



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA
EN LA ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
Y SU APORTACIÓN A LA PROFESIONALIZACIÓN
DE LA FÍSICA EN MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

F Í S I C O

P R E S E N T A:

GERARDO TANAMACHI CASTRO



**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MARÍA DE LA PAZ RAMOS LARA
2014**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Tanamachi

Castro

Gerardo

53 96 63 91

Universidad Nacional Autónoma de

México

Facultad de Ciencias

Física

302549225

2. Datos del tutor

Dra

María de la Paz

Ramos

Lara

3. Datos del sinodal 1

M en C

José Rafael

Martínez

Enríquez

4. Datos del sinodal 2

Ing

Gonzalo

López

de Haro

5. Datos del sinodal 3

Dr

Victor Manuel

Romero

Rochín

6. Datos del sinodal 4

Dra

Susana

Biro

McNichol

7. Datos del trabajo escrito.

La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros y su aportación a la profesionalización de la física en México

187 p

2014

Agradecimientos

A Dios, por todo.

A mamá y papá, por su amor. Les dedico este trabajo a ustedes.

A abuelita, bachan, abuelo y jichan.

A Lucho.

A mi familia.

A mis amigos.

A la Dra. Marypaz Ramos Lara, por su atenta y amable dirección en el camino que condujo a la conclusión de esta tesis, así como por su apoyo para seguir por este camino.

Al M. en C. José Rafael Martínez Enríquez, el Ing. Gonzalo López de Haro, el Dr. Víctor Manuel Romero Rochín y la Dra. Susana Biro McNichol, sinodales de este trabajo, por sus valiosos comentarios, los cuales enriquecieron mi perspectiva no sólo del tema de mi tesis, sino también de la historia de la física en general.

Al Fis. Francisco Omar Escamilla González, por su orientación y facilidades en la consulta de las fuentes del Acervo Histórico del Palacio de Minería.

A la UNAM y a todos los que, voluntaria o involuntariamente, la han hecho posible.

ÍNDICE

| | página |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Introducción | 6 |
| Capítulo 1. Antecedentes | 12 |
| 1.1. Introducción | 12 |
| 1.2. La ciencia en la Nueva España | 13 |
| 1.3. El nacimiento del Seminario Metálico | 15 |
| 1.4. El proyecto educativo del Real Seminario de Minería | 17 |
| 1.5. Las etapas del Colegio de Minería | 18 |
| 1.6. La enseñanza de la física en el Colegio | 22 |
| Capítulo 2. La Escuela Nacional de Ingenieros. Aspectos generales | 30 |
| 2.1. Introducción | 30 |
| 2.2. La transformación del Colegio de Minería | 31 |
| 2.3. La Escuela Nacional de Ingenieros | 32 |
| 2.4. La integración a la Universidad Nacional | 33 |
| 2.5. Las carreras | 36 |
| 2.6. El funcionamiento de la Escuela | 41 |
| 2.6.1. El gobierno de la Escuela | 41 |
| 2.6.2. Las actividades académicas | 44 |
| 2.7. Estadísticas escolares | 49 |
| 2.8. Los recursos de la Escuela | 55 |
| 2.9. El campo laboral de los ingenieros | 58 |
| 2.10. La presencia de los egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros en la vida nacional | 61 |
| Capítulo 3. La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros | 64 |
| 3.1. Introducción | 64 |
| 3.2. La enseñanza de la física en la Escuela Nacional Preparatoria | 65 |
| 3.3. Los cursos de física en el plan de estudios de la ENI de 1867 a 1940 | 68 |
| 3.4. Los programas de los cursos de física de la ENI | 75 |
| 3.4.1. Las materias de mecánica | 75 |
| 3.4.2. Las materias de física | 80 |
| 3.5. Los profesores | 86 |
| Capítulo 4. La aportación de la enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros a la profesionalización de la física en México | 89 |
| 4.1. Introducción | 89 |
| 4.2. La física en el proyecto original de la Universidad Nacional | 90 |
| 4.3. La física en la ENAE y la Facultad de Filosofía y Letras | 91 |
| 4.4. La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas | 95 |
| 4.5. La Facultad de Ciencias | 99 |
| 4.6. Los estudiantes | 102 |

| | |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 4.7. La investigación en física | 106 |
| Conclusiones | 113 |
| Fuentes consultadas | 119 |
| Apéndice 1. Planes de estudio | 130 |
| Apéndice 2. Programas de materias de física | 148 |
| Apéndice 3. Libros de texto | 167 |
| Apéndice 4. Profesores | 171 |

INTRODUCCIÓN

Siempre he buscado respuestas. Decidí estudiar física para poder entender algunas de esas respuestas y tener medios para buscar otras. Mi paso por la UNAM motivó muchas preguntas más, entre las cuales llamaron especialmente mi atención algunas relacionadas con la esencia del conocimiento científico, los problemas en la enseñanza de la física y los obstáculos que impiden que la sociedad disfrute de todos los beneficios que le puede aportar el desarrollo de la física. Fue así como me encontré con la historia de la ciencia, buscando claves para responder algunas de estas preguntas. Gracias a la Universidad, pude acercarme a esta disciplina de diversas maneras. Mi atención se empezó a centrar en la historia de la física en México, lo cual me motivó a llevar a cabo mi Servicio Social haciendo una investigación sobre la importancia de los cursos de física en la formación de los ingenieros civiles de la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) en la primera mitad del siglo XX, bajo la dirección de la Dra. María de la Paz Ramos Lara. Elegí este tema con el fin de observar la manera en que se reflejaron en la educación superior de la física los cambios producidos debido a la transición del porfiriato al periodo revolucionario y luego a una etapa de estabilidad. A falta de una carrera profesional de física en México en las primeras décadas del siglo, me pareció que era un caso relevante, pues la carrera de ingeniería civil era la más importante de una escuela líder en su ramo a nivel nacional. Esta investigación me permitió iniciarme en un trabajo de este tipo, familiarizarme con el tema, conocer sus principales fuentes de información y darme cuenta de que faltaba mucho por ser estudiado. Me interesé más en el tema al saber de la importancia de los ingenieros de dicha Escuela para el desarrollo del país y en el surgimiento de la física profesional en México.

Así fue como decidí elaborar la presente tesis, profundizando y extendiendo dicha investigación. Principalmente quise responder las siguientes preguntas: ¿Qué se estudiaba en los cursos de física de la Universidad en aquella época? ¿Cuál fue el origen de esos estudios? ¿Qué papel jugaban esos estudios en el proyecto educativo del que formaban parte? ¿Cómo participaron los ingenieros de la ENI en el surgimiento de la física

profesional?

Tenía la hipótesis de que en la ENI habían existido cursos de física desarrollados con base en una larga tradición académica y científica que les había dado solidez y que estos cursos fueron uno de los factores que hicieron posible la formación de los ingenieros capaces de modernizar al país. Ellos, con el apoyo de la infraestructura de la ENI, habrían sido los más indicados para impulsar y sentar las bases de una nueva profesión: la de físico.

Originalmente mi intención era extender el periodo estudiado hasta la transformación de la Escuela en Facultad de Ingeniería, a finales de la década de los cincuenta. Sin embargo, caí en la cuenta de que esto suponía un trabajo demasiado extenso, en particular debido al crecimiento de la Escuela, por lo que fijé el límite del periodo estudiado alrededor de 1940, en la época de los inicios de la Facultad de Ciencias y del Instituto de Física de la UNAM.

Desde que inicié mi investigación me sorprendió la escasez de literatura acerca de la ENI y de la formalización de los primeros estudios de física en México. Además de los trabajos publicados por mi asesora, las obras que encontré y que sirvieron de base para mi investigación fueron tesis de licenciatura, maestría, doctorado y un estudio posdoctoral realizados en la UNAM, presentados por María Estela Navarro Robles, David Martín Baptista González, Adriana Minor García, José Raúl Domínguez Martínez, Edgar Omar Rodríguez Camarena, Hugo Enrique Montaña Castillo y la misma doctora Ramos. Dichos trabajos, a los cuales hago referencia ampliamente a lo largo de esta tesis, tratan sobre el desarrollo de las carreras de la ENI (en especial las ingenierías civil y petrolera), los antecedentes de la profesionalización de la física en México (principalmente en el siglo XIX y en la Escuela Nacional de Altos Estudios) y los primeros años de la Facultad de Ciencias y del Instituto de Física de la UNAM.

Sin embargo, sobre la ENI en las primeras décadas del siglo XX (particularmente sobre la enseñanza de la física) y su contribución a la profesionalización de la física en México, los trabajos realizados hasta ese momento estaban más bien limitados a textos recopilatorios o anecdóticos, o bien a investigaciones que se referían a dichos temas sólo de forma tangencial, como es el caso de diversos estudios generales sobre la historia de la ciencia y la tecnología nacionales, la educación técnica, el Colegio de Minería, la UNAM, personalidades destacadas, etc.

Comprendí entonces que las fuentes primarias tenían que ser la base de mi trabajo, con el tiempo y labor que esto traería consigo. Estas fuentes fueron principalmente publicaciones periódicas de la época y documentos custodiados en el Acervo Histórico del Palacio de Minería, el Archivo Histórico de la UNAM y el Archivo General de la Nación. El último de éstos conserva muy pocos documentos, mientras que el primero contiene la mayor cantidad. Existe cierto orden en los documentos, pero en todo caso, los catálogos existentes distan mucho de ser exhaustivos, por lo que parte de mi trabajo fue el de buscar, más que en catálogos, en cajas, en rollos, en expedientes, a veces para darme cuenta de que el dato que buscaba no estaba en ninguno de los lugares en que era probable que estuviera. Debido a esto y a que el tipo de documentos y de publicaciones disponibles no es constante a lo largo del periodo estudiado, son los datos mismos los que han delineado los límites de la presente investigación.

En estos términos se enmarcó esta tesis, cuyo título es *La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros y su aportación a la profesionalización de la física en México*. Para precisar el tema de mi trabajo, refiero a continuación la manera en que entiendo algunos conceptos importantes. Lo hago de manera breve y aproximada, pues son conceptos que no cuentan con una definición universal debido a que dependen del contexto y la situación particular en que se estudien. Formulo las siguientes nociones a partir de la antes mencionada bibliografía básica de esta investigación.

Enseñanza de la física se refiere a las actividades planeadas y realizadas por alguna institución educativa con el objetivo de que los estudiantes adquieran un conjunto de conocimientos asociados al campo de la física, con la intención de que puedan hacer uso de ellos. En el caso del tema de este trabajo, la enseñanza de esta materia se llevó a cabo por medio de cursos que formaban parte del plan de estudios. Se entiende por *física* lo que en la ENI se entendía por este término (y que, en general, coincide con la noción actual), según lo que se puede constatar en los programas de los cursos: el estudio de las propiedades e interacciones fundamentales de los componentes del universo observable. Si bien a través del tiempo los temas variaron y se estudiaron seguramente con diferentes enfoques, la función de los cursos de física se mantuvo. Cabe señalar que la mecánica también se considera en esta tesis, aunque se impartió comúnmente por separado de las otras ramas de la física.

Por su parte, *profesionalización de la física* es el proceso social que culmina cuando existe alguna entidad de educación superior que cuenta con los recursos necesarios para formar individuos con un entrenamiento especializado en el ámbito de la física, a los cuales les puede otorgar un certificado, avalado por sus pares, que califique su aptitud y competencia. Ha de existir además algún organismo de investigación en donde los egresados de dicho establecimiento educativo, que conforman un grupo ocupacional relativamente homogéneo y distinto, puedan desempeñarse de tiempo completo y de manera remunerada haciendo contribuciones científicas de calidad.

En lo que respecta al contenido de la tesis, ésta se encuentra dividida en cuatro capítulos que se pueden resumir como sigue: en el primer capítulo, refiero los orígenes de la enseñanza de la física en México, que se remontan a las primeras décadas de la colonia y que fueron el antecedente de la institucionalización de la física en América, que sucedió en el Colegio de Minería, establecimiento fundado a fines del siglo XVIII según los más altos estándares de su tiempo y que más tarde dio origen a la ENI, que a su vez fue crucial en la creación de los estudios de física en la UNAM. El Colegio contó con cursos de física y de mecánica desde sus inicios. Se le llama aquí *institucionalización científica* al proceso mediante el cual se establece un espacio destinado al desarrollo de actividades científicas, las cuales quedan sujetas a una regulación que determina sus objetivos y las dota de los medios para alcanzarlos.

El segundo capítulo es un estudio sobre aspectos generales de la Escuela de Ingenieros. Hablo ahí tanto de su trayectoria, importancia y forma de operar, como de las carreras que ofrecía, puesto que en muchas de ellas, aunque no en todas, se impartieron cursos de física. Esta Escuela se incorporó en 1910 a la Universidad Nacional de México (en el momento en que ésta se fundó), institución que recibiría la encomienda de crear carreras e instituciones dedicadas a diversas ciencias, entre las cuales estuvo la física. La Escuela de Ingenieros funcionó con regularidad y relativa autonomía a pesar de los vaivenes políticos y fue un ejemplo a seguir para otras instituciones; por sus aulas pasaron destacadas personalidades de los ámbitos educativo, industrial y gubernamental. A través del tiempo se fue adaptando a las necesidades del desarrollo nacional, pero también fue reflejo del mismo, por ejemplo, en el hecho de que la carrera de ingeniero civil tenía mucha más demanda que cualquier otra.

El tercer capítulo versa propiamente sobre la enseñanza de la física en la ENI. La física, como ciencia fundamental en la formación del ingeniero, siempre estuvo presente en el plan de estudios. Su enseñanza sufrió modificaciones en medio de una tensión generada entre, por un lado, el interés de incluir en los cursos sólo los temas indispensables para la carrera de ingeniería en la que se impartían, y por el otro, la presencia de temas importantes más bien en otras ingenierías, así como de una tensión entre un enfoque más teórico o más práctico de las materias. Los temas de física fueron principalmente de mecánica y electricidad. La mayoría de los cursos fueron impartidos por ingenieros de distintas especialidades egresados de la misma Escuela, aunque también los hubo de otras escuelas, tanto nacionales como extranjeras. Muchos de los profesores desarrollaban también actividad profesional como ingenieros.

El último capítulo muestra cómo los profesores y los recursos materiales de la ENI fueron decisivos en el proceso de la profesionalización de la física en México, principalmente dentro de la UNAM. Este proceso comenzó (con éxito limitado) en la Escuela Nacional de Altos Estudios con la participación de profesores de la ENI. El proyecto de una carrera y de un instituto de investigación en física, que se consolidó en la Facultad de Ciencias y el Instituto de Física, respectivamente, finalmente se materializó cuando gracias al interés y las gestiones de un profesor de la ENI, el ingeniero Ricardo Monges López, se insertó en la estructura institucional de la ENI, compartiendo con ésta incluso profesores y recursos materiales.

