de puros electrones sin ionización, debida a Langmuir, en el tubo de rayos X perfeccionado por Coolidge. Se han ideado en el Laboratorio diversos otros aparatos que hacen uso de esta clase de corriente termiónica, i que poseen sobre los antiguos modelos análoga superioridad a la indicada respecto de dicho tubo.

Uno de estos nuevos aparatos es el «Kenotron», cuya realización práctica corresponde al doctor Dushman. Su nombre indica que es perfectamente vacío, de modo que funciona con arreglo al principio enunciado. Solo que en vez de que los respectivos electrodos estén exajeradamente distantes entre sí como en el tubo de rayos X, se hallan muy próximos. Este aparato realiza el rectificador perfecto de corriente alterna en continua. Las características del quenotron permiten que la corriente que lo atraviesa sea siempre per-

fectamente estable, de suerte que varios quenotrones pueden funcionar en paralelo i cada cual tomará su propia parte de la corriente total. Esto contrasta notablemente con lo que ocurre con los rectificadores de arco de mercurio, cuyas características son negativas i, por lo tanto, si se colocan varios en paralelo, uno de ellos toma toda la corriente. El quenotron rectifica con rendimiento íntegro corrientes de cualquier voltaje i cualquiera frecuencia.

La combinacion de quenotrones i transformador puede usarse para reemplazar las incómodas máquinas estáticas i los todavía mas complicados rectificadores mecánicos que al presente se usan en la produccion de corriente continua de alta tension para tubos de rayos X i otros fines. Otro campo de aplicacion aun no explorado, parece ser el de la transmision de potencia a largas distancias por corriente continua.

Pero el aparato mas importante, fundado en el mismo principio, de los inventados o perfeccionados en el Laboratorio es el receptor, oscilador i amplificador radiotelegráfico a que Langmuir ha dado el nombre de «Pliotron», para distinguirlo del que acaba de describirse. Al hablar mas atras de la transmision telefónica trascontinental, con motivo de la sesion de telefonía a larga distancia a que los Delegados del Congreso de Wáshington fuimos invitados por la Compañía Western Electric, dije que el secreto del éxito se habia encontrado en el *audion* de Forest. Pero el audion, al igual que la válvula de Fleming i otros aparatos similares, la accion detectora o amplificadora parece depender principalmente de ionizacion gaseosa en el interior del tubo, i, por lo mismo el resultado es a veces irregular. Como receptor radiotelegráfico, no obstante, el audion significa un progreso inmenso respecto de los otros detectores conocidos, segun se ha comprobado en todas partes, i recientemente en la estacion radiotelegráfica de la Universidad de Chile. Mas como jenerador oscilatorio, suficientemente poderoso para ser de verdadera utilidad en radiotelefonía, que es el gran problema del

presente, no guarda punto de comparacion con el audion perfeccionado por Langmuir en el Research Laboratory. Con este aparato la radiotelefonía a distancia queda resuelta satisfactoriamente, en todo caso mas cerca del resultado ideal que tanto persiguen, que por cualquier otro método conocido. Para este propósito Langmuir i Dushman han ideado la combinacion de los dos tipos de válvulas, a saber, el quenotron para rectificar una corriente alterna de alto voltaje que puede entónces usarse para proporcionar la corriente continua de alto voltaje que requiere el pliotron para funcionar como jenerador de oscilaciones. El pliotron, a causa de litijos de patentes aun no está en el mercado, pero el doctor Whitney i el doctor Langmuir, fueron bastante obsequiosos para proporcionar uno de estos aparatos, actualmente en ensayo, al Laboratorio de Electrotecnia de nuestra Universidad.

