

Clase inaugural del profesor de electrotecnia especial

INGRO. RICARDO SOLAR

SUMARIO:

1.º Introducción.—2.º Objetivos de la enseñanza eléctrica.—3.º Realidades y posibilidades de la rama eléctrica.

1.º *Introducción*

Al iniciarse un nuevo curso, es una costumbre en las universidades europeas y N. A. que el profesor en una conferencia o disertación, exponga los puntos fundamentales del ramo destacando su importancia, sea técnica o científica, y su estado actual y posibilidades futuras de adelanto; o dé a conocer los resultados de sus estudios o investigaciones que hayan significado un paso de adelanto en la materia de su especialidad.

Conforme con este procedimiento, estimamos de interés pasar en revista los puntos más sobresalientes de aplicación de la rama eléctrica, y el estado actual en Chile del desarrollo de centrales, ferrocarriles, comunicaciones, etc. que expondremos en la 3.ª parte de esta disertación.

Sin embargo, previamente a lo anterior y como segunda parte de esta exposición, consideramos necesario referirnos a la orientación que de acuerdo con la experiencia profesional estimamos conveniente dar a nuestro curso de «Electrotecnia Especial», y a la actuación que le corresponde a los alumnos en el sentido de iniciativa, esfuerzo personal, espíritu de investigación y de responsabilidad; y especialmente análisis crítico que les permita llegar a ser un buen Ingeniero Electricista no sólo matemática y técnicamente considerado, sino lo que es fundamental con un «buen criterio profesional» para actuar, dirigir y organizar.

Finalmente, antes de entrar en materia, en consideración a la inmerecida señal de confianza tanto de la representación de los estudiantes, como de un grupo de colegas y del Director de la Escuela, que han propiciado ante mí me hiciera cargo del nuevo curso, como del interés del señor Decano de la Facultad al proponérmelo oficialmente; cúmpleme expresar mi satisfacción por la oportunidad que se me brinda para colaborar en forma activa en la formación de los futuros Ingenieros Electricistas

y tratar de desarrollar en ellos los conocimientos y cualidades que nuestra modesta experiencia profesional nos indica como necesarias en la vida profesional activa, o en las investigaciones de Laboratorio a que felizmente no ha sido ajeno el suscrito.

2.º *Objetivos de la enseñanza eléctrica, y condiciones que se requieren del estudiante*

La manifiesta necesidad económica de desarrollar el aprovechamiento de los recursos naturales de nuestro país, especialmente en energía eléctrica, y de fomentar la implantación de nuevas industrias y manufacturas; indujo al S. G. a organizar la Corporación de Fomento, organismo que ha dado un impulso vigoroso a la construcción de grandes centrales hidroeléctricas y líneas de transmisión, y a la instalación de numerosas industrias de importancia, trayendo esto como consecuencia la ampliación del campo de utilización de ingenieros especializados.

La Universidad de Chile, y en particular la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, a fin de satisfacer estas necesidades del país, después de un estudio minucioso por una comisión de su personal docente y de ingenieros caracterizados de las actividades industriales; consideró que era el momento de darle vida propia a la profesión de Ingeniero Electricista, es decir independientemente de la de Ingeniero Civil cuyo título previo se requería antes para obtener el de Ingeniero Electricista después de especializarse en esta materia, lo que significaba un esfuerzo personal considerable y en consecuencia un número reducido de estudiantes que siguiesen la doble profesión.

Esta nueva organización de los estudios, cuyos primeros titulados saldrán en tres años más, comprende un primer ciclo de tres años de estudio para proporcionar una «*sólida base matemática*» y de los ramos teóricos de física y otros; y un ciclo final de tres años para el estudio de los ramos técnicos y de aplicación que junto con el trabajo de seminario y experimental de Laboratorio, permitan obtener una «*sólida base profesional*».

Por otra parte, la mayor amplitud de tiempo, y la ampliación y modernización de los Laboratorios que lógicamente se requiere; permitirán satisfacer otro de los aspectos de los fines superiores de la Universidad, el de «*estimular los estudios científicos y la investigación personal*» de los estudiantes seleccionados, que por sus aptitudes e inclinaciones sean acreedores a la ayuda económica de la Universidad y a su perfeccionamiento posterior en el extranjero; o sea fines no personalmente utilitarios, pero que dan renombre a la Universidad y sean exponentes de la capacidad intelectual de nuestro país.