Al final del trabajo se encuentra, a modo de apéndices, la información sobre planes de estudio, programas y textos de las materias, y profesores de los cursos de física.

Cabe destacar que los tres últimos capítulos (y los apéndices) contienen información proveniente de fuentes primarias, lo que da a este trabajo su originalidad en el campo de la historia de la ciencia en México. Mi tesis es innovadora debido a que provee de una gran cantidad de información que se desconocía con relación a la trayectoria que tuvieron los cursos de física en la ENI en las primeras cuatro décadas del siglo XX: el nombre de los profesores, los libros de texto utilizados, los programas de estudio, etc. Además de esto, presenta una comparación con los datos de la Escuela Nacional de Altos Estudios, la Facultad de Filosofía y Letras, la Facultad de Ciencias y las instancias que le dieron origen, y el Instituto de Física. Esto, a su vez, me permitió confirmar mis hipótesis y determinar la

importancia de la ENI en la profesionalización de la física en México.

Sin lugar a dudas, este trabajo me dio la oportunidad de conocer mejor la historia de la física, la historia de mi país e incluso la historia de mi tatarabuelo (siempre llamó mi atención que una calle llevara su nombre), el ingeniero de minas y metalurgista Claudio Castro, egresado y más tarde profesor de la ENI.

Después de esta tesis, naturalmente, tengo más preguntas que al principio. Por ejemplo, ¿qué semejanzas y diferencias hubo en el proceso de la profesionalización de la física en México y en otros países?, ¿qué características de este proceso fueron determinantes en el desarrollo nacional?

Sin embargo, creo haber encontrado respuestas parciales a las preguntas que me planteé originalmente que, en mi opinión, nos pueden servir para apreciar mejor el trabajo de quienes han forjado la ciencia y la educación nacionales, así como para entender mejor la situación actual y proponer algunas de las soluciones que hacen falta.

CAPÍTULO 1

Antecedentes

La Estática y la Dinámica, sobre todo, no progresaron sino hasta que se emplearon la observación y la experiencia en el estudio de los fenómenos, abandonando los viejos métodos de la filosofía escolástica; hasta que se buscó *cómo se producen* los fenómenos y no *por qué se producen*.

VALENTÍN GAMA

1.1. Introducción

En este capítulo se hará un recorrido histórico por los antecedentes de la enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros, la cual, a su vez, fue la piedra angular de la primera carrera y los primeros institutos de investigación en física, además de haber sido fundamental para el desarrollo de otras ciencias afines, en México. Se hablará principalmente del Colegio de Minería, establecimiento en que se institucionalizó la física en el siglo XVIII, no sólo en el país, sino en todo el continente americano, y que en el siglo XIX se transformó en la Escuela Nacional de Ingenieros.

En este apartado se verá cómo el Colegio, que se dedicó hasta 1867 a formar expertos en minas, inició con un curso de física general, con énfasis en la mecánica, y en la primera mitad del siglo XIX abrió dos cursos, más específicamente de mecánica, que se heredarían a la siguiente etapa de la institución.

En las distintas fuentes el nombre de este establecimiento aparece unas veces como Seminario y otras como Colegio, y en ocasiones se le agrega el adjetivo de Nacional. En este trabajo se le nombra según la fuente que aporta el dato en particular, y cuando se habla genéricamente de la institución se le llama Colegio de Minería.

1.2. La ciencia en la Nueva España

Desde el siglo XVI llegó a la Nueva España la ciencia europea del momento, de tradición predominantemente escolástica. La enseñanza formal de esa ciencia, que fue incorporando los avances realizados por las culturas autóctonas,¹ comenzó en las primeras décadas del periodo colonial.

Dicha enseñanza no existía por derecho propio sino, en el caso de la física, como parte del curso de artes que era impartido en la Universidad Real y Pontificia de México, inaugurada en 1553, y en colegios a cargo de órdenes religiosas.² De hecho, un agustino que fue llamado para dar clase en esa Universidad y que antes había sido profesor en la Universidad de Salamanca, fray Alonso de la Veracruz (1504-1584), publicó en 1557, en la Ciudad de México, el primer libro de física escrito e impreso en toda América: *Physica Speculatio*.³

Con el correr de los años, una tradición que privilegiaba la observación y la experiencia, una ciencia moderna, empezó a desarrollarse y a entrar en competencia con el escolasticismo, encontrando así oposición en ciertos sectores del virreinato.⁴

Las ideas de científicos como Copérnico, Galileo o Descartes fueron conocidas, estudiadas y difundidas por algunos novohispanos de la época, entre los que destacaron fray Diego Rodríguez (c. 1569-1668) y Carlos de Sigüenza y Góngora (1645-1700), profesores de la Universidad Real y Pontificia que llevaron a cabo trabajos notables en el campo de la astronomía.⁵

Cabe mencionar también que la ciencia moderna permeó paulatinamente a las instituciones de la Compañía de Jesús, orden que tenía a su cargo buena parte de la educación superior. Los jesuitas hicieron los primeros intentos de institucionalizar la física reformando los estudios tradicionales, enseñaron física newtoniana e introdujeron nuevos

¹ Elías Trabulse, *Historia de la ciencia en México, –Siglo XVI–*, pp. 12 y 39-42.

² M. A. Moreno Corral, *–La physica speculatio, primer libro de física escrito y publicado en el continente americano–*, p. 74; María de la Paz Ramos Lara, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, 1994, pp. 21 y 22.

³ Moreno Corral, *op. cit.*, pp. 74 y 76.

⁴ Trabulse, *op. cit.*, –Siglo XVI–, pp. 11 y 21-24.

⁵ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 23.

métodos de observación, experimentación y crítica.⁶

Así, el movimiento ilustrado del siglo XVIII encontró eco en la Nueva España. Esto tuvo lugar particularmente en la sociedad criolla, que poco a poco alcanzaba el poder político, y se vio favorecido por la influencia francesa y las políticas borbónicas que venían desde España.⁷

Una figura emblemática en este periodo es la del prolífico presbítero José Antonio Alzate y Ramírez (1737-1799). Estudioso de las matemáticas, las ciencias naturales y la medicina, destacó como polemista y difusor a través de sus múltiples publicaciones, por ejemplo, el *Diario Literario de México* y las *Gazetas de Literatura*.⁸

En el ámbito de la física, Juan Benito Díaz de Gamarra (1745-1783), rector del colegio filipense de San Miguel el Grande, escribió en 1774 la obra llamada *Academias de Filosofía*, que comprende, entre otros temas, mecánica, electricidad y óptica desde el punto de vista de científicos como Galileo, Newton y Franklin. Éste es considerado como el antecedente más lejano de un programa de estudios de física en la Nueva España.⁹ De este mismo autor es el texto *Elementa Recentoris Philosophiae*, tratado de filosofía, lógica, psicología, metafísica, ética, geometría, física y cosmología,¹⁰ que fue aceptado como texto en la Universidad.¹¹

Aparte de los esfuerzos individuales de investigadores enciclopédicos para transmitir la ciencia moderna,¹² en la segunda mitad del siglo XVIII se comenzaron a establecer diversas instituciones de carácter científico como parte de las nuevas políticas del reino:¹³ la Real Escuela de Cirugía (1768), Academia de las Nobles Artes de San Carlos (1781), el Jardín Botánico de México (1788).¹⁴

El interés en las ciencias se dio tanto en el plano abstracto como en su aplicación a

⁶ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 22 y 48-50; Trabulse, *op. cit.*, pp. 12-17.

⁷ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 29 y 30.

⁸ Trabulse, *op. cit.*, —“Apendices e índices”, p. 21.

⁹ Leticia Plascencia Gaspar *et al.*, —“La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudios”, p. 157.

¹⁰ Cándida Fernández Baños y Concepción Arias Simario, —“La ciencia mexicana en el Siglo de las Luces”, en Trabulse, *op. cit.*, —“Siglo XVIII”, p. 17.

¹¹ Trabulse, *op. cit.*, —“Siglo XVI”, pp. 111 y 117.

¹² Fernández Baños y Arias Simario, *op. cit.*, p. 18.

¹³ Alberto Moles Batlle *et al.*, *La enseñanza de la ingeniería mexicana, 1792-1990*, p. 97.

¹⁴ Fernández Baños y Arias Simario, *op. cit.*, p. 23.

la solución de problemas técnicos.¹⁵ En este renglón siempre fue importante la minería, que representaba la fuente de riqueza más importante para la Corona.¹⁶

1.3. El nacimiento del Seminario Metálico

Desde los primeros años del periodo colonial los españoles comenzaron a explotar los yacimientos metalíferos de la Nueva España. Esta actividad produjo ganancias cuantiosas para los mineros.

En un principio, los españoles se valieron de los métodos de extracción utilizados por los indígenas, quienes habían desarrollado una técnica avanzada.¹⁷ Más tarde, la industria prosperó notablemente gracias a algunos progresos tecnológicos locales. Los más importantes: los de Bartolomé de Medina (c. 1504-c. 1578) y Alonso Barba (c. 1559-c. 1662), quienes idearon los beneficios de plata de *-patio* y de *-eazo*.

No obstante, para la segunda mitad del siglo XVIII la industria minera mostraba, en general, un atraso técnico considerable.¹⁸ Esta situación fue consignada, por ejemplo, por Francisco Javier Gamboa (1717-1794) en 1761, en sus *Comentarios a las ordenanzas de minas*. Los trabajadores de las minas solían tener una capacitación deficiente y usaban métodos obsoletos, lo cual generaba pérdidas económicas, como cuando se abandonaba una mina inundada en vez de intentar rehabilitarla.¹⁹

Ante esta situación, el peninsular Juan Lucas de Lassaga (¿?-1786) y el criollo Joaquín Velázquez Cárdenas de León (1732-1786) prepararon en 1774 un documento²⁰ a nombre de los propietarios de minas de la Nueva España en el que expusieron la necesidad, por un lado, de organizar al gremio minero por medio de la erección de un tribunal, y por otro, de fundar un Seminario Metálico para formar sujetos suficientemente instruidos en la

¹⁵ Trabulse, *op. cit.*, *-Siglo XVI*, pp. 65-72.

¹⁶ Fernández Baños y Arias Simario, *op. cit.*, p. 13.

¹⁷ Trabulse, *op. cit.*, *-Siglo XVI*, p. 50.

¹⁸ Alberto Sarmiento y María Pardo, *-El claroscuro de la ciencia mexicana del siglo barroco*, en Trabulse, *op. cit.*, *-Siglo XVII*, p. 13.

¹⁹ Trabulse, *op. cit.*, *-Siglo XVI*, pp. 104 y 105.

²⁰ *Representación que á nombre de la Minería de esta Nueva España hacen al Rey nuestro Señor los Apoderados de ella D. Juan Lucas de Lassaga, Regidor de esta Nobilísima Ciudad y Juez Contador de Mineros y Albaceazgos; y D. Joaquín Velázquez de León, Abogado de esta Real Audiencia y Catedrático que ha sido de Matemáticas en esta Real universidad.*

minería.²¹

Después de las gestiones necesarias, en 1777 se declaró erigido el Real Tribunal de Minería, bajo la administración y dirección de Lassaga y de Velázquez, respectivamente, quienes recibieron la encomienda de elaborar el proyecto de unas nuevas *Ordenanzas de Minería*. Éstas entraron en vigor en 1784 y dispusieron la creación de un colegio con el nombre de Real Seminario de Minería, que quedaría bajo la jurisdicción del Tribunal. Diversas circunstancias retrasaron la inauguración del Seminario, como la muerte de Lassaga y de Velázquez en 1786.

Ese mismo año, Carlos III nombró director del Tribunal al prestigiado peninsular Fausto de Elhuyar (1755-1833),²² quien contaba entre sus mayores méritos el descubrimiento del wolframio junto con su hermano Juan José (1754-1796) y se había distinguido por sus actividades en los centros mineros más importantes de Europa, particularmente en la academia de minas de Freiberg, la primera de su tipo,²³ y donde estudió el célebre sabio prusiano Alexander von Humboldt (1769-1859).²⁴

En 1790 Elhuyar, que llegó a la Nueva España hasta 1788, presentó su plan para el Colegio de Minería, el cual coincidió prácticamente con lo proyectado por Joaquín Velázquez Cárdenas de León.²⁵ El plan disponía que en el Seminario habría veinticinco alumnos cuya educación y manutención sería pagada por el Tribunal y que serían descendientes o parientes próximos de mineros. El plan preveía asimismo la cotidianidad de los estudiantes, preocupándose por sus buenos hábitos y su educación moral.²⁶

Finalmente, el Real Seminario de Minería abrió sus puertas la mañana del 1º de enero de 1792. Su sede original fue una casa en la calle del Hospicio de San Nicolás en la Ciudad de México.

Comenzó sus actividades con ocho alumnos de entre catorce y diecinueve años de edad, que cursarían ese año las clases de matemáticas, francés, dibujo de figura y dibujo de

²¹ José Joaquín Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, p. 18.

²² Santiago Ramírez, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, pp. 20-56.

²³ Meinrath, A. *et al.*, "Uranium ores and depleted uranium in the environment, with a reference to uranium in the biosphere from the Erzgebirge/Sachsen, Germany", p. 179.

²⁴ Eduardo Flores Clair, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1824*, p. 47.

²⁵ Izquierdo, *op. cit.*, p. 30.

²⁶ Ramírez, *op. cit.*, pp. 55-73.

planos de toda especie.²⁷

1.4. El proyecto educativo del Real Seminario de Minería

El último tercio del siglo XVIII presenció el nacimiento de las primeras escuelas de minas del mundo. La primera de ellas fue la de Freiberg, establecida en 1765. Algunas de las fundaciones que le siguieron tuvieron lugar en Schemnitz (1770), Berlín (1770), San Petersburgo (1773), la localidad española de Almadén (1777) y París (1783).²⁸ Como parte de este movimiento, poco tiempo después se fundó el Real Seminario de Minería, moldeado según el modo de operar de las escuelas europeas.²⁹

La educación del Seminario se estructuró de acuerdo a una combinación de teoría y práctica. Originalmente se establecieron cuatro años de cursos en los que se incluía el ejercicio práctico del aprendizaje. Además, después de terminar éstos, los estudiantes debían pasar a residir dos años a las minas para practicar. Si los resultados eran satisfactorios se les podía someter a un examen final teórico y práctico y luego otorgárseles el título de perito facultativo beneficiador de metales.³⁰

Los cursos se articularon de acuerdo a cuatro materias principales que se estudiaban en el siguiente orden: matemáticas, física, química y mineralogía.³¹ De esta manera, el Seminario de Minería fue el primer colegio en América en que se dio la institucionalización de estas ciencias.³²

Hubo también un conjunto de asignaturas auxiliares, principalmente de dibujo e idiomas, que se impartieron a la par de los cursos científicos.