En el mismo piso donde se estrae el tungsteno puro de sus minerales, está la fábrica de lámparas del Laboratorio. Pero no se trata de una fábrica industrial sino experimental, donde se concentran todos los esfuerzos de los investigadores de la compañía tendientes a mejorar i siempre mejorar, aunque sea en ínfimos detalles, la lámpara de candencia, base del sistema mas jeneral de alumbrado eléctrico. Toda idea, toda insinuacion que presente visos de mejora en cualquier sentido que sea, es allí examinada i ensayada prácticamente si hai lugar a ello. Téngase presente que se trata de un artefacto de constante i enorme produccion i consumo, de suerte que el mas lijero cambio en la construccion o la calidad puede significar millones. La sola fábrica Edison Lamp Works, de la General Electric en Harrison, N. J., emplea cinco mil operarios en la produccion de ampollitas a razon de uno i cuarto millon semanalmente.

El equipo del Laboratorio para el objeto señalado comprende una pequeña pero completa fábrica para la manufactura de lámparas, con una capacidad máxima de 100 lámparas por dia. Entre los muchos elementos especiales requeri-

dos en un centro como ese, de tan variadas investigaciones sobre el perfeccionamiento de la lámpara de candencia, se me mostraron dos diferentes tipos de aparatos para preparar nitrógeno puro i otro para la purificación del argon. La seccion fotométrica es, naturalmente, lo mas completa posible i otro tanto cabe decir de la destinada a las pruebas mecánicas, eléctricas i de duracion a que se someten los nuevos modelos, para poder llegar con pleno conocimiento a la conclusion de si envuelven o no alguna mejora en cualquier sentido.

Actualmente se realiza una investigacion mui interesante acerca del empleo del argon en vez del nitrógeno en las nuevas lámparas intensivas, de consumo mas económico. El argon existe en pequeñísima cantidad junto con el nitrógeno en el aire i nunca se habria sospechado su existencia si Lord Raleigh, su descubridor, no hubiera observado una pequeña diferencia entre la densidad del nitrógeno extraído del aire i el preparado directamente por procedimientos químicos. Se ha visto que es un gas de todo en todo inerte, químicamente inactivo, todavía mas que el nitrógeno, i de menor conductividad térmica que este. A pesar de la evidente superioridad del argon sobre el nitrógeno en la fabricacion de las nuevas lámparas, no pudo ser tomado en cuenta a los principios por lo difícil i costoso de su extraccion. Mas, los métodos recientemente descubiertos para licuar el aire i de combinar el nitrógeno para fertilizante, como en el procedimiento de la cianámida, han hecho que el argon sea hoy comercialmente asequible. Con el nitrógeno no es posible construir lámparas pequeñas del tipo «1/2 watt», es decir de uso más jeneral en el alumbrado corriente, o inferiores a 100 bujías. Con el argon puro, ella parece posible, a estar a los resultados que se obtenian en el Research Laboratory, por los dias de mi visita. Sobre este interesantísimo tema i sobre lo que al mismo respecto se espera alcanzar en porvenir no lejano, obtuve de mis acompañantes algunos datos que siquiera en síntesis, por la utilidad que presentan, consigno a continuacion.

La industria eléctrica, a contar desde que empezó a echar raíces en todas partes el invento de la lamparilla de Edison i el sistema de distribución del mismo inventor, cuenta escasamente una treintena de años. Puede decirse que en los primeros veinte no hubo progreso apreciable en el nuevo método de iluminación. Llegó a parecer que sería indefinidamente estacionario el régimen de a lo menos 4 watt por bujías con el filamento de carbon, o sea escasamente un rendimiento, en servicio ordinario, de $\frac{1}{4}$ de bujía por watt. En tales condiciones no habia competencia posible con el gas, i éste se impuso triunfalmente en todo el mundo con el mechero Auer. En los últimos diez años, prescindiendo de invenciones o progresos transitorios, se ha efectuado una verdadera revolucion en ese sentido, primero con la lámpara de filamento metálico i su consumo de 1 watt por bujía o rendimiento de una bujía por watt; despues, con la casi reciente aparicion de la lámpara de « $\frac{1}{2}$ watt». Existe fuera de esto, la probabilidad de que se encuentre un cuerpo mas refractario aun que el tungsteno, lo que permitiria obtener todavía mas favorables resultados. Así, pues, cuanto a economía de iluminación, los papeles respectivos del gas i la electricidad han quedado trastornados. Los investigadores en el campo eléctrico pueden esperar teóricamente por el método de la candencia aumentar el rendimiento ya alcanzado de 2 bujías por watt, a 3 o 4; esto es, existe la posibilidad de producir doble flujo luminoso que al presente, o 12 a 16 veces mas que hasta hace pocos años, con el mismo gasto de enerjía eléctrica i consiguientemente de dinero, en igualdad de precio del kilowatt-hora. Aun teóricamente, es bajo el rendimiento en luz de la candencia de los sólidos. Por medio de los vapores altamente calentados o luminiscentes, puede esperarse, en favorables condiciones un rendimiento de 8 a 10 bujías por watt.