Es necesario que este prestigio universitario consecuente con su capacidad para afrontar estudios e investigaciones; desarrolle el conocimiento y confianza en los beneficios utilitarios para las propias industrias, manufacturas, fábricas, etc. en el análisis de sus problemas, en la solución de sus dificultades técnicas, de control de sus productos y mejoramiento de la eficiencia en sus métodos de trabajo e instalaciones, etc.; en otras palabras en que la Universidad con sus profesores, ayudantes y estudiantes seleccionados y con sus Laboratorios de Investigación, sea su cooperador eficiente y necesario a su progreso, como ocurre en las universidades europeas y N. A.

Como resultado lógico de los objetivos expresados, sería necesario por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, exteriorizar estas actividades en una publica-

ción periódica que sirva de intercambio con las similares extranjeras que faciliten el interconocimiento y cooperación científica, técnica y de investigaciones de Laboratorio; y en su sección de vulgarización dé a conocer el desarrollo industrial del país en las diferentes actividades, que aún los propios chilenos desconocen, y los medios y elementos de que dispone la Facultad para cooperar a resolver sus problemas e investigaciones, señalando los resultados que en casos o consultas determinadas de la industria o de particulares, se hayan alcanzado debido a esta cooperación.

Estas ideas generales, son como se comprende de vasta aplicación en los estudios de la rama eléctrica coordinada lógicamente y principalmente con los estudios afines de turbinas hidráulicas, a vapor y a gas y maquinaria Diesel, cuyo dominio es indispensable para el futuro Ingeniero Electricista.

Pasaremos a referirnos a los *objetivos del nuevo curso de Electrotecnia Especial y a la actuación que le corresponde a los alumnos*. Respecto a este curso que nos cumple iniciar, sin entrar en el detalle de programa que no corresponde a este análisis general y que ha sido preparado por el Departamento Coordinador respectivo de la Facultad; bástenos señalar su importancia como curso fundamental o básico de las diferentes ramas de maquinaria eléctrica, generación, transmisión y distribución; medidas y pruebas; tracción eléctrica; aplicaciones electro-químicas y a procesos industriales; comunicaciones; electrónica, etc.

El fin fundamental como se comprende, es propender a la formación de calidad y eficiencia, antes que cantidad; y respecto a enseñanza, conocimientos básicos teóricos-experimentales, análisis y coordinación o posibilidades de aplicación de ellos, antes que extensión y cantidad; y en cuanto a educación, desarrollar un buen «criterio profesional» para actuar, dirigir y organizar.

Para obtener esto, no basta que profesores, ayudantes, y medios materiales de Laboratorio satisfagan los requisitos necesarios; es indispensable una intercorrelación con requisitos esenciales que debe satisfacer el alumno, y que dada su importancia para su propio futuro de ellos, es de evidente necesidad que desde el primer momento se compenetren de ellos y se orienten debidamente.

En efecto, a nuestro juicio se requiere un ambiente de comprensión espiritual entre alumnos y profesor, que facilite el intercambio de ideas, consultas y coordinación técnica o experimental en el Laboratorio; juntamente con un decidido empeño del estudiante para desarrollar sus características mentales de razonamiento, análisis crítico, imaginación, y muy especialmente criterio; para afrontar por sí solo cualquier problema o trabajo en vez de lo que ocurre en algunos de comenzar como estudiante por buscar quien haya resuelto antes el problema o en que libro pueda encontrar algo igual, con el resultado posterior de llegar a ser un profesional sin confianza en sí mismo, personalidad y criterio profesional para afrontar problemas y responsabilidades, y dispuesto a aceptar sin un propio análisis lo que otros propongan o hayan resuelto.

Se debe estudiar en consecuencia, no en la forma obligada o pasiva para pasar un examen y obtener un título; sino en la forma activa con la dedicación y entusiasmo necesarios para satisfacer un ideal, sea este profesional o técnico, de investigación experimental o científico, compatible con sus aptitudes y medios materiales y económicos.

En este sentido encontrarán los alumnos en nuestro curso y en los ayudantes del Laboratorio, colaboradores entusiastas que de acuerdo con nuestras posibilidades de preparación y experiencia, los orienten para alcanzar dicha meta.

3.º Realidades y posibilidades de la Rama Eléctrica

El amplio campo de aplicación y de desarrollo de la rama eléctrica, desde el punto de vista científico, técnico, industrial, y en sus múltiples aplicaciones en la vida diaria; justifica considerarla como una rama fundamental de nuestros conocimientos.