Las asignaturas y sus programas sufrieron diversos cambios a través del tiempo con el objeto de alcanzar los mejores resultados académicos y como respuesta a distintas concepciones de las necesidades industriales y sociales.³³ Incluso, en 1816 se introdujeron

²⁷ *Ibid*, pp. 92-98.

²⁸ Vaccari, Ezio, "Mining academies as centers of geological research and education in Europe between the 18th and 19th centuries", p. 37.

²⁹ Flores Clair, *op. cit.*, p. 53.

³⁰ Izquierdo, *op. cit.*, p. 20, 30 y 31.

³¹ Flores Clair, *op. cit.*, p. 47.

³² Ramos Lara, *op. cit.*, p. 63.

³³ Flores Clair, *op. cit.*, pp. 70 y 71.

dos nuevas carreras, la de ensayador y la de apartador.³⁴

Cabe señalar que en el Seminario hubo tres tipos de alumnos. Además de los de dotación que estaban becados, había otro tipo de alumnos internos: los porcionistas, que pagaban colegiatura. También los había externos (aficionados o profesionales de otras áreas) que asistían normalmente a las clases. Para dimensionar la actividad del colegio, sirve repasar algunos datos estadísticos de su primera etapa: entre 1792 y 1820 se matricularon 123 alumnos de dotación, 85 porcionistas y 125 externos, dando un total de 333 alumnos. Entre 1799 y 1820 hubo un total de 64 inscritos a la materia de física.³⁵ Entre 1792 y 1820, 12 alumnos, de los cuales la mitad fueron becarios, tuvieron que repetir dicho curso.³⁶ José Joaquín Izquierdo calcula que entre 1792 y 1811 hubo aproximadamente 34 graduados.³⁷

El Seminario logró continuar con sus actividades a pesar de la conmoción provocada por el movimiento de independencia, mismo que lo afectó al punto de comprometer seriamente su existencia.³⁸ Esta institución estrenó en 1811 su nueva sede en el edificio de la calle de San Andrés proyectado por Manuel Tolsá (1757-1816), aunque todavía no estaba completamente terminado.³⁹ La escuela permaneció ahí, después de varias transformaciones, hasta 1954.⁴⁰

1.5. Las etapas del Colegio de Minería

Poco tiempo después del fin de la guerra de independencia el Seminario de Minería dejó de depender del gremio minero y se integró al Estado, con lo que empezó a ser conocido como Colegio Nacional de Minería.⁴¹ Por su parte, el Tribunal de Minería fue extinguido en 1826.

³⁴ Ramírez, *op. cit.*, pp. 236.

³⁵ Patricia Aceves Pastrana y Martha Mendoza Zaragoza, —“La institucionalización de la ciencia moderna en México: el Real Seminario de Minería”, en Carlos Viesca (coord. gral.), *Medicina novohispana. Siglo XVIII*, pp. 471 y 472.

³⁶ Flores Clair, *op. cit.*, p. 133.

³⁷ Izquierdo, *op. cit.*, p. 52.

³⁸ *Ibid.*, p. 48.

³⁹ Flores Clair, *op. cit.*, p. 52.

⁴⁰ Octavio Estrada Castillo y Gloria Adriana Hernández Sánchez, —“Sistema Bibliotecario de la Facultad de Ingeniería”, p. 166.

⁴¹ Ramos Lara, —“De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México”, 2005, p. 138.

A pesar de ello, de momento, el Colegio mantuvo la forma que tenía en el periodo colonial y fue financiado por el llamado “fondo de la Minería”.⁴²

A partir de entonces, a pesar de haber sido fundado originalmente como una institución gremial y un centro al servicio de una industria en particular, dada su vocación científica y la situación del país, el Colegio de Minería fue concebido por el gobierno como la entidad adecuada para alojar proyectos educativos nacionales de más amplio espectro.

Tanto liberales como conservadores integraron al Colegio a sus proyectos de nación de acuerdo a sus intereses. Sin embargo, debido a que durante el siglo XIX el país estuvo sumido en la lucha constante entre dichas facciones, los cambios fueron frecuentes, aunque algunos de ellos efímeros y superficiales. Lo anterior se tradujo por temporadas en una cierta inestabilidad y algunas interrupciones en las actividades del Colegio.

Así, el triunfo de los federalistas de 1833 permitió a Valentín Gómez Farías (1781-1858) organizar ese mismo año los estudios mayores, con lo cual el Colegio de Minería pasó a ser el llamado Tercer Establecimiento, encargado de las ciencias físicas y matemáticas, y con las cátedras de matemáticas puras, física, historia natural, química, cosmografía, astronomía, geografía, mineralogía, botánica, agricultura práctica, química aplicada, francés y alemán.⁴³ Esta institución tuvo además la función de otorgar títulos a los agrimensores.⁴⁴

Al año siguiente, Antonio López de Santa Anna (1794-1876) derogó este esquema y en 1843 convirtió al Colegio en Instituto de Ciencias Naturales. Este año se incorporaron nuevas carreras: las de geógrafo, naturalista y beneficiador de metales.⁴⁵ Además, fue en esta transformación que se incorporaron los estudios preparatorios y que apareció la denominación de “ingeniero” en el programa de la escuela con la carrera en la que se transformó la de perito facultativo: ingeniero de minas.⁴⁶

En 1853 se creó en Fresnillo, Zacatecas, la Escuela Práctica de Minas y Metalurgia

⁴² Ramírez, *op. cit.*, p. 277.

⁴³ Eli de Gortari, *Ciencia y conciencia en México (1767-1883)*, pp. 46 y 47.

⁴⁴ Ramos Lara, “La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX”, 2001, pp. 191-192.

⁴⁵ Ramos Lara, 2001, *op. cit.*, p. 192.

⁴⁶ Ramos Lara, *Vicisitudes de la ingeniería en México (Siglo XIX)*, 2013, p. 70; Ramos Lara, 2001, *op. cit.*, p. 193; Ramos Lara, *Historia de la física en México en el siglo XIX: Los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, 1996, p. 67.

bajo la dirección inmediata del Colegio,⁴⁷ a la cual estaban obligados a concurrir los alumnos de las carreras de ingeniero de minas y de beneficiador de metales que hubieran concluido sus estudios teóricos.⁴⁸ En 1860 la crisis económica forzó a que la escuela práctica permaneciera cerrada por más de dos décadas.⁴⁹

En 1861 Benito Juárez (1806-1872) emitió un decreto que organizaba la instrucción pública. En él se determinó la existencia de varias escuelas especiales, una de las cuales fue la de minas, que comprendería las profesiones de minero, beneficiador de metales, ensayador, apartador y topógrafo.⁵⁰ Las materias impartidas serían matemáticas; mecánica racional; topografía; geodesia; física; geografía astronómica; astronomía práctica; química; geología; mineralogía y paleontología; dibujo del paisaje y lineal; laboreo de minas teórico-práctico y principios de construcción, y práctica de metalurgia.⁵¹

Como consecuencia de la intervención francesa el Colegio cerró sus puertas en mayo de 1863. En agosto del mismo año volvió a abrir con el nombre de Escuela Imperial de Minas y bajo la jurisdicción del Ministerio de Fomento.⁵²

En 1865 se expidió una ley de Instrucción Pública que consideró entre las instituciones para cursar estudios profesionales que conducen a una carrera práctica a la Escuela de Minas, para la formación de ingenieros de dicha especialidad, y además a una Escuela Politécnica para los ingenieros mecánicos, topógrafos y civiles.⁵³

Las circunstancias de la Ciudad de México obligaron a cerrar nuevamente la institución, por más de un mes.⁵⁴ Más tarde, durante ese año, la Ley Orgánica de Instrucción Pública de 1867 transformó el Colegio en Escuela Especial de Ingenieros poniendo fin a la especialización en minería de la institución. Además, pasó los estudios preparatorios para la carrera de minero a la recién creada Escuela Nacional Preparatoria.⁵⁵ La Ley fue preparada por el médico Gabino Barreda (1818-1881) en colaboración con

⁴⁷ Ramírez, *op. cit.*, pp. 366.

⁴⁸ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 28.

⁴⁹ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, p. 72.

⁵⁰ *Decreto, fechado el 15 de abril de 1861, por el que se dispone el arreglo de la instrucción pública* citado en de Gortari, *op. cit.*, p. 197.

⁵¹ Ramírez, *op. cit.*, p. 427.

⁵² Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, p. 74.

⁵³ Ramírez, *op. cit.*, p. 464.

⁵⁴ *Ibid*, pp. 483 y 484.

⁵⁵ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, pp. 75 y 76; Ramírez, *op. cit.*, p. 491.

Francisco Díaz Covarrubias (1833-1889), egresado y después profesor del Colegio.⁵⁶ Dicho cambio se topó con la oposición de muchos de los integrantes del Colegio, quienes hubieran preferido el seguimiento del proyecto minero, como sucedió en las principales escuelas del mundo dedicadas a tal industria.⁵⁷ Con esta reforma aparecieron por primera vez en la oferta de la Escuela algunas carreras, como ingeniero civil e ingeniero mecánico.⁵⁸

Una transformación más de la institución tuvo lugar en 1883, cuando el presidente Manuel González (1833-1893), en el decreto que reformó la ley de instrucción pública con respecto de los establecimientos de enseñanza agrícola y minera, estableció la Escuela Nacional de Ingenieros. Además, con esta reforma, que fortalecería la educación técnica en general, se reabrió, aunque esta vez en Pachuca, la Escuela Práctica de Metalurgia y Labores de Minas.⁵⁹

La siguiente transformación de importancia de la institución fue hasta 1959, con la apertura de los estudios de doctorado, en que la Escuela Nacional de Ingenieros, ya como parte de la Universidad Nacional Autónoma de México, fue elevada a la categoría de Facultad de Ingeniería.⁶⁰

Como es natural, a lo largo de su historia, el Colegio fue blanco de críticas con relación a lo que algunos consideraban como una deficiencia de los resultados obtenidos. En particular se cuestionó su utilidad para el desarrollo de la minería, al tomar en cuenta el considerable presupuesto asignado al funcionamiento de la institución.⁶¹

No obstante, durante el siglo XIX el Colegio de Minería y la Escuela de Ingenieros tuvieron una importancia fundamental en la vida nacional. La influencia de sus profesores, alumnos y egresados se dejó sentir en todos los órdenes.

Como ingenieros, sus miembros y egresados participaron en muy diversos proyectos tales como la actividad industrial, el reconocimiento y la delimitación del territorio nacional, y las obras públicas, así como la docencia, promoción y difusión de la ciencia y

⁵⁶ De Gortari, *op. cit.*, p. 69; José Ruiz de Esparza, —“Los orígenes del Observatorio Astronómico Nacional”, p. 58.

⁵⁷ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, p. 17.

⁵⁸ Ramírez, *op. cit.*, p. 490; Ramos Lara, 2001, *op. cit.*, p. 193.

⁵⁹ De Gortari, *op. cit.*, p. 228 y 229; Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, pp. 72 y 95.

⁶⁰ Estrada Castillo y Hernández Sánchez, *op. cit.*, p. 166.

⁶¹ Flores Clair, *op. cit.*, pp. 82-85; Ramos Lara, 1994, *op. cit.*, p. 79.

de la técnica. En este aspecto cabe señalar la presencia —incluida en la gestión y administración— de parte de miembros o egresados del Colegio en instituciones como el Observatorio Astronómico Nacional, el Observatorio Meteorológico Central y la Asociación de Ingenieros Civiles y Arquitectos de México. Su participación también se distribuyó en otros ámbitos como las letras, la administración pública, las actividades legislativas y diplomáticas.

La institución se constituyó como la principal escuela de ingeniería del país e influyó así en otras instituciones de diversos niveles educativos, las cuales imitaron sus planes y programas de estudio, además de sus libros de texto y materiales didácticos.

Asimismo, los miembros o egresados del Colegio de Minería y de la Escuela de Ingenieros colaboraron con otros establecimientos educativos ampliando de esta manera la proyección de la institución.⁶²

1.6. La enseñanza de la física en el Colegio

Desde la concepción del Colegio la física formó parte del núcleo de estudios de su proyecto académico. El proyecto original del colegio, de la autoría de Joaquín Velázquez Cárdenas de León y aparecido en la *Representación* de 1774, estipulaba que estaría formado por un Director, hombre sábio en las Matemáticas, y en la Física Experimental, Química y Metálica, y profundamente instruido en la Minería práctica de Nueva España” y de cuatro maestros, el segundo de los cuales debería enseñar la Mecánica Maquinaria, la Hydrostática é Hidráulica, la Aëreometría, y la Pyrotecnia en la parte aplicable á la Minería”.⁶³

El plan que elaboró Fausto de Elhuyar en 1790 disponía que los estudios que los alumnos cursarían en el segundo año comprenderían la dinámica y la hidrodinámica.⁶⁴ Ese mismo año remitió una lista de instrumentos y útiles necesarios para el Colegio, entre los cuales se encontraban los de la clase de física experimental”, tomando como guía un libro

⁶² Moles Batllell *et al.*, *op. cit.*, p. 22; Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, pp. 66 y 67; María de la Paz Ramos Lara, “El Colegio de Minería, la Escuela Nacional de Ingenieros y su proyección en otras instituciones educativas de la Ciudad de México (siglo XIX)”, pp. 22 y 23.

⁶³ Izquierdo, *op. cit.*, p. 19.

⁶⁴ Ramírez, *op. cit.*, pp. 62 y 63.

escrito por el francés Joseph-Aignan Sigaud de Lafond (1730-1810).⁶⁵ La lista no sólo incluía instrumentos de mecánica, sino que comprendía también otros, en particular de óptica y de electricidad.⁶⁶

Las *Ordenanzas* de 1784 establecían que los profesores serían elegidos por medio de concursos de oposición. Sin embargo, la primera generación de docentes, compuesta principalmente por europeos, no se sometió a este requisito.⁶⁷

En el caso de la física, el novohispano Antonio de León y Gama (1735-1802), autor de importantes trabajos de astronomía y arqueología,⁶⁸ se postuló en 1791 para trabajar en el Seminario con el argumento de que Velázquez Cárdenas de León le había hecho el nombramiento verbal para ocupar la cátedra de “Mecánica, Aereometría y Pirotécnica”.⁶⁹

No obstante, los méritos de León y Gama fueron desestimados, y Elhuyar propuso al español Francisco Antonio Bataller y Ros (1751-1800) para ocupar la cátedra de física. Bataller, nacido en la diócesis de Granada, había sido estudiante y después profesor de física en el Real Colegio de San Isidro en Madrid. Vivía en la Nueva España desde 1777 y se había dedicado a diversos asuntos relacionados con la minería.⁷⁰

En 1793 Carlos IV aprobó el nombramiento de Bataller, que ese mismo año se hizo cargo del primer curso de física impartido en el Seminario, al cual asistieron los alumnos que el año anterior habían llevado la clase de matemáticas.⁷¹ Bataller inició su curso con el apoyo de libros de Sigaud de Lafond y del español Benito Bails (1730-1797) principalmente, además de notas de elaboración propia. Entre los temas incluidos en la clase que estaba a su cargo se encontraron la dinámica, la hidrodinámica, la aerometría⁷² y la geometría subterránea.