El porvenir de la iluminación eléctrica parece, pues, desde el punto de vista de la economía, depender mas bien de la luminiscencia gaseosa que de la candencia de filamen-

tos metálicos. Hai una limitacion establecida para este último fenómeno, ante la inevitable produccion de vibraciones, de las cuales las útiles, las que subjetivamente llamamos «luz» abarcan solo una fraccion de la gama total. Miétras tanto, para el caso de la luminiscencia, Steinmetz, el técnico jefe de la General Electric, al cual hice referencia páginas mas atras, dice que si se descubriera un nuevo medio de producir ese fenómeno, a favor del cual todas las vibraciones tuvieran una frecuencia, digamos entre 400 i 600 millones de millones de ciclos por segundo, entónces podria esperarse un resultado de 50 bujías por watt.

Al preguntar por qué no se hacia con la lámpara de filamento de carbon, para aumentar la eficacia del proceso de la trasformacion luminosa, lo que tan buenos resultados daba con el filamento de tungsteno, se me contestó que lo que se ganaba por un lado no compensaba la pérdida por el otro. En efecto, al poner el filamento en un gas inerte, se puede elevar sin volatilizacion del carbon el grado de candencia, factor determinante del aumento del poder luminoso; solo que para mantener el filamento de carbon en tal gas a la misma temperatura que en el vacío, se necesitaria mucho mayor consumo de energia. Habria una pérdida enorme de ésta por conduccion i conveccion, al traves del gas i del globo, i si bien aumentaria la potencia luminosa total, en cambio el consumo específico, watts por bujía, seria mayor, contrariamente a lo que se persigue. Por la misma razon hai un punto crítico para el filamento de tungsteno, i ello explica que, apartándose de ciertas relaciones entre tamaños de las partes, naturaleza de los gases empleados, etc., no haya ventaja para el método de la candencia en el nitrógeno o aun en el argon, en vez del vacío usual.

En un anexo de un piso, del edificio principal del Laboratorio, donde funciona un horno para la purificacion del argon, habia ademas una serie de hornos, de carácter especial, sobre los cuales se me llamó la atencion. Están destinados a un nuevo procedimiento industrial, cuya introduccion en

nuestro país considero de suma utilidad. Omito más bien la descripción de otras cosas importantes de que tomé nota, a fin de detenerme aquí, aunque sea brevemente, para dar algunos detalles prácticos sobre el procedimiento aludido.

Gran número de procedimientos manufactureros i la industria en jeneral requieren el constante uso de aparatos, receptáculos, utensilios i otros objetos de metal, destinados a soportar la acción directa del fuego, es decir temperaturas arriba del calor rojo. No hai metal bastante barato para uso jeneral de esa especie, capaz de resistir la oxidación, inevitable a unos cuantos centenares de grados. El fierro i el acero aguantan más o ménos bien hasta una temperatura de 500°, pero arriba de este punto la oxidación es mui rápida. El cobre, el bronce, el níquel, el cobalto i ciertas aleaciones, presentan mayor resistencia, mas su costo es comparativamente demasiado subido, para pensar en emplearlos, pongo, por caso, en tubos de calderas, hornos de cocinas, i otros usos similares.

Van Aller ha descubierto un procedimiento, modificado favorablemente por Gilson, del Laboratorio de Investigaciones en Schenectady, para la protección de los metales a altas temperaturas. Este procedimiento, llamado «calorización», consiste en producir una aleación rica en aluminio, sobre la superficie del metal que se quiere proteger.