Ella permite el desarrollo en gran escala de los recursos naturales de energía hidráulica o térmica, en centrales y líneas de transmisión de cientos de kilómetros, con el máximo de seguridad y eficiencia para su aplicación o transformación en los centros industriales, ferrocarriles o poblaciones, en energía luminosa, térmica, química o mecánica, en ondas radiales o electromagnéticas; hasta su importantísimo campo en actual investigación de desintegración electrónica que abre posibilidades enormes a la nueva ciencia que revolucionará los procedimientos de obtener y aplicar la energía atómica.

Esbozaremos a continuación, algunos de sus aspectos característicos en relación con su importancia, su magnitud o su novedad.

Desde el punto de vista científico puede señalarse, desde la teoría electromagnética de la luz como caso particular de la teoría de las radiaciones, hasta la de la estructura del átomo (electrones, iones, protones, etc.); y el reciente desarrollo de la energía nuclear basado en la relación de masa y energía de Einstein, y en la posibilidad hecha ya realidad de desintegración del átomo en «ciclotrones» y «betatrones» por el procedimiento de comunicar a los electrones enormes velocidades y por consiguiente grande energía cinética bajo la acción simultánea de un poderoso campo electromagnético y de un potencial fantásticamente elevado, necesario para el bombardeo electrónico de isotopos de uranio u otros para conseguir la desintegración.

Como instrumentos de carácter científico mencionaremos el «microscopio electrónico» que permite ampliaciones del orden de 25,000 diámetros, el «oscilógrafo catódico» cuyo haz catódico sin inercia permite observar en su pantalla fluorescente o fotografiar los rapidísimos fenómenos transitorios de líneas de transmisión, y ondas radiales de frecuencia elevadísima con la precisión del centésimo de microsegundos.

La célula fotoeléctrica con su aplicación a medidas astronómicas y sinnúmero de aplicaciones a medidas y controles físicos de precisión.

Durante la segunda guerra mundial se desarrollaron dispositivos electrónicos de «piloto automático», aterrizaje nocturno por haces de ondas radiales, brújula giroscópica con motor eléctrico de 10,000 revoluciones por minuto y aplicación del giroscopio a estabilización del tiro en buques y especialmente en «tanques», localización de aviones por rayos ultrarrojos, control del tiro sobre blancos en movimientos como aviones y buques y localización de ellos y de los obstáculos del terreno o contornos de la costa con el «radar» por haces radiales de ondas ultracortas cuya diferencia de tiempo entre la onda dirigida y la reflejada o sea fracción de microsegundos, una vez convertida en diferencia de frecuencia se traduce en indicación visual en la pantalla fluorescente de un oscilógrafo catódico especial.

Los procedimientos electrónicos fuera de su aplicación ya vulgarizada en la vida diaria en la radiotransmisión, radiotelevisión, cine sonoro, inscripción musical en discos y recientemente en alambre y cinta magnética, tiene múltiples aplicaciones en investigaciones de otras ramas no eléctricas como en investigaciones geofísicas y sondeos petrolíferos para determinar la naturaleza de las capas terrestres por medidas por procedimientos eléctricos de la intensidad y frecuencia de la propagación de ondas mecánicas vibratorias provocadas por explosiones controladas. Igualmente en estudios mecánicos de precisión, empleando dispositivos «estroboscópicos» a base electrónica que permiten medir velocidades, vibraciones y localizar defectos de balanceado dinámico, y comportamiento de piezas en movimiento rotatorio y válvulas, por medio de destellos luminosos intensos sincronizados con el movimiento a observar y que permiten verlos como si estuviesen detenidos.

En la ciencia mecánica las «propiedades piezoeléctricas» de cristales de cuarzo permiten la medida precisa en términos eléctricos de vibraciones mecánicas, de presiones intensas en el cilindro de motores Diesel; y similarmente los «strain gages» o calibres de esfuerzos, formados por resistencias eléctricas de finísimo alambre resistente, aplicados a piezas estáticas como vigas o rotatorios como ejes, sometidos a esfuerzos, permiten observar las deformaciones eléctricas de alargamientos que convertidas en variaciones de resistencia eléctrica traducen en términos eléctricos los esfuerzos internos correspondientes, longitudinales, transversales o de torsión. Las medidas de torsión en la forma indicada o por procedimientos magnéticos, tienen una aplicación importante en la determinación de la potencia transmitida por un eje como en los casos de hélices de buques y aviones, máquinas herramientas, etc.

En hidráulica la medida de velocidades en grandes cañerías como las de centrales, se hace factible midiendo el tiempo de pasaje entre dos pares de electrodos colocados a cierta distancia, de una mancha concentrada de disolución de una sal conductora introducida para el objeto en la cañería.