Por otro lado, desde los primeros años del Colegio empezaron a llegar de Europa los útiles solicitados por Elhuyar. A éstos se fueron sumando instrumentos construidos en la

⁶⁵ *Ibid.*, p. 75.

⁶⁶ Ramos Lara, 1994, *op. cit.*, p. 141.

⁶⁷ Flores Clair, *op. cit.*, p. 146.

⁶⁸ Trábulse, *op. cit.*, “Apéndices e índices”, pp. 45 y 46.

⁶⁹ Ramírez, *op. cit.*, p. 83.

⁷⁰ Flores Clair, *op. cit.*, pp. 148-150 y 152.

⁷¹ Ramos Lara, *La física en la Escuela Nacional de Altos Estudios y en la Facultad de Filosofía y Letras (1910-1935). La participación de los ingenieros*, 2003, p. 6.

⁷² Ramos Lara, 1994, *op. cit.*, p. 74; Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 93.

Nueva España. Así, se fue formando un gabinete de física que fue elogiado por Humboldt,⁷³ que fue creciendo (incluso con instrumentos vendidos por el propio Humboldt) y que formó parte importante de la formación de los estudiantes⁷⁴ al despertar la vena experimental de la enseñanza científica del Colegio. De hecho, aunado a esto, los profesores llevaron a cabo investigación en física dirigida a técnicas aplicadas a la minería.⁷⁵

Cabe también destacar que otro de los recursos con que contaron los profesores y alumnos del Colegio para adquirir conocimientos, en particular de varios temas de física de actualidad, fue la biblioteca. Ésta se formó originalmente a finales del siglo XVIII con más de mil tomos que formaban parte de dos lotes de libros comprados a particulares: a Joaquín Velázquez Cárdenas de León y a otro funcionario del Tribunal, Juan Eugenio Santelices. Muchas de estas obras eran de reciente producción y comprendían temas diversos, entre los cuales se encontraban las ciencias exactas y experimentales. La biblioteca se fue enriqueciendo con libros y revistas que se mandaban pedir a Europa.⁷⁶

Algunos de los libros que fueron comprados para la biblioteca son: *Leçons de physique expérimentale* del abad francés Jean-Antoine Nollet (1700-1770), *Cours de physique expérimentale* del inglés John Theophilus Desaguliers (1683-1744), *Traité du mouvement des eaux* del francés Jean le Rond d'Alembert (1717-1783) y obras como *Optice, Opuscula mathematica, philosophica et philologica* y *Philosophiae naturalis principia mathematica* del inglés Isaac Newton (1642-1727).⁷⁷

A partir de 1798 el estudio de las matemáticas se dividió en dos cursos anuales y la geometría práctica pasó al segundo de ellos. En 1799 no hubo curso de física.⁷⁸

A falta de un texto adecuado para la clase que impartía, puesto que debía estar enfocado en aplicaciones a las necesidades locales de la minería, Bataller comenzó a escribir un libro al que tituló *Principios de Física Matemática y Experimental*. Dividió esta obra en cuatro tratados: “De las propiedades de los cuerpos”, “De la mecánica de los sólidos”, “De la hidrodinámica” y “De la óptica”, que contienen explicaciones y discusiones teóricas con base en las ideas de diversas corrientes de pensamiento,

⁷³ Izquierdo, *op. cit.*, pp. 91 y 93.

⁷⁴ Flores Clair, *op. cit.*, pp. 96, 98, 100, 101 y 102.

⁷⁵ Ramos Lara, 1994, *op. cit.*, p. 89.

⁷⁶ Flores Clair, “La Biblioteca del Real Seminario de Minería”, 2001, pp. 266-267.

⁷⁷ Aceves Pastrana y Mendoza Zaragoza, *op. cit.*, p. 475.

⁷⁸ Ramírez, *op. cit.*, pp. 140, 153, 176 y 183.

incluyendo la newtoniana. Asimismo, incluye comprobaciones experimentales y ejercicios tanto conceptuales como matemáticos. Este libro, que se encuadernó en 1802, no se llegó a imprimir.⁷⁹

Bataller impartió la clase hasta su muerte en 1800.⁸⁰ Se nombró entonces como catedrático interino a Salvador Sein, quien se desempeñaba como oficial de la secretaría del virreinato y residía en la Nueva España. Al año siguiente, en 1801, se le nombró profesor titular después de presentarse al concurso de oposición para la cátedra de física, en la cual él fue el único inscrito.⁸¹

En su etapa como profesor se introdujo el cálculo diferencial e integral al estudio de la mecánica, así como nociones de electricidad, óptica y astronomía.⁸² Este profesor decidió usar el libro *Tratado elemental o principios de física*, escrito por el francés Mathurin-Jacques Brisson (1723-1806), que se acababa de traducir al castellano.⁸³ En 1804 Sein dejó de impartir su clase por presentar síntomas de trastornos mentales atribuidos al exceso de estudio. Su situación se agravó y ya no pudo regresar a trabajar al Seminario, a pesar de que vivió al menos hasta 1812.⁸⁴

Para sustituirlo se nombró a Juan José de Oteyza, alumno del Seminario que apenas el año anterior, en 1803, había cursado física.⁸⁵ Además de bachiller del Colegio Tridentino, había sido designado profesor del primer curso de matemáticas pocos meses antes de que se le encargara la clase de física.⁸⁶ En su curso introdujo aplicaciones de diversos instrumentos y máquinas como bombas y barómetros.⁸⁷

Oteyza falleció en 1810 y en su lugar quedó Manuel Ruiz de Tejada (1779-1867), quien había entrado en 1792 al Real Seminario. En 1801 Ruiz de Tejada recibió su título de Perito Facultativo de Minas y fue nombrado ayudante de clase, plaza recién creada.⁸⁸ Colaboró en ensayos químicos de muestras mineralógicas con Alexander von Humboldt,

⁷⁹ Ramos Lara, 1994, *op. cit.*, pp. 40, 73, 86, 128 y 129.

⁸⁰ Trábulse, *op. cit.*, —“Índices e índices”, p. 25.

⁸¹ Ramírez, *op. cit.*, p. 158, 181, 182, 197 y 225.

⁸² Ramos Lara, 1994, *op. cit.*, p. 78.

⁸³ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 90.

⁸⁴ Flores Clair, 2000, *op. cit.*, pp. 174.

⁸⁵ Ramírez, *op. cit.*, p. 190.

⁸⁶ Flores Clair, 2000, *op. cit.*, pp. 164 y 165.

⁸⁷ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 91.

⁸⁸ Ramírez, *op. cit.*, pp. 180, 217, 224, 480 y 481.

quien durante su estancia en la Nueva España, que tuvo lugar entre 1803 y 1804, visitó el Seminario de Minería, lugar en que redactó sus memorias, hizo muchos trabajos de gabinete y convivió ampliamente con catedráticos y alumnos.⁸⁹

Ruiz de Tejada fue profesor sustituto y más tarde, en 1804, profesor titular del segundo curso de matemáticas. En 1854 fue nombrado doctor en ciencias por la Universidad, de su Sección de Ciencias Físico-Matemáticas. Además, ocupó cargos fuera de la academia, como diputado, ensayador de la Casa de Moneda y regidor.

Aunque no fue el único profesor de física, impartió esta clase muchos años de su vida y de la vida del Colegio de Minería. Abandonó dicha cátedra en 1863, año en que fue jubilado.⁹⁰

Cuando se creó el Tercer Establecimiento en 1833, año en el que esta institución contaba ya con 51 alumnos,⁹¹ se mantuvo la cátedra de física, misma que fue ocupada por Joaquín Velázquez de León (1803-1882), que era uno de los sobrinos del primer director del Tribunal de Minería. Se determinó que la clase de física comprendiera la mecánica, la física propiamente dicha y principios de perspectiva y sombras, para lo cual se recurriría a los libros de Poisson, Pouillet, Biot, Lavit y Progni.⁹²

Velázquez de León había sido alumno del Colegio y estudiado física con Ruiz de Tejada en 1820. Al año siguiente había participado en el ejército trigarante y sido miembro del cuerpo de Ingenieros. Después de su paso por el Tercer Establecimiento, fue nombrado por el gobierno para diversos cargos: pensionado en Roma en el ramo de Arquitectura (1835), Oficial Mayor del Ministerio de Guerra y Marina (1839), Comisionado Plenipotenciario en Washington (1840). Además, en 1853 fue ministro de Fomento, Colonización, Industria y Comercio y ese mismo año fue elegido como director del Colegio de Minería, puesto que ocupó por varias temporadas.⁹³ Al igual que Ruiz de Tejada fue nombrado doctor de la Universidad en 1854, pero en la Sección de Ciencias Naturales. Velázquez de León era el profesor titular de física experimental en 1860, aunque el puesto

⁸⁹ Izquierdo, *op. cit.*, pp. 54 y 55.

⁹⁰ Ramírez, *op. cit.*, pp. 190, 195, 260, 278, 289, 301, 307, 321, 338, 345, 357, 362, 370, 381, 395, 402, 424 y 481.

⁹¹ *Ibid*, p. 289.

⁹² *Ibid*, pp. 287 y 288.

⁹³ "El Sr. D. Joaquín Velázquez De León", en *El Minero Mexicano*, tomo X, núm. 2, 8 de marzo de 1883, pp. 21-23.

era ocupado por Próspero Goyzueta interinamente.⁹⁴

La clase de física existió en el Colegio con regularidad, aunque su programa fue objeto de revisiones. Por ejemplo, en 1846, el director proponía que la clase diera la debida extensión a la mecánica y a la hidráulica.⁹⁵ En el mismo orden de ideas, poco antes de 1860 se creó la plaza de preparador de física y química, cuya obligación era la de ejecutar los experimentos de dichas materias.⁹⁶

Desde el establecimiento del Colegio, se determinó evaluar a los alumnos por medio de exámenes privados —a mediados y a finales de año— y profesionales, además de actos públicos anuales para cada materia. Estos eventos se celebraron durante la mayor parte de la historia de la institución.⁹⁷

Con el tiempo, la mecánica se emancipó de otras clases en virtud de la importancia de las máquinas en la industria.⁹⁸ Con la reforma de Antonio López de Santa Anna de 1843 se creó el curso de mecánica aplicada⁹⁹ que fue impartido por Antonio del Castillo (1820-1895), que estudió en el Colegio¹⁰⁰ y que en 1891 fundaría el Instituto Geológico Nacional.¹⁰¹ Este profesor se hizo cargo de dicha clase por diez años e incluso elaboró una obra basada en el libro *Mecanique Industrielle* del francés Faireze.¹⁰²

En la Escuela Práctica de Fresnillo se impartió otro curso de mecánica aplicada.¹⁰³ La clase de mecánica tuvo varios nombres que la fueron especificando a través del tiempo. Adquirió apelativos como “aplicada a la minería”, “racional” e “industrial”.

Los profesores de mecánica mencionados en las diversas fuentes son: Próspero J. Goyzueta, que también fue profesor de mineralogía y de geología, paleontología y legislación de minas, además de Ingeniero en Jefe de la Comisión encargada de formar las

⁹⁴ Ramírez, *op. cit.*, pp. 424, 438 y 463.

⁹⁵ *Ibid*, p. 329.

⁹⁶ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 97.

⁹⁷ Ramírez, *op. cit.*, pp. 106, 119, 124, 128, 135, 140, 147, 150, 156, 175, 179, 181, 185, 186, 190, 195, 199, 203, 205, 208, 263, 294, 333, 357, 362, 371, 378, 381, 386, 391, 395, 402, 416, 430, 434, 447, 454, 459, 472, 476 y 490.

⁹⁸ Ramos Lara, 2005, *op. cit.*, p. 139.

⁹⁹ Ramos Lara, *op. cit.*, 1996, p. 95.

¹⁰⁰ José Alfredo Uribe Salas y María Teresa Cortés Zavala, —Adrés del Río, Antonio del Castillo y José G. Aguilera en el desarrollo de la ciencia mexicana del siglo XIX”, p. 495.

¹⁰¹ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, pp. 6 y 7.

¹⁰² Ramos Lara, *op. cit.*, 1996, p. 96.

¹⁰³ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, pp. 6 y 7.

Cartas Hidrográfica y Geológica del Valle de México; Juan Cecilio Barquera, que fue alumno del Colegio y en 1866 ocupó el cargo de subsecretario de Instrucción Pública y Cultos; Miguel Bustamante, que además fue profesor de mineralogía y geología; Mauricio Arriaga; Diego Velázquez de la Cadena; Joaquín Velázquez de León; Manuel Rivera, que en 1865 estuvo encargado de las obras de un telégrafo electromagnético en la plaza de Santiago de Mérida, y Carlos Romero. Es importante señalar que todos ellos habían sido alumnos del Colegio.¹⁰⁴

Entre los libros que se incorporaron a las clases alrededor de 1860 se encuentran textos de Bresse, Jairez y Boucharlat.

Si bien no hay constancia de que la cátedra de física (con ese nombre) tuviera una plena continuidad durante la existencia del Colegio, al menos la continuidad de la enseñanza de la física se verificó con los cursos de mecánica.¹⁰⁵

Como se puede inferir de lo expuesto anteriormente, en el Colegio de Minería se consumó la institucionalización de la física, y se superó de este modo una etapa en la que la transmisión de esta ciencia estaba restringida a esfuerzos de carácter individual.¹⁰⁶ A partir de entonces, la enseñanza de la física, parte esencial de la formación de los alumnos de la institución, apareció con regularidad en sus planes de estudio, aunque sufrió diversos cambios con el tiempo. Más aún, el Colegio fue capaz de formar a sus propios profesores de física casi desde un inicio.

Por otro lado, en general, la clase de física incluyó varios temas que, como veremos en los siguientes dos capítulos, se constituyeron en cátedras independientes en el Colegio, tales como la electricidad, la meteorología, la astronomía y la geografía.¹⁰⁷ La materia de física, al mantenerse a pesar de ello como parte del currículo, fue cambiando sus contenidos, actualizándolos de acuerdo con las necesidades y objetivos del proyecto educativo en curso. Incluso, fueron apareciendo nuevas materias de física enfocadas en una rama particular: la mecánica.