En pocas palabras, consiste el procedimiento segun al presente lo usan en la General Electric, con ayuda de los hornos a que he hecho referencia, en meter los objetos en una mezcla que contiene aluminio en polvo. Esta mezcla consta de alúmina i aluminio en polvo con la adición de poco más o ménos 1 por ciento de cloruro de amonio. El aluminio varía de 5 por ciento a 50 por ciento en peso, segun los casos. El cobre i el bronce requieren la menor proporción; el fierro i el acero, las mezclas más ricas. Estas mezclas se usan repetidamente con la adición de suficiente aluminio i cloruro de amonio, para reponer las pérdidas inherentes a cada operación.

Las piezas por calORIZAR quedan envueltas con la mezcla en un receptáculo hermético, que se llena con un gas inerte, a intento de evitar la oxidación del aluminio a medida que se va elevando la temperatura del horno i el receptáculo. Como combustible se usa el gas, i el tiempo suficiente para una calORIZACION es por lo comun de dos a tres horas. El horno mas largo era el destinado particularmente para el tratamiento de los tubos.

Sin duda que la mas importante aplicacion de este procedimiento se refiere a la proteccion del fierro contra la oxidacion a la temperatura del calor rojo. Por ejemplo, calentando sobre llama libre, bajo las mismas condiciones, dos tubos de fierro, calORIZADO uno i el otro sin proteger, de modo que permanezcan durante 8 horas a la temperatura de 900°, resulta que mientras el tubo protegido sale indemne de la prueba, el tubo al natural se desconcha destructivamente i se yende a lo largo. No puede ser mas demostrativa la accion de la delgada capa protectora adherente con que quedan recubiertos los objetos calORIZADOS.

Otro tanto puede decirse respecto de vasijas u objetos análogos de fierro ordinario, sometidas a la accion directa del fuego, mas allá del calor rojo. En resumen, la calORIZACION protege indefinidamente a los metales contra toda accion oxidante de temperaturas inferiores a 1,000°. Arriba de esta temperatura, como ocurre, por ejemplo, en los hogares, contribuye todavia a aumentar la duracion de las partes de metal varias veces sobre lo usual i corriente. De ahí que en el caso de calderas de vapor el ahorro obtenido con el empleo de tubos calORIZADOS sea mucho mayor que el gasto inicial de la calORIZACION.

Termino haciendo referencia a otro reciente progreso, desconocido aun en Chile, relativo a la proteccion de los metales i susceptible de otras aplicaciones útiles en las artes i la industria. Quiero referirme al procedimiento de Schoop que, aunque no ha tenido su orijen en el Research Laboratory, se le emplea mucho en él. Al revés de la calORIZACION, es un

procedimiento de aplicación *en frío*, no obstante emplearse en estado de fusión el metal protector. Consiste el aparato respectivo en una pistola alimentada con el metal protector en forma de alambre que pasa por una pieza centradora, hacia el cañón. Allí se funde el alambre en un quemador cuya temperatura puede regular entre 370° y 1,100°. El metal derretido, después de avanzar un tanto, es súbitamente cojido por un poderoso chorro de aire comprimido que lo proyecta con una velocidad de 900 metros por segundo directamente sobre el objeto por metalizar. La capa incrustada resultante es homogénea, continua, del espesor que se desee, y, además, por extremo compacta. El procedimiento Schoop parece destinado a encontrar muchas aplicaciones en la industria, pues no solo sirve para los metales sino también para otros cuerpos.