Además, las múltiples aplicaciones y precisión extrema alcanzada por válvulas electrónicas detectoras, amplificadoras, osciladoras, rectificadoras de control de rejilla o «thyratrones», etc.; han permitido la medida, regulación y control preciso de procesos y fabricaciones industriales, y aún realizar estos de acuerdo con una pauta predeterminada y automáticamente como en soldadura automática, sincronización automática de grandes generadores, hasta la instalación de puesta en marcha y de tensión totalmente automática y absolutamente sin ningún operador de subestaciones y de centrales, especialmente hidroeléctricas.

Finalmente en la ciencia médica, fuera de usos suficientemente conocidos de rayos ultravioletas, ultratermia, cardiogramas de la fuerza electromotriz pulsatoria generada por el ritmo del corazón, rayos X (también aplicados a control metalúrgico) etc.; su aplicación más reciente y espectacular para visualizar en una pantalla fluorescente el recorrido y actuación de los medicamentos en el interior del cuerpo por medio de su agregado de átomos especiales o isótopos, radioactivados, que indican en la pantalla su presencia, recorrido y forma de reaccionar internamente; procedimiento de investigación de un interés científico enorme.

Orden de magnitud de la maquinaria eléctrica; y aplicaciones características en Chile

Antes de terminar este esbozo general, pasaremos en revista el orden de magnitud de la maquinaria eléctrica industrial; y especialmente de las aplicaciones técnicas características efectuadas en Chile, en cuya iniciativa de progreso le ha correspondido, a nuestro país el honor de destacarse sobre los países sudamericanos.

La unidad generadora de mayor potencia actualmente en servicio es el grupo turbogenerador a vapor instalado en Nueva York de 160,000 KW. con turbina «cross-compound»; en grupos hidroeléctricos 85 000 KW. en Bulder Dam, E. U.; en grupos Diesel Eléctricos 10 000 KW. en Berlín antes de la guerra; en transformadores eléctricos 75 000 KW. en E. U.; en convertidores de mercurio 3 000 KW. a 3 000 volts. corriente continua; en alto voltaje de trasmisión 275 000 volts. en E. U. y en líneas de ensayo 400 000 volts. etc.

En nuestro país tenemos la línea de trasmisión trifase de tensión más elevada y mayor longitud en Sud América, de la Central Abanico a Concepción a 154 000 volts. con doble línea de 154 km. cada una.

Nuestro primer ferrocarril electrificado fué el del Tofo a Cruz Grande a 2 400 volts corriente continua, el primero en Sud América como antes el de Copiapó a Caldera había sido el primero a vapor; y la primera electrificación de los Ferrocarriles del Estado de Santiago-Valparaíso-Los Andes con corriente continua a 3 000 volts simultáneamente con la del Ferrocarril Paulista en Brasil pero de mayor extensión e importancia que éste.

En ferrocarril de montaña a cremallera, el del Ferrocarril Transandino que cruza la cordillera de Los Andes por un tunel de 3 000 metros, electrificado a 3 000 volts corriente continua, único en Sud América, y además el primero con subestaciones automáticas. El Ferrocarril Santiago-Valparaíso-Los Andes, inicialmente con subestaciones de operación manual, se convirtieron en seguida en automáticas; y el control de la potencia de sus diferentes subestaciones para obtener un eficientemente elevado factor de carga, también es automático y antes que cualquier otro ferrocarril de Europa.

A este respecto me cabe señalar el interés demostrado por las ramas ferroviarias durante nuestra representación del país en la 2.ª Conferencia Mundial de la Energía en Berlín, y la siguiente de Grandes Redes Eléctricas en París, a los trabajos técnicos que presentamos sobre el progreso de la electrificación ferroviaria en combinación con grandes redes trasmisoras, comprobándose el adelanto que en esta materia teníamos respecto a los países europeos.

Con respecto a nuestras centrales productoras, completaremos algunos datos de la Central Abanico a que nos hemos referido ya; sus grupos de 21 500 KW. a 13 800 volts cuyas pruebas y puesta en servicio nos ha tocado realizar recientemente, son las unidades de mayor potencia hidroeléctrica en servicio en el país; que serán superadas por los de la central Sauzal con turbinas de 33 600 HP. y generadores de 32 000 KW. que después de pruebas similares esperamos se puedan poner en servicio a fines del presente mes.