El carácter científico del Colegio de Minería se reflejó en la continuidad de un eje

¹⁰⁴ Ramírez, *op. cit.*, pp. 321, 338, 370, 382, 395, 402, 428, 452, 457 y 474.

¹⁰⁵ Ramos Lara, *op. cit.*, 1996, pp. 89 y 96; Ramírez, *op. cit.*, p. 475; Ramos Lara, —La mecánica clásica y su enseñanza en el Colegio de Minería (1800-1867), 2000, pp. 55 y 57.

¹⁰⁶ Ramos Lara, 2005, *op. cit.*, p. 138.

¹⁰⁷ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 96.

de conocimientos básicos. Con base en esto, el Colegio fue acumulando experiencia y logró formar profesionistas capaces de explotar y transmitir sus conocimientos de manera efectiva que, cuando era necesario, eran también capaces de conjugar los conocimientos adquiridos previamente en el aula con otros que los avances científicos y tecnológicos les ofrecían, según los nuevos requerimientos de su actividad.¹⁰⁸ Así, el Colegio estaría en condiciones de ampliar su oferta educativa en su siguiente fase a partir de dicho eje, del cual la física formó parte desde un principio.

¹⁰⁸ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, pp. 50 y 69; Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 89.

CAPÍTULO 2

La Escuela Nacional de Ingenieros. Aspectos generales

La ley de 2 de diciembre del año de 1867, al quitar, pasándolos á la Escuela Preparatoria, los cursos preparatorios para la carrera de Minero, que eran parte esencial del Colegio de Minería, modificaron tan profundamente su organización, que quedó ésta destruida; y al acumular en su programa de estudios los profesionales para todas las carreras del Ingeniero, perdió su carácter de Colegio de Minería, perdiendo con este carácter hasta su nombre.

SANTIAGO RAMÍREZ

2.1. Introducción

Este capítulo se refiere a la transformación del Colegio de Minería en Escuela Especial de Ingenieros y, años más tarde, en Escuela Nacional de Ingenieros (ENI). Se relata la trayectoria de esta institución durante el siglo XIX y las primeras décadas del siglo siguiente, periodo en que amplía su gama de especialidades y se consagra como la escuela de ingenieros más importante del país. Se muestra la evolución de la oferta académica de la Escuela, debido a que los cursos de física de la ENI se originaron en las necesidades de una o varias ramas de la ingeniería, aunque algunas especialidades no contaron con dichos cursos.

Se menciona también la trayectoria de la Universidad Nacional de México, puesto que la ENI, al integrarse a dicha institución, se convirtió en un pilar indispensable para alcanzar los objetivos universitarios de desarrollar la ciencia y la técnica, además de ponerlas al servicio de los intereses nacionales.

2.2. La transformación del Colegio de Minería

El 2 de diciembre de 1867, el presidente Benito Juárez expidió una “Ley orgánica de la instrucción pública en el Distrito Federal”, que estableció dieciséis escuelas de *instrucción secundaria*, entre ellas la de ingenieros,¹ que comenzó a ser denominada Escuela Especial de Ingenieros.²

Esta Escuela se estableció al año siguiente y empleó la infraestructura del Colegio de Minería,³ en un momento en que la minería ya no tenía, por mucho, la importancia económica que había tenido en el siglo anterior.⁴

Como establecimiento científico, la creación de esta escuela coincide con un nuevo impulso dado a la ciencia en México, que se puede ver en la proliferación de sociedades científicas y sus publicaciones.⁵

Como institución educativa, forma parte de un intento de concreción de un propósito buscado desde la independencia, pero que debido al caos político y a las guerras internacionales no se había podido llevar a cabo: utilizar la educación como instrumento de mejoramiento material del país y para modelar un nuevo tipo de ciudadano, leal al nuevo orden político.⁶

Cabe destacar que en México había pocos lugares para estudiar ingeniería. En 1875, fuera del Distrito Federal, sólo había instituciones sostenidas por fondos públicos en los que se enseñara esta especialidad en Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, el Estado de México, Oaxaca, San Luis Potosí y Zacatecas. En total, en México, había diez colegios dedicados a la ingeniería.⁷

No obstante, la Escuela no estuvo exenta de problemas e incluso corrió el riesgo de

¹ Manuel Dublán y José María Lozano (comps.), *Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia de la República*, vol. X, pp. 193 y 194.

² José María Iglesias, *Memoria que el secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública presenta al Congreso de la Unión en 15 de noviembre de 1869*, p. 14.

³ *Breve noticia de los establecimientos de instrucción dependientes de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública*, p. 42.

⁴ Alberto Moles Batlle et al., *La enseñanza de la ingeniería mexicana, 1792-1990*, p. 22.

⁵ Perla Chinchilla Pawling, “La ciencia mexicana del periodo nacional”, en Trulise, *op. cit.*, “Siglo XIX”, p. 13.

⁶ Rebeca de Gortari Rabiela, “Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la revolución mexicana”, p. 123.

⁷ José Díaz Covarrubias, *La instrucción pública en México*, pp. CXLIV, CXLV y CCXXXIX.

ser cerrada por falta de alumnos.⁸ Así, en un intento de impulsar la Escuela de Ingenieros, en 1881, en el gobierno de Manuel González, se decidió que formara parte (aunque sólo administrativamente) de la Secretaría de Fomento,⁹ instancia encargada de promover el establecimiento y la protección de nuevas industrias, así como de impulsar la tecnología en la agricultura y la minería.¹⁰ Con esta decisión el presupuesto de la Escuela creció casi al triple,¹¹ pasando de \$37 120 en 1880, a \$107 000 al año siguiente.¹²

2.3. La Escuela Nacional de Ingenieros

Con la misma lógica, el presidente Manuel González emitió el 15 de febrero de 1883 un decreto mediante el que reformaba la ley de instrucción pública y estableció la Escuela Nacional de Ingenieros¹³ en lugar de la Escuela Especial.¹⁴

La Escuela se convirtió en una institución ejemplar en el país en lo que a la enseñanza de la ingeniería se refiere, en el sentido de que otros establecimientos buscaban reproducir su forma de trabajo.¹⁵

Aunado a esto, Porfirio Díaz (1860-1915) promovió el ingreso y permanencia en la Escuela de Ingenieros, con acciones como el otorgamiento de becas a estudiantes de provincia de escasos recursos y de buen aprovechamiento escolar.¹⁶ Además, por supuesto, la actividad de los ingenieros, en general, se benefició de la estabilidad lograda en el porfiriato.¹⁷

En 1891, la Escuela pasó a depender de la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública y en 1907 volvió a formar parte de la Secretaría de Fomento.¹⁸ Dos años después, en 1909, se clausuró la Escuela Práctica de Minas de Pachuca¹⁹ con el argumento de que la

⁸ Milada Bazant, —La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfiriato”, pp. 254, 257 y 262.

⁹ De Gortari Rabiela, *op. cit.*, p. 136.

¹⁰ Bazant, *op. cit.*, pp. 260-262.

¹¹ *Ibid.*, pp. 260-262.

¹² María de la Paz Ramos Lara, *Historia de la física en México en el siglo XIX: los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, 1996, p. 19.

¹³ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. XVI, p. 457.

¹⁴ María de la Paz Ramos Lara, *Vicisitudes de la ingeniería en México (siglo XIX)*, 2013, p. 95.

¹⁵ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, pp. 79 y 80.

¹⁶ Bazant, *op. cit.*, pp. 254, 257 y 262.

¹⁷ *Ibid.*, p. 255.

¹⁸ De Gortari Rabiela, *op. cit.*, pp. 136 y 137.

¹⁹ *Catálogo del fondo Escuela Nacional de Ingeniería*, p. 208.

educación impartida ahí no era satisfactoria, además de que se consideraba más adecuado que los estudiantes se repartieran en diferentes localidades para llevar a cabo sus prácticas.²⁰

2.4. La integración a la Universidad Nacional

Desde 1881, el entonces diputado Justo Sierra (1848-1912) propuso la creación de una universidad que coordinara y aglutinara los trabajos de las escuelas nacionales profesionales de Jurisprudencia, Medicina, Ingenieros y Bellas Artes, consolidadas ya en el siglo XIX. A esta institución se sumarían las escuelas Normal y Preparatoria, además de una escuela dedicada a la formación de profesores e investigadores de alto nivel. La universidad no pudo materializarse en ese momento, sino después de múltiples esfuerzos de Sierra y del paso de casi treinta años.²¹

Así, el 31 de mayo de 1910 se publicó en el *Diario Oficial* la *Ley Constitutiva de la Universidad Nacional de México* por decreto de Porfirio Díaz, con el propósito de instituir un «cuerpo docente cuyo objeto primordial será realizar en sus elementos superiores la obra de la educación nacional». La Universidad fue inaugurada el 22 de septiembre de 1910.²²

La ENI fue una de las seis escuelas que integraron originalmente la Universidad. Las otras fueron las Escuelas Nacionales Preparatoria, de Jurisprudencia, de Medicina, de Bellas Artes (en lo concerniente a la enseñanza de la arquitectura) y de Altos Estudios.²³

En realidad, la incorporación de la ENI a la Universidad no significó alteraciones en los estudios que ofrecía,²⁴ aunque sí se fueron dando algunos cambios, como la recuperación de la Escuela Práctica de Minas de Pachuca, que se destinó a estudios empíricos en ingeniería de minas.²⁵

A pesar de la caída de Díaz, la ENI mantuvo, en lo general, su forma de operación. Francisco I. Madero (1873-1913) comenzó su gobierno con un intento de dar continuidad al

²⁰ Bazant, *op. cit.*, p. 257.

²¹ Javier Garciadiego Dantan, *Rudos contra científicos. La Universidad Nacional durante la revolución mexicana*, pp. 22 y 23; Rafael Pérez Pascual, «Estructura académica y reforma universitaria», pp. 90 y 91.

²² Clementina Díaz y de Ovando, *Rumbo a la fundación*, p. 11.

²³ E. Arcelia Quintana Adriano y Diego Valadés (coords. generales), *Compendio de legislación universitaria: 1910-2001*, vol. I, pp. 3 y 8.

²⁴ José Raúl Domínguez Martínez, *Historia de la ingeniería civil en México. 1900-1940*, p. 40.

²⁵ Garciadiego Dantan, *op. cit.*, p. 118.

proyecto universitario de Justo Sierra,²⁶ del mismo modo que al modelo de administración de la educación pública en general.²⁷ Incluso el de 1913 fue un año académico exitoso para la Escuela, gracias a que Victoriano Huerta (1850-1916) hizo pocos cambios a la Universidad y en la Ciudad de México existió tranquilidad política y militar.²⁸ A excepción de eventos aislados, la ENI funcionó casi normalmente durante el tiempo del movimiento armado revolucionario.²⁹

En 1915 se creó la Dirección General de Enseñanza Técnica, dependiente de la Universidad Nacional.³⁰ Al año siguiente, la Universidad dejó el control de la Preparatoria, que quedó bajo la tutela de la Dirección General de Educación Pública,³¹ aunque en 1920 volvería a encargarse de ella.³²

Como parte del nuevo orden constitucional de 1917, se suprimió la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes y se creó para ocupar su lugar el Departamento Universitario y de Bellas Artes, que quedó a cargo de todas las escuelas dependientes de la Universidad.³³

La importancia de la Escuela en esta época se deja ver en el hecho de que cualquier persona que quería ejercer alguna de las especialidades ofrecidas como carrera en la ENI tenía que obtener de esta institución el título correspondiente justificando los estudios prevenidos por la ley.³⁴

El 25 de septiembre de 1921, año en que la ENI era una de las seis escuelas de ingeniería del país, se crea otra instancia, bajo cuya jurisdicción quedó la Universidad Nacional:³⁵ la Secretaría de Educación Pública. El primer titular de esta dependencia fue José Vasconcelos (1882-1959),³⁶ que había sido rector de la Universidad Nacional entre

²⁶ *Ibid.*, p. 158.

²⁷ Humberto Monteón González y Gabriela María Luisa Riquelme Alcantar, “Tiempo de Revolución: la enseñanza técnica durante la tormenta”, p. 44.

²⁸ Garcíadiego Dantan, *op. cit.*, p. 240.

²⁹ De Gortari Rabiela, *op. cit.*, p. 141.

³⁰ Monteón González y Riquelme Alcantar, *op. cit.*, p. 45.

³¹ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 154.

³² Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, p. 99.

³³ Monteón González y Riquelme Alcantar, *op. cit.*, p. 46.

³⁴ Moles Batllewell, *et al.*, *op. cit.*, 1792-1990, p. 345.

³⁵ “Decreto estableciendo una Secretaría de Estado que se denominará Secretaría de Educación Pública” (consultado el 10 de octubre de 2013).

³⁶ Monteón González y Riquelme Alcantar, *op. cit.*, p. 49.

1920 y 1921 y Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes en 1914 y 1915.³⁷

Esta situación se mantendría por menos de un decenio, ya que la *Ley Orgánica de la Universidad Nacional, Autónoma* de 1929, expedida por Emilio Portes Gil (1890-1978) otorgó autonomía a la Universidad. Esta disposición sumó a los fines de la Universidad —organizar la investigación científica, principalmente la de las condiciones y problemas nacionales, para formar profesionistas y técnicos útiles a la sociedad y llegar a expresar en sus modalidades más altas la cultura nacional, para ayudar a la integración del pueblo mexicano—. ³⁸ En octubre de 1933 el presidente Abelardo L. Rodríguez (1889-1967) emitió otra *Ley Orgánica* en la que se agregó a la misión de la Universidad —extender con la mayor amplitud posible los beneficios de la cultura—. ³⁹

En 1936, el Consejo Universitario aprobó un *Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma de México*, que integraba a la Escuela Nacional de Ingeniería (así se le llamó ahora a la ENI) a una entidad más grande, la Facultad de Ingeniería y Ciencias Físicas y Matemáticas, a la cual pertenecerían también la Escuela Nacional de Ciencias Químicas y la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas. ⁴⁰ Esto confirmaba lo determinado por la estructura general de la Universidad el año anterior. ⁴¹

En diciembre de 1938 se aprobó otro estatuto en el que la Escuela de Ingeniería seguiría formando parte de otra instancia, esta vez la Facultad de Ingeniería y Ciencias Químicas, junto con la Escuela Nacional de Ciencias Químicas. ⁴²

Si bien desde 1914 la Escuela comenzó a ser llamada *facultad* y en la ley de 1929 su nombre aparece como Facultad de Ingeniería, ⁴³ no fue sino hasta 1959 que la Escuela adquirió tal estatus, cuando se empezaron a impartir estudios de doctorado en su División de Estudios Superiores, que pasó a tener entonces la denominación de División de Estudios de Posgrado. ⁴⁴

³⁷ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, p. 92.