* * *

Con la reseña de mi visita al espléndido nuevo Laboratorio de Investigaciones que la General Electric posee en Schenectady, uno de los muchos con que esta Compañía cuenta para el servicio de sus establecimientos manufactureros, doy remate a esta tercera parte de mi tarea. Como puede verse, ella ha consistido en la descripción de cuatro diferentes tipos de laboratorios, en los cuales «la ciencia y la industria, abandonando viejos prejuicios que entre ambas habían siempre existido, se dan la mano trabajando mutuamente por el progreso común», según dice en una de sus interesantes publicaciones el Dr. Whitney, el director del Research Laboratory. La investigación científico-industrial es cosa relativamente nueva. Significa la cooperación entre la ciencia y los negocios, con recíprocas ventajas, como antes que en cualquiera otra parte pudo comprobarse en Alemania. No son, por cierto, estos cuatro Laboratorios los únicos en su género (salvo acaso el Bureau of Standards, que es una institución nacional) que existen en los Estados Uni-

dos i que nuestros compatriotas, ingenieros, industriales i estudiantes, debieran visitar caso de llegar hasta ese pais.

El presupuesto de este solo Laboratorio de la Compañía Jeneral de Electricidad de los Estados Unidos i de cuya visita me he ocupado, sube de 200,000 dólares anuales, segun datos correspondientes a 1914. Hoi debe ser mayor, pues viene aumentando de año en año, con la creciente actividad de las investigaciones que en dicho Laboratorio se prosiguen sin descanso.

Esto no es escepcional, es lo que en proporcion corresponde a otras instituciones del mismo carácter, no solo en los Estados Unidos sino en todo pais en donde quiera se conozca el esfuerzo que representan los trabajos de la investigacion científica, sea de carácter jeneral, sea aplicada al fomento de la industria. Como dato ilustrativo al respecto cito el caso, entre muchísimos otros análogos que podria citar, de que una fábrica de neumáticos para automóviles gasta anualmente en su laboratorio 100,000 dólares, en pago de personal i de materiales para los esperimentos. Los guarismos que en otra parte he dado sobre los presupuestos de universidades o institutos técnicos del mismo pais, corroboran lo espuesto sobre este particular.

En cambio, ¿qué es lo que entre nosotros sucede, por lo que toca a laboratorios i a los trabajos que con los recursos i elementos de que disponer es dado realizar en ellos, sea con fines de enseñanza, sea investigacion científica o industrial? Basta decir que la Escuela de Injeniería de toda una Universidad de Chile, incluyendo sueldos de profesores nacionales i estranjeros (los de éstos en oro); instructores, ayudantes i mozos; laboratorios de química, física, electrotecnia, salitre, resistencia, máquinas, mineralojía i jeolojía, etc.; incluyendo todo gasto, en fin, tiene en este año de 1916 el siguiente presupuesto total, \$ 252,480 moneda corriente i \$ 42,000 moneda nacional de oro, lo que reducido a dolares, para útil comparacion, equivale escasamente a 62,000! ¿Qué migaja de este mísero presupuesto corresponderá , así, a cada labo-

ratorio para que su personal, escaso por otra parte, pueda sin suficiente paga i sin los elementos materiales necesarios consagrarse a investigaciones, de cualquier naturaleza que sean? Solo por desconocimiento de estos hechos o incapacidad de apreciarlos en lo que significan, pueden muchos estar insistiendo sin descanso en que la Universidad no produce lo que debiera producir, no prepara ingenieros con la práctica i conocimientos técnicos suficientes para salir directamente (como si fuera posible, en parte alguna) a hacerse cargo de empresas industriales, etc. Lo peor es que aun los mas exigentes, por no tomar en consideracion, inadvertidamente o como se quiera, que una preparacion de ese jénero irrealizable con los medios que el Estado suministra a su Universidad, se contentarían con que en ella se fabricasen diplomados de papel.

Finalmente, respecto a gastos, no se diga que en Estados Unidos, por ejemplo, el dólar puede tomarse como el peso nuestro, en lo que se refiere a costo de la vida i otras clases de pagos, segun mas de alguien se ha imaginado. Esto nunca ha sido efectivo i mucho ménos lo es ahora, en que todo ha encarecido enormemente en nuestro pais. Por el contrario, estamos en notable desventaja, pues útiles, productos, máquinas i cuanto atañe a material de enseñanza i de estudios experimentales, por de contado que son en Chile muchísimo mas caros.

(Continuará)