En centrales térmicas con turbogeneradores, la de la Chile Exploration Co. en Tocopilla que quema petróleo en sus calderas, y trasmite su energía a Chuquicamata

a 110 000 volts através del desierto (único caso conocido) para la gran industria del cobre, tiene una capacidad del orden de 120 000 KW. con una producción diaria de 2 000 000 KWH. (año 1941 en que la visitamos) y probable actual de 1 000 000 000 KWH. anuales; ejemplo típico de aprovechamiento para fines electroquímico para la obtención del cobre electrolítico y una de las mayores instalaciones mundiales productoras de cobre.

En la misma zona Norte, la central María Elena de la Anglo Chilean, es un caso típico de central Diesel para la industria salitrera con grandes motores Diesel de 7 000 HP.-5 000 KVA. y capacidad total del orden de 15 000 KVA, el año 1941 en que tuvimos oportunidad de visitarla.

Similarmente la central Pedro de Valdivia de 15 000 KW.; la de Proterillos, etc

Como ejemplo de centrales Diesel, de potencia moderada del orden de 1 000 a 1 500 KW. en lugares de dificultad de combustible carbón, las de Copiapó y de Ovalle, cuyas redes y centrales nos correspondió ejecutar.

En la zona central Santiago-Valparaíso, la Compañía Chilena de Electricidad tiene diferentes plantas hidroeléctricas, la mayor Maitenes con 40 000 KVA. instalados, y la técnica a vapor de Laguna Verde con un grupo de 22 500 KVA.; siendo el suministro máximo actual o sea la demanda máxima del sistema 160 000 KW.

Pasando a otras maquinarias, desde el punto de vista de su importante aplicación a la electrificación ferroviaria y a procesos electroquímicos para la preparación de metales por electrolisis industrial; mencionaremos los «rectificadores de vapor de mercurio» para 3 000 volts y 3 000 KW. para ferrocarriles; y su reciente realización durante la guerra del «Ignitron» monofase de 1 000 KW. a 600 volts para la preparación del aluminio y magnesio, con una simplificación importante en el encendido y su construcción respecto a los otros.

La Compañía Chilena de Electricidad emplea en algunas de sus subestaciones rectificadores de mercurio; y los Ferrocarriles del Estado en su programa de electrificación Santiago-Talca-San Antonio consulta igualmente el uso de subestaciones a convertidor de mercurio para 3 000 volts corriente continua.

Pasando a «sistemas de comunicaciones», fuera de la importancia en las transmisiones por alambre telefónicas, telegráficas y cable submarino, con sus modalidades de transmisión inscriptora y en máquina de escribir y telefotográfica, los aficionados a la radio conocen los perfeccionamientos en radiotransmisión en onda corta, con modulación de amplitud, de frecuencia y recientemente de impulsos; y la importancia industrial por ondas dirigidas superpuestas a los mismos conductores transmisores de energía de las líneas de transmisión, es decir del sistema «carrier current» que se emplea en nuestro país por la Cía Chilena de Electricidad entre sus centrales hidráulicas y Laguna Verde, y se ha instalado por la ENDESA en el sistema Sauzal. En el sistema Abanico se emplea transmisión radial directa en onda corta con potencia de 150 watts. que hemos recibido en el Laboratorio de la ENDESA en la Escuela de Ingeniería.

Para concluir con este rápido bosquejo, queremos subrayar la gran importancia de la rama electrónica que para el Ingeniero Electricista es ya o llegará a ser la herramienta principal de los métodos de medidas, control y automatización de centrales y procedimientos industriales; elemento de investigación científico y técnico de enormes posibilidades aun en procesos matemáticos como registro en coordenadas esponen-

ciales o logarítmicas, y aún en la solución rápida de ecuaciones diferenciales de difícil integración.

Las enormes posibilidades que en este limitado análisis de ellas hemos expuesto, hacen prever que en el futuro ellas revolucionarán nuestros procedimientos, y en consecuencia merecen toda la atención del científico, del investigador o del técnico, ya que abren amplio campo a sus concepciones de progreso para nuestro país.

Nuestro breve análisis de la importancia alcanzada por la rama eléctrica en nuestro país, y de sus posibilidades, ha tenido por objeto principal y deseamos que lo hayamos cumplido, de desarrollar el optimismo necesario en los futuros Ingenieros Electricistas respecto a lo que se ha hecho en Chile y a sus enormes posibilidades futuras que les corresponderá a ellos hacer realidad en beneficio de nuestra patria.

Santiago, 3 de mayo de 1948.