³⁸ *Ibid.*, pp. 161 y 162.

³⁹ —Ley Orgánica de la Universidad Autónoma de México”, *Diario Oficial*, 23 de octubre de 1933, p. 562.

⁴⁰ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, p. 343.

⁴¹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 3.

⁴² Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, p. 391.

⁴³ *Ibid.*, p. 164.

⁴⁴ *Catálogo del fondo Escuela Nacional de Ingeniería*, p. 210.

2.5. Las carreras

Según la ley de 1867, la escuela de ingenieros se encargaría de las siguientes cinco carreras: ingeniero civil; ingeniero de minas; ingeniero mecánico; ingeniero geógrafo e hidrógrafo, e ingeniero topógrafo e hidromensor.⁴⁵ Cabe destacar que la carrera de ingeniero civil, que sería de gran importancia en las décadas siguientes, se había trasladado desde la Academia de San Carlos, donde se encontraba ya consolidada.⁴⁶

El 9 de noviembre de 1869 se decretó un reglamento de la ley de dos años atrás, el cual dio forma a los estudios de ingeniería de la Escuela. Aquí aparecieron dos carreras más: ensayador e ingeniero arquitecto. Esta última se impartiría conjuntamente con la escuela de Bellas Artes.⁴⁷ Al año siguiente se consideró también la carrera de beneficiador de metales.⁴⁸

Desde aquí se comenzaron a implementar carreras cuyos planes de estudio estaban formados por subconjuntos de materias de los de otras carreras más completas y de más larga duración. Un ejemplo fue el de ingeniero topógrafo, contenido en el de ingeniero geógrafo e hidrógrafo.⁴⁹

En 1867,⁵⁰ la carrera más completa era la de minas, que además era la más popular y la mejor pagada en el mercado laboral,⁵¹ aunque en 1869 (véase Tabla A1.1.1 del Apéndice 1) la de ingeniería civil, junto con la de ingeniero arquitecto, adquirió mayor relevancia.⁵²

La transformación en Escuela Nacional de Ingenieros trajo consigo un nuevo plan de estudios y una reorganización en las carreras impartidas en la Escuela (véase Tabla A1.2.1), de modo que quedaron las siguientes: ensayador y apartador de metales; ingeniero de caminos, puertos y canales; ingeniero de minas y metalurgista; ingeniero geógrafo (a la que en 1892 se le agregaría el nombre de astrónomo);⁵³ ingeniero industrial (carrera recién

⁴⁵ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, p. 195.

⁴⁶ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, pp. 59 y 89.

⁴⁷ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, pp. 757-759.

⁴⁸ Iglesias, *op. cit.*, p. 14.

⁴⁹ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, pp. 757 y 758.

⁵⁰ *Ibid.*, p. 195.

⁵¹ Bazant, *op. cit.*, p. 260.

⁵² Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, pp. 757 y 758.

⁵³ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 69.

creada⁵⁴ que tenía como antecedente la de ingeniero mecánico);⁵⁵ ingeniero topógrafo e hidrógrafo, y telegrafista.⁵⁶ Esta última carrera dio lugar en 1889 a la de ingeniero electricista,⁵⁷ aunque en 1892 reapareció momentáneamente.⁵⁸ La carrera de ingeniero arquitecto también volvió a reaparecer de manera efímera, en 1893,⁵⁹ pero su destino fue más bien el de fusionarse con la de ingeniero civil.⁶⁰

La siguiente reforma de importancia de los planes de estudio de la ENI fue publicada en 1897 y entró en vigor el ciclo escolar de 1898 (véase Tabla A1.2.2). Algunos de los cambios que se introdujeron fueron el nombre de algunas carreras: la de ingeniero de caminos, puertos y canales volvió a tener el nombre de ingeniero civil y la carrera de topógrafo e hidrógrafo ya no se consideró una ingeniería.⁶¹

Este nuevo plan de estudios destaca por un aumento considerable en el número de materias de la mayoría de las carreras y por introducir materias que compartirían a partir de ahora todas o muchas de las carreras, como fue el caso de Hidráulica, Física Matemática y Economía Política. Por ejemplo, la carrera de ingeniero de minas y metalurgista pasó de tener 17 materias en 1883 a tener 28 en 1898.⁶²

Es importante destacar que con la creación de nuevas carreras y materias, muchos profesores, egresados del Colegio de Minería y de la Escuela de Ingenieros, tuvieron que impartir materias que no habían cursado y cuyos contenidos tuvieron que aprender, por tanto, fuera de las aulas.⁶³

Los resultados del plan de estudios que entró en vigor en 1898 fueron cuestionados al interior de la escuela. En 1901, muchos profesores pensaban que el plan era “antiguado para los adelantos que la ingeniería había tenido en los últimos tiempos” y que las especialidades que ofrecía el plantel estaban “erizadas de obstáculos”. Otros consideraban, en contraste, que lo que sucedía era que los estudiantes no tenían una formación suficiente

⁵⁴ Bazant, *op. cit.*, p. 286.

⁵⁵ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, p. 96.

⁵⁶ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. XVI, p. 458.

⁵⁷ Libertad Díaz Molina y Juan José Saldaña, “Contra la corriente. La institucionalización de la enseñanza de la ingeniería eléctrica en México, 1889-1930”, p. 154.

⁵⁸ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 69.

⁵⁹ *Loc. cit.*

⁶⁰ Bazant, *op. cit.*, p. 257.

⁶¹ *Revista de la Instrucción Pública Mexicana (RIPM)*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, p. 373.

⁶² Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. XVI, pp. 458 y 489; *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 373-376.

⁶³ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, pp. 89 y 90.

en matemáticas.⁶⁴

En este contexto, en 1902 Porfirio Díaz expidió un nuevo plan de estudios de la ENI que, sin embargo, resultó ser muy similar al anterior en cuanto a las carreras ofrecidas y la distribución de materias. Los únicos cambios en las carreras fueron que ingeniero de minas y metalurgista aparecieron como dos carreras diferentes y la de ensayador apareció sin el apelativo de apartador.⁶⁵

Pasaron más de diez años antes de que se volviera a renovar todo el plan de estudios, a pesar del poco éxito de algunas carreras, como se verá más adelante. Sin embargo, y en espera de ampliar esta cuestión en el siguiente capítulo para el caso de las materias de física, los contenidos sí sufrieron cambios en este periodo.

En 1915 apareció un proyecto de plan de estudios para la ENI, en el que sólo se consideraron seis carreras, todas ingenierías: civil, constructor, de caminos, hidráulico, electricista y topógrafo. En este proyecto no aparecieron carreras de minas y ya no se propuso la carrera de ingeniero geógrafo,⁶⁶ que ya no se volvió a ofrecer. Ese mismo año el nombre de la carrera de ingeniero electricista cambió para ser el de ingeniero mecánico-electricista. La carrera de ingeniería eléctrica no volvió a aparecer en los planes de estudio sino hasta 1924, después de nueve años de no impartirse.⁶⁷

Para el año de 1916 hubo otro plan de estudios (véase Tabla A1.2.3), que se aprobó de manera provisional, donde aparecieron las ingenierías civil, industrial y de minas, así como las carreras de ensayador y topógrafo. Otra novedad fue la de metalurgista, que ahora fue una ingeniería y cuyo plan de estudios estaba, por cierto, inserto en el de ingeniero de minas. Además, apareció la de ingeniero constructor, cuyo programa estaba incluido en la de ingeniero civil.⁶⁸

Resaltan entre las novedades este plan de estudios la desaparición de la materia de Economía Política, la reducción de los cursos de dibujo y el aumento de cursos de matemáticas, física y temas especializados, como Explotación de Minas y Obras

⁶⁴ Díaz Molina y Saldaña, *op. cit.*, p. 167.

⁶⁵ Fernández Villarreal, Manuel y Francisco Barbero (editores), *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XXXIV, p. 61.

⁶⁶ Moles Batllewell, *op. cit.*, p. 336.

⁶⁷ Díaz Molina y Saldaña, *op. cit.*, pp. 181 y 182.

⁶⁸ Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Escuela Nacional de Ingeniería (ENI), Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 37, fo. 1350-1354.

Hidráulicas.⁶⁹

En 1916 se introdujo en la carrera de ingeniero de minas una materia sobre petróleo, cuya explotación en México había iniciado casi dos décadas antes y se había convertido en un jugoso negocio para compañías extranjeras. La carrera especializada en el petróleo, la de ingeniero petrolero, fue inaugurada el ciclo escolar de 1927.⁷⁰ Esto fomentó el crecimiento de la matrícula de la Escuela.⁷¹ En 1924 desaparecieron las carreras de ingeniero constructor y de ensayador.⁷²

La siguiente reforma de importancia fue la del plan de estudios de 1928 (véase Tabla A1.2.4) aprobado provisionalmente por la Secretaría de Educación. Continuando con los vaivenes en cuanto a la aparición y desaparición de carreras, la ENI ofreció a partir de este año las siguientes carreras de ingeniero: civil; de minas; petrolero; mecánico-electricista; forestal, y topógrafo e hidrógrafo. No obstante, no se definió todavía el plan de estudios para ingeniero forestal.⁷³

Este cambio en los estudios de las diversas carreras es de particular interés debido a que se introdujeron diversos temas relacionados con nuevas tecnologías. Así, aparecieron materias como Tecnología (con un programa diferente para cada carrera), Inglés Técnico, Máquinas Térmicas y Conferencias de Hidrología Forestal en los planes de la mayoría de las carreras. Además, en algunas hubo materias nuevas más especializadas como Concreto Armado, Ingeniería Sanitaria, Máquinas Hidráulicas y Mediciones Eléctricas, Fotometría y Alumbrado.⁷⁴

Cuatro años después continuaban las mismas carreras, aunque había desaparecido la de topógrafo e hidrógrafo.⁷⁵

El último plan de estudios importante de la primera mitad del siglo XX⁷⁶ fue el de 1935 (véase Tabla A1.2.5). Las ingenierías estipuladas fueron la de civil, municipal y sanitario, de minas y metalurgista, petrolero, mecánico-electricista y topógrafo,⁷⁷ carreras

⁶⁹ *Loc. cit.*

⁷⁰ David Martín Baptista González, *La creación de la primera carrera de ingeniero petrolero en la Universidad Nacional*, pp. 16, 53-57 y 86.

⁷¹ Garciadiego Dantan, *op. cit.*, p. 395.

⁷² *Ibid.*, p. 74.

⁷³ *Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería*, pp. 3-10.

⁷⁴ *Loc. cit.*

⁷⁵ Julio Jiménez Rueda, —*Los estudios universitarios en México y en el extranjero*”, p. 349.

⁷⁶ Moles Batllevell, *et al.*, *op. cit.*, pp. 391-402 y 412-435.

⁷⁷ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la*

que se conservaron en 1937, aunque a la última de éstas se le volvió a agregar el adjetivo de hidrógrafo.⁷⁸ El cambio más notable en el plan de estudios de 1935 fue la introducción de materias optativas generales y especializadas, así como la modificación de los contenidos de las materias de física,⁷⁹ como se verá en el capítulo siguiente.

En el Apéndice 1 se hace evidente que los planes de estudio estuvieron siempre articulados alrededor de un tronco común cada vez más completo y diversificado, además de moderno, que fue incluyendo materias de las carreras más consolidadas, es decir, minas y civil. Esto se llevó a cabo desde el siglo XIX como una estrategia de fortalecimiento académico de la ENI.⁸⁰

Ante esta situación, algunos estudiaban más de una carrera, a menudo simultáneamente,⁸¹ y se titulaban de hasta cuatro carreras, como fue el caso de Leandro Fernández, que se graduó como ensayador, ingeniero civil, ingeniero geógrafo e ingeniero topógrafo e hidromensor, entre 1873 y 1884⁸², y quien sería director de la ENI de 1895 a 1900, además de director interino en 1889.⁸³ Sin embargo, también tuvo como consecuencia que las carreras fueran más largas y tuvieran más materias, aunque exigieran el mismo número de horas semanales de estudio. Así, en 1905 el plan de estudios de ingeniero civil duraba cuatro años, tenía un promedio de 21 horas de clase a la semana durante la carrera, y comprendía un total de 19 materias.⁸⁴ En 1935, veinte años después, esta carrera duraba cinco años, tenía un promedio de 25 horas de clase semanales y 43 materias.⁸⁵ La carrera de ingeniero de minas y metalurgista duraba en 1905 cuatro años, con un promedio de 28 horas semanales de clase y un total de 22 materias.⁸⁶ En 1935, duraba

Universidad Nacional de México. 1935, p. 4.

⁷⁸ Moles Batllewell, *et al.*, *op. cit.*, pp. 391, 393, 395, 396, 398 y 400.

⁷⁹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 4; *Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería*, pp. 3-10.

⁸⁰ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, pp. 97, 98 y 112.

⁸¹ AHPM, 1935, VI-530, exp. 39, fo. 1-10.

⁸² Deva Ramos *et al.*, "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1914", p. 51.

⁸³ *Catálogo del fondo Escuela Nacional de Ingeniería*, p. 5.

⁸⁴ "Días y horas de las clases para el año de 1905, en la E. Nacional de Ingenieros", en *Boletín de Instrucción Pública (BIP)*, tomo IV, núm. 3, 20 de marzo de 1905, pp. 553 y 554.

⁸⁵ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 9 y 11.

⁸⁶ "Días y horas de las clases para el año de 1905, en la E. Nacional de Ingenieros", en *BIP*, tomo IV, núm. 3, 20 de marzo de 1905, pp. 553 y 554.

cinco años, con 27 horas semanales y 47 materias.⁸⁷

Esto se vio reflejado en el notable aumento de las materias impartidas en la Escuela. Mientras que en 1874 en la Escuela se abrieron 14 cursos diferentes,⁸⁸ en 1900 fueron 23⁸⁹ y en 1935 llegaron a 82.⁹⁰ En los dos primeros casos, había un solo grupo por materia, mientras que en 1935, al haber más de un grupo para ciertas materias, el número de grupos ascendía a 99.⁹¹

Por otro lado, es interesante notar que, sin embargo, el número de carreras ofrecidas por la ENI no varió considerablemente, puesto que en 1867 ofrecía cinco y a finales de la década de los cuarenta ofrecía seis. Alcanzó su máximo a principios de siglo, con ocho, y se mantuvo entre estos números durante todo el periodo en cuestión.

2.6. El funcionamiento de la Escuela

2.6.1. El gobierno de la Escuela

Por la ley de 1867, en la Escuela Especial de Ingenieros habría un director y un subdirector, nombrados por el gobierno y elegidos a partir de ternas propuestas por juntas de catedráticos, integradas por profesores propietarios de la misma escuela. El gobierno nombraría inicialmente a los profesores propietarios de las cátedras de nueva creación, aunque las vacantes serían ocupadas por los ganadores de un concurso de oposición. De cualquier manera, los títulos de catedrático los daría el Ministerio de Instrucción Pública.⁹²

Con la transformación en Escuela Nacional de Ingenieros, se determinó que los nombramientos los haría la Secretaría de Fomento y se obligó a los profesores a presentar anualmente el programa de su curso y las obras de texto que se emplearían para el año siguiente. Éstos quedaban sujetos a la aprobación del Ministerio de Fomento.⁹³

Con el cambio de dependencia, ahora de la Secretaría de Justicia e Instrucción

⁸⁷ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 9 y 11.

⁸⁸ Díaz Covarrubias, *op. cit.*, p. 208.

⁸⁹ AHUNAM, ENI, Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 445.

⁹⁰ "Horario para 1935", AHPM, 1935, VI-530, exp. 38, fo. 1 y 2.

⁹¹ AHUNAM, ENI, Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 445; "Horario para 1935", AHPM, 1935, VI-530, exp. 38, fo. 1 y 2.

⁹² Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, pp. 202 y 203.

⁹³ *Ibid.*, vol. XVI, p. 460 y 461.

Pública, los profesores mantuvieron la misma obligación, que debían cumplir después de que el director hiciera las observaciones que considerara oportunas. Por supuesto, los profesores estaban obligados a sujetarse al programa aprobado, y se les hacía hincapié en que procuraran graduar de modo conveniente los conocimientos.⁹⁴

En esta etapa, tanto el director y subdirector como los profesores eran nombrados directamente por el Presidente de la República. Para ser profesor se debía cumplir con el requisito de ser ciudadano mexicano y ~~“tener título expedido por la misma Escuela en la profesión correspondiente al ramo que se deba enseñar”~~.⁹⁵

A partir de 1902, el director sometió al Consejo Superior de Educación Pública las innovaciones que en materia de programas, métodos de enseñanza y textos formularan los profesores.⁹⁶ Además, el director tenía entre sus obligaciones la presentación al Secretario de Justicia e Instrucción Pública de un informe anual sobre el año anterior, incluyendo información acerca de las condiciones del edificio que ocupaba la escuela, las compras que se habían hecho, una relación detallada de las actividades académicas, etc.⁹⁷

Los estudiantes, por su parte, buscaron organizarse para poder dar cauce a sus propias iniciativas. Así, en 1904 se fundó la Asociación de la ENI y en 1908 la Sociedad de Alumnos de la ENI, organismos que promovieron la programación de actividades extracurriculares, tales como conferencias sobre temas de ingeniería.⁹⁸

En 1910, la *Ley Constitutiva de la Universidad Nacional de México*, decretada por el Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, había designado al Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes como Jefe de la Universidad. Estableció además entre las autoridades de la Universidad al Consejo Universitario, asignándole entre sus atribuciones la de ~~“discutir, adoptar y elevar a la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, para su conocimiento y resolución, las iniciativas que en el mismo Consejo se presenten, dirigidas a reformar las disposiciones vigentes, sobre planes de Estudios, programas parciales, métodos, divisiones del trabajo y pruebas de aprovechamiento en una o más escuelas universitarias”~~, así como ~~“nombrar y remover el personal que deba pagarse con fondos propios de la Universidad”~~. Estableció también que el Presidente de la República

⁹⁴ *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 376 y 377.

⁹⁵ *Ibid.*, p. 377.

⁹⁶ Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, pp. 65 y 67.

⁹⁷ *BIP*, tomo I, núm. 7, 10 de abril de 1903, pp. 605-612.

⁹⁸ Jorge L. Tamayo, *Breve reseña sobre la Escuela Nacional de Ingeniería*, pp. 55 y 56.

nombraría a un Rector, quien presidiría el Consejo Universitario,⁹⁹ en el que tanto los profesores como los alumnos de la ENI tendrían representantes.¹⁰⁰ Cuando se creó la Secretaría de Educación Pública, en 1921, se le adjudicó la facultad de designar a los profesores de la Universidad, los cuales tendrían que comprobar competencia en la materia de la cual se encargarían.¹⁰¹

La autonomía de la ley de 1929 determinó que el Consejo Universitario sería la autoridad suprema y le arrojó ahora la función de estudiar y aprobar los planes de estudio, método de enseñanza y sistema de pruebas. También la de nombrar a los directores de las facultades y escuelas universitarias, así como reglamentar la provisión del profesorado y nombrar al personal docente de las facultades y escuelas. Mientras tanto, el Rector estaría facultado para aprobar la creación de cursos y el nombramiento de profesores libres. Habría además, en las diversas entidades universitarias, academias con representación de profesores y alumnos, las cuales tendrían injerencia en el gobierno de las instancias respectivas.¹⁰²

Más tarde, en 1940, el Consejo Universitario definió un método para el nombramiento de profesores: decidió que las cátedras vacantes por falta definitiva del titular y las de nueva creación se concederían por medio del sistema de oposiciones, que consistirían en una prueba escrita y una prueba oral. Los participantes en dicha oposición tendrían como requisito el de tener uno de los grados o títulos expedidos por la facultad o escuela de que se tratara.¹⁰³

La Ley Orgánica de la UNAM publicada el 6 de enero de 1945, promulgada por Manuel Ávila Camacho (1897-1955), estableció que entre las autoridades de la Universidad estaría también la Junta de Gobierno. Los directores de facultades y escuelas serían designados por dicha Junta a partir de ternas que integraría el Rector, después de someterlas a la aprobación de los Consejos Técnicos respectivos, que estarían formados por representantes de los profesores y alumnos.

Por otra parte, esta ley otorgó a la institución el derecho de impartir sus enseñanzas y desarrollar sus investigaciones, de acuerdo con el principio de libertad de cátedra y de

⁹⁹ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, pp. 3-5.

¹⁰⁰ Tamayo, *op. cit.*, p. 56.

¹⁰¹ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, p. 133.

¹⁰² *Ibid.*, pp. 164-166, 169 y 170.

¹⁰³ *Ibid.*, p. 440.

investigación”.¹⁰⁴

Como se puede colegir de lo anterior, a lo largo de la historia de la Escuela hubo una tendencia del gobierno federal de ir delegando paulatinamente la toma de decisiones a los encargados inmediatos de cada una de las distintas tareas educativas, incluso con el concurso de los estudiantes. La fase definitiva de este proceso fue la creación de la Universidad y después el que se le concediera la autonomía.

2.6.2. Las actividades académicas

Durante su existencia, la Escuela funcionó con regularidad en varios aspectos referentes a sus actividades académicas. Para que alguien se pudiera inscribir como alumno numerario (con derecho a examen) de los cursos profesionales de la ENI, era requisito indispensable presentar un pase de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Dicho pase servía para comprobar la acreditación de todos los cursos preparatorios conforme a las leyes vigentes, tanto si se hubieran cursado en la referida ENP como en cualquier escuela oficial de algún estado.¹⁰⁵ En los casos de revalidación de estudios, se pedía el mismo requisito para la concesión del título correspondiente.¹⁰⁶

Por otra parte, cuando un estudiante no había acreditado alguna materia de la preparatoria, se podía inscribir a la ENI en calidad de supernumerario, aunque sus calificaciones no serían válidas sino hasta que cumpliera el requisito que le faltaba.¹⁰⁷ La categoría de alumno supernumerario también aplicaba a quienes deseaban estudiar una sola de las materias de la escuela.¹⁰⁸

Desde la creación de la ENI, se determinó que los cursos se abrirían el primer día de febrero y terminarían el 30 de septiembre, interrumpiéndose sólo los domingos y días de fiesta.¹⁰⁹ Los exámenes tendrían lugar el mes de octubre,¹¹⁰ y los meses de noviembre,

¹⁰⁴ *Ley Orgánica de la UNAM. Versiones: español, inglés y francés*, pp. 11, 12, 16 y 17.

¹⁰⁵ Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, p. 64.

¹⁰⁶ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, pp. 194 y 197.

¹⁰⁷ “Inscripción de supernumerarios en la Escuela N. de Ingenieros”, *BIP*, tomo XIII, núms. 3 y 4, enero y febrero de 1910, p. 66.

¹⁰⁸ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, p. 760.

¹⁰⁹ *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, p. 376.

¹¹⁰ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, p. 197.

diciembre y enero estarían dedicados a las prácticas de los estudiantes.¹¹¹ Estas disposiciones se mantuvieron con pocos cambios por más de cincuenta años,¹¹² uno de los cuales ocurrió con la incorporación a la Universidad, que significó, entre sus pocas consecuencias, que las vacaciones fueran un poco más largas.¹¹³ Por lo demás, el calendario escolar, permaneciendo casi igual, se recorrió como máximo un mes y medio.¹¹⁴

Si bien la mayoría de las materias inauguraban sus clases según estaba previsto, había ocasiones en que algunas no se impartían por falta de alumnos. Por ejemplo, en 1907, los cursos de Geodesia y Astronomía Práctica y Cálculo de las Probabilidades, Elementos de Mecánica Celeste, Meteorología y Física del Globo y Aplicaciones de la Electricidad no contaron con alumnos inscritos.¹¹⁵

A pesar de la relativa calma con la que la ENI vivió los tiempos revolucionarios, por momentos la ENI no era ajena a la convulsa situación nacional. En 1916, el auge nacionalista tuvo como consecuencia que en la ENI, así como en algunas otras instituciones del país, se diera instrucción militar impartida por soldados profesionales.¹¹⁶

Sobre la forma de evaluación, desde la creación de la Escuela Especial de Ingenieros, se estableció que habría exámenes anuales, que se llevarían a cabo en octubre, y que se harían con un jurado compuesto por tres profesores de la misma escuela con aptitud en la materia correspondiente, sin que pudiera formar parte de él el profesor del ramo. Los exámenes se efectuarían con base en votos secretos del jurado según una escala de cuatro grados: M. (contestó medianamente), B. (contestó bien), M. B. (contestó muy bien) y P. B. (contestó perfectamente bien). Su duración sería de entre tres cuartos de hora y una hora, y la dificultad de los mismos sería proporcional a la cantidad de faltas de asistencia a las lecciones que hubiera tenido cada alumno. Se harían “con toda severidad”, procurando que las calificaciones expresaran, hasta donde fuera posible, el grado de instrucción del alumno,

¹¹¹ *Ibid.*, vol. XVI, p. 460.

¹¹² Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, p. 65; “Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros, relativo al año de 1906”, *BIP*, tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, p. 317; “Reseña de los trabajos correspondientes al año escolar de 1908 a 1909 en la Escuela Nacional de Ingenieros”, *BIP*, tomo XII, núm. 4, agosto de 1909, p. 822; Julio Jiménez Rueda, “Los estudios universitarios en México y en el extranjero”, pp. 357 y 358.

¹¹³ Tamayo, *op. cit.*, p. 56.

¹¹⁴ *Anuario. 1931-1932*, p. 31; AHPM, 1935, VI-530, exp. 1; AHPM, 1938, VI-559, exp. 1.

¹¹⁵ “Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros, relativo al año de 1906”, *BIP*, tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, p. 316.

¹¹⁶ Garcíadiego Dantan, *op. cit.*, pp. 328 y 329.

—de un modo general y no comparativo”.¹¹⁷ A los alumnos que lo merecían se les otorgaban premios, que incluían en algunos casos libros e instrumentos científicos.¹¹⁸ Por otro lado, los profesores tendrían prohibido dar clases particulares a los alumnos de la escuela, para así evitar favoritismos.¹¹⁹

A finales del porfiriato se cambió la escala de calificaciones. Se estableció una escala numérica del 0 al 4, donde 0 sería reprobado y 4 perfectamente bien.¹²⁰ Se especificó además que al terminar los cursos del año escolar los alumnos realizarían una prueba oral según cuestionarios aprobados previamente por el Director. De ser pertinente, se haría una prueba práctica. Ahora, el derecho a examen se condicionó a una asistencia de al menos 50% en el curso correspondiente, y el jurado estaría compuesto por tres examinadores titulares, entre ellos el profesor de la asignatura y uno suplente.¹²¹ Cabe señalar que si un alumno reprobaba tres veces la misma asignatura, se le cancelaba su inscripción.¹²²

En 1930 se incluyeron pruebas mensuales y se aumentó el porcentaje mínimo de asistencia para tener derecho a examen final a 75%. Se ratificó el método de pruebas orales, pero se agregaron pruebas escritas al final del curso, que se resolverían por los alumnos con ayuda de material de consulta y serían revisadas sólo por el profesor de la materia correspondiente. La escala de calificaciones cambió a la de 0 a 10, con 6 como la calificación aprobatoria mínima.¹²³

Cinco años después el Consejo Universitario hizo una ponderación diferente de las asistencias de los estudiantes y determinó que los profesores pasarían lista de asistencia tan sólo con fines estadísticos, sin tener influencia alguna en las calificaciones. Al mismo tiempo, resultaba por ese entonces que la asistencia de los alumnos a las clases era muy

¹¹⁷ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, pp. 197, 760 y 761 y vol. XVI, pp. 460 y 461; *Reglamento de la Ley de 15 de febrero de 1883, que reformó la Ley de Instrucción Pública, respecto de los Establecimientos de enseñanza minera y agrícola*, p. 25; “Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros, relativo al año de 1906”, *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, p. 377; *BIP*, tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, p. 317.

¹¹⁸ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, pp. 197, 760 y 761 y vol. XVI, pp. 460 y 461.

¹¹⁹ “Circular por la que se prohíbe que den clases particulares los profesores de las Escuelas Nacionales”, en *RIPM*, tomo I, núm. 3, 15 de abril de 1896, p. 67.

¹²⁰ “Reglas aprobadas por la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para los exámenes correspondientes al año escolar de 1907 en la Escuela N. de Ingenieros”, *BIP*, tomo VIII, núm. 3, 20 de noviembre de 1907, p. 500.

¹²¹ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, pp. 18-21.

¹²² *Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería*, p. 11.

¹²³ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, pp. 225-227.

irregular, lo que causaba preocupación a los profesores.¹²⁴

Los exámenes anuales no se le podían dispensar a ningún alumno, que tenía que sustentar uno por cada curso.¹²⁵ Normalmente había un periodo extraordinario de exámenes parciales en enero.¹²⁶ Sin embargo, no todos los alumnos eran examinados en las materias en las que estaban inscritos. De hecho, había casos en que sólo una fracción muy pequeña de los estudiantes inscritos se presentaba a sus exámenes.¹²⁷

Esto sucedió, por ejemplo, a principios del siglo XX, lo cual llamó la atención de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública, que solicitó al director de la ENI una explicación. Éste, a su vez, se comprometió a dar una explicación a partir de una consulta con un comité de profesores nombrado para tal efecto.¹²⁸ Sobre esta situación, los profesores¹²⁹ Juan Mateos y Manuel Marroquín opinaron que uno de los problemas era que con el método de enseñanza vigente los estudiantes recibían demasiadas ideas en muy poco tiempo, lo que los hacía olvidar los conocimientos adquiridos. Otro problema era la mala calidad de los estudios preparatorios.¹³⁰ En el capítulo siguiente se verán algunos de los comentarios hechos en este contexto específicamente sobre la física.

Las prácticas, por su parte, se realizaban en establecimientos industriales del ramo correspondiente. Estaban también las prácticas generales, mismas que los estudiantes llevaban a cabo al final de la carrera durante al menos seis meses.¹³¹ Tanto prácticas como visitas se llevaban a cabo en obras, plantas y talleres, tanto gubernamentales como particulares, que ofrecían sus instalaciones para contribuir al aprendizaje de los estudiantes de la ENI.¹³² Hacia 1910, incluso hubo alumnos que realizaron sus prácticas en las obras del Canal de Panamá después de una solicitud al presidente William Howard Taft (1857-1930).¹³³

El requisito final para obtener el título de alguna de las carreras ofrecidas por la

¹²⁴ AHPM, 1935, VI-530, exp. 36, pp. 2 y 3.

¹²⁵ Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, p. 67.

¹²⁶ "Informe de los trabajos escolares correspondientes al año próximo pasado de 1900", en *RIPM*, tomo V, núm. 3, 15 de agosto de 1901, p. 74.

¹²⁷ *Ibid.*, p. 75.

¹²⁸ *Loc. cit.*

¹²⁹ Acervo Histórico del Palacio de Minería (AHPM), 1896, III-256, exp. 15; AHPM, 1898, III-263, exp. 2.

¹³⁰ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 126.

¹³¹ *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 373-376.

¹³² AHPM, 1935, VI-530, exp. 36, p. 4.

¹³³ Bazant, *op. cit.*, p. 280.

Escuela era sustentar el examen profesional, en el que se debía contestar las preguntas de los sinodales de un jurado acerca de una tesis realizada por el estudiante y propuesta por alguno de los profesores de la Escuela.¹³⁴ Típicamente, los exámenes profesionales se podían efectuar en cualquier momento,¹³⁵ aunque a principios de siglo se restringió el periodo de los mismos a los meses entre enero y septiembre.¹³⁶

Una de las políticas constantes de la Escuela fue el intento de hacer más práctica la enseñanza, intento originado en algunas de las críticas que se hacían a la institución en los albores del siglo con relación a las muy bajas matrículas de carreras como las de ingeniero industrial e ingeniero electricista.¹³⁷ A propósito de esto, en 1902 se estableció que la enseñanza en la Escuela sería rigurosamente teórico-práctica, para cuyo fin se alternarían en la misma semana las clases que se destinaren a los estudios teóricos, con los ejercicios prácticos adecuados a cada materia.¹³⁸

Esta idea de fomentar la práctica cobró particular importancia desde el estallido de la lucha revolucionaria en toda la Universidad y continuó por varios años.¹³⁹ Durante el gobierno de Huerta, una de las pocas iniciativas en materia educativa¹⁴⁰ fue que se favoreciera la enseñanza práctica.¹⁴¹ Más adelante, como parte del proyecto educativo carrancista, en la ENI se eliminaron varios cursos teóricos y se agregaron aspectos donde se ponía en práctica el conocimiento adquirido a los que quedaron.¹⁴² Esto pretendió ser una respuesta a quienes criticaban los cursos “teorizantes” de la Escuela, prefiriendo otros que estuvieran más de acuerdo con la actividad laboral del ingeniero, lo cual debería de incluir también la práctica efectiva simultánea con el desarrollo de los estudios.¹⁴³

El énfasis en la práctica en detrimento de la teoría se ha llegado a ver como un cambio en las influencias en la enseñanza de las prácticas académicas en el extranjero, en el sentido de que la influencia francesa hacía hincapié en la teoría, mientras que la corriente

¹³⁴ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, p. 761; *Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería*, pp. 3-10.

¹³⁵ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. XVI, pp. 460 y 461; *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, p. 377.

¹³⁶ Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, p. 67.

¹³⁷ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, pp. 59 y 89.

¹³⁸ Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, pp. 64 y 65.

¹³⁹ Garcíadiego Dantan, *op. cit.*, pp. 385 y 386.

¹⁴⁰ Monteón González y Riquelme Alcantar, *op. cit.*, p. 44.

¹⁴¹ Garcíadiego Dantan, *op. cit.*, p. 234.

¹⁴² *Ibid.*, pp. 315 y 316.

¹⁴³ Tamayo, *op. cit.*, p. 62.

americana era de índole pragmática.¹⁴⁴

Este interés por hacer más prácticos los estudios no era exclusivo de la ENI. Por ejemplo, en la Escuela Nacional de Artes y Oficios para Hombres (convertida alrededor de 1915 en la Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos, Electricistas y Mecánicos-Electricistas), que era una escuela de capacitación para el trabajo industrial, el director Carlos María Lazo del Pino propuso en 1912 introducir más experimentos en las academias de física, química, electricidad y mecánica.¹⁴⁵

En este orden de ideas, quien fuera encargado del Despacho de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes hasta 1917, el ingeniero Félix Fulgencio Palavicini Loría (1881-1952), opinaba que la enseñanza técnica era la más conveniente para México, puesto que los grados superiores de cultura y los altos estudios eran lujos que sólo podían permitirse los países que habían cubierto ya sus necesidades más urgentes.¹⁴⁶

Además, a algunos alumnos se les otorgaba la posibilidad de perfeccionar sus estudios más allá de lo que la ENI podía ofrecer. Desde 1869 se decidió que se costearía con fondos federales el gasto para que un alumno mexicano de cada carrera de ingeniero, así como de otras carreras, residiera por dos años en el extranjero para perfeccionar el estudio práctico de su especialidad.¹⁴⁷ Con la creación de la ENI se mantuvo este patrocinio y se determinó que dichos alumnos estarían obligados a desempeñar los encargos que le hicieren la Secretaría de Fomento o la misma Escuela de Ingenieros.¹⁴⁸ A principios del siglo XX aumentó el número de becados.¹⁴⁹ Estos apoyos continuaron en la etapa de integración de la ENI a la Universidad Nacional.¹⁵⁰

2.7. Estadísticas escolares

En este apartado se presenta información acerca de estadísticas escolares referentes a la matrícula de la ENI y a las personas que ahí se graduaron a través del tiempo.

¹⁴⁴ Díaz Molina y Saldaña, *op. cit.*, p. 166; Bazant, *op. cit.*, p. 256.

¹⁴⁵ Monteón González y Riquelme Alcantar, *op. cit.*, pp. 45 y 47.

¹⁴⁶ *Ibid.*, pp. 46 y 47.

¹⁴⁷ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, p. 761 y 762; Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, p. 67.

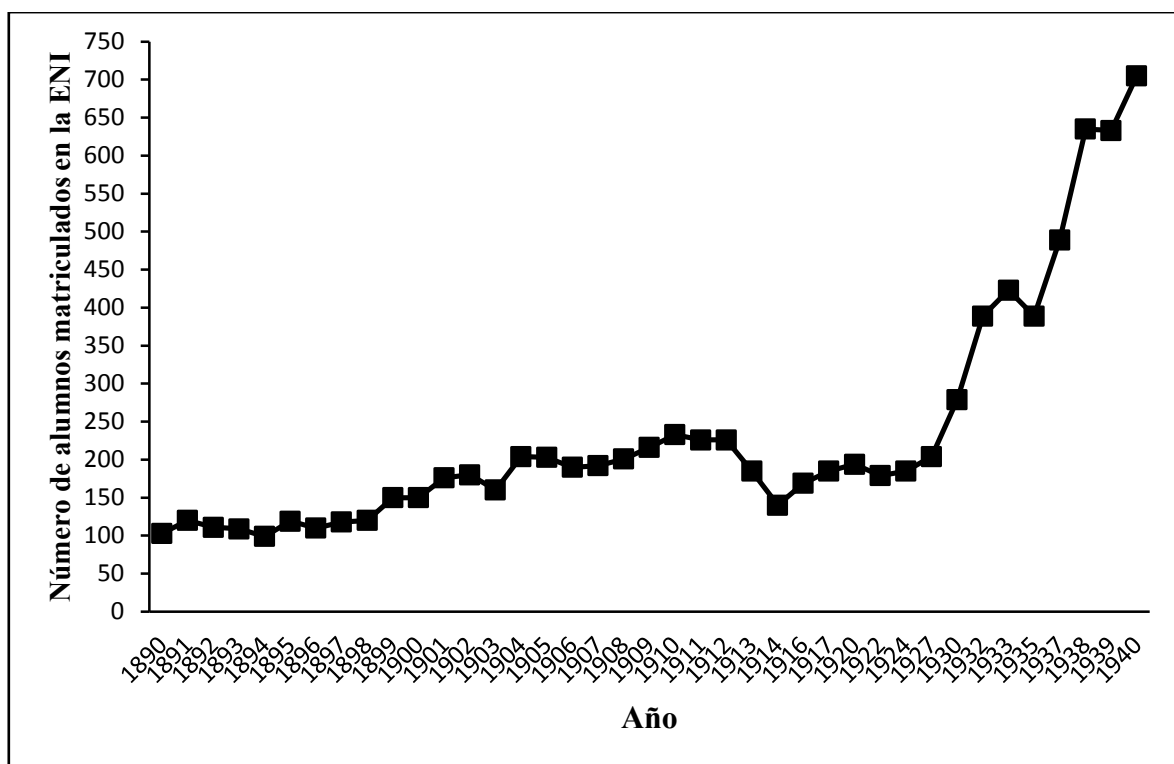
¹⁴⁸ *Reglamento de la Ley de 15 de febrero de 1883, que reformó la Ley de Instrucción Pública, respecto de los Establecimientos de enseñanza minera y agrícola*, p. 29.

¹⁴⁹ Bazant, *op. cit.*, p. 276.

¹⁵⁰ Garciadiego Dantan, *op. cit.*, p. 118.

Estos datos hablan de la importancia y continuidad de la escuela, así como de las diferentes carreras ofrecidas. También aportan indicios acerca de cómo algunas circunstancias externas pudieron haber afectado la vida académica de la Escuela.

En la Gráfica 2.1, a continuación, se puede ver la evolución de la población escolar de la ENI:



Gráfica 2.1. Matriculación de la ENI.¹⁵¹

¹⁵¹ Breve noticia de los establecimientos de instrucción dependientes de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública, p. 47; AHUNAM, ENI, Dirección. Informes y Reglamentos, caja 8, exp. 14, fo. 412; AHUNAM, ENI, Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 442; —Inscripciones. 1901”, AHPM, 1901, II-272, exp. 9, fo. 1 y 2; —Escuela Nacional de Ingenieros. Informe correspondiente al año escolar de 1902”, en BIP, tomo I, núm. 7, 10 de abril de 1903, p. 608; —Año escolar de 1903. Estadística de la Escuela Nacional de Ingenieros y Escuela Práctica de Pachuca”, AHPM, 1903, III-279, exp. 6; —Inscripciones 1904”, AHPM, 1904, II-281, exp. 20; —Informe general correspondiente al año de 1905”, AHPM, 1906, II-285, exp. 4, fo. 4; —Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros, relativo al año de 1906”, BIP, tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, p. 316; —Datos relativos a inscripción de alumnos en la Escuela N. de Ingenieros”, BIP, tomo VII, núm. 2, 20 de julio de 1907, p. 696; AHPM, 1908, V-296, exp. 9, fo. 1-4; Edgar Omar Rodríguez Camarena, *Desarrollo de la carrera de ingeniería civil en México. Desde su creación hasta las primeras décadas del siglo XX*, p. 72; José Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 183, 186 y 188; AHUNAM, ENI, Asuntos escolares. Listas de asistencia e inscripción, caja 29, exp. 3, fo. 21 y 32; Baptista González, *op. cit.*, p. 54; Ignacio García Téllez, —Informe del Rector al H. Consejo Universitario en mayo de 1930”, p. 235; María de la Paz Ramos Lara, —Las primeras mujeres graduadas en física en la UNAM”, p. 17; AHPM, 1935, VI-530, exp. 39, fo. 1-10; AHPM, 1937, VIII-552, exp. 19, fo. 1-12.

La siguiente tabla muestra la distribución por carreras de la matrícula de la ENI en algunos años:

| Carrera | 1901 ¹⁵² | | 1908 ¹⁵³ | | 1916 ¹⁵⁴ | | 1935 ¹⁵⁵ | |
|----------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| | Alumnos inscritos | Porcentaje [%] | Alumnos inscritos | Porcentaje [%] | Alumnos inscritos | Porcentaje [%] | Alumnos inscritos | Porcentaje [%] |
| Ingeniero civil | 112 | 65 | 156 | 78 | 117 | 69 | 332 | 79 |
| Ing. constructor | — | — | — | — | 5 | 3 | — | — |
| Ing. municipal y sanitario | — | — | — | — | — | — | 6 | 1 |
| Ing. de minas y metalurgista | 37 | 21 | — | — | — | — | 10 | 2 |
| Ing. de minas | — | — | 15 | 8 | 31 | 18 | — | — |
| Ing. metalurgista | — | — | — | — | 0 | 0 | — | — |
| Metalurgista | — | — | 0 | 0 | — | — | — | — |
| Ing. petrolero | — | — | — | — | — | — | 7 | 2 |
| Ing. forestal | — | — | — | — | — | — | 4 | 1 |
| Topógrafo e hidrógrafo | 16 | 9 | 24 | 12 | — | — | — | — |
| Topógrafo | — | — | — | — | 8 | 5 | — | — |
| Ing. topógrafo | — | — | — | — | — | — | 22 | 5 |
| Ing. geógrafo | 1 | 1 | 0 | 0 | — | — | — | — |
| Ing. industrial | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 2 | — | — |
| Ing. mecánico electricista | — | — | — | — | — | — | 37 | 9 |
| Electricista | 2 | 1 | 3 | 2 | — | — | — | — |
| Ensayador y apartador de metales | 4 | 2 | — | — | — | — | — | — |
| Ensayador | — | — | 3 | 2 | 4 | 2 | — | — |
| Total | 173 | 100 | 201 | 100 | 169 | 100 | 389 | 100 |

Tabla 2.1. Número de alumnos matriculados por carrera para algunos años.¹⁵⁶

¹⁵² AHPM, 1901, III-273, exp. 9, fo. 1 y 2 (no se indica la carrera a la que estaban inscritos tres alumnos).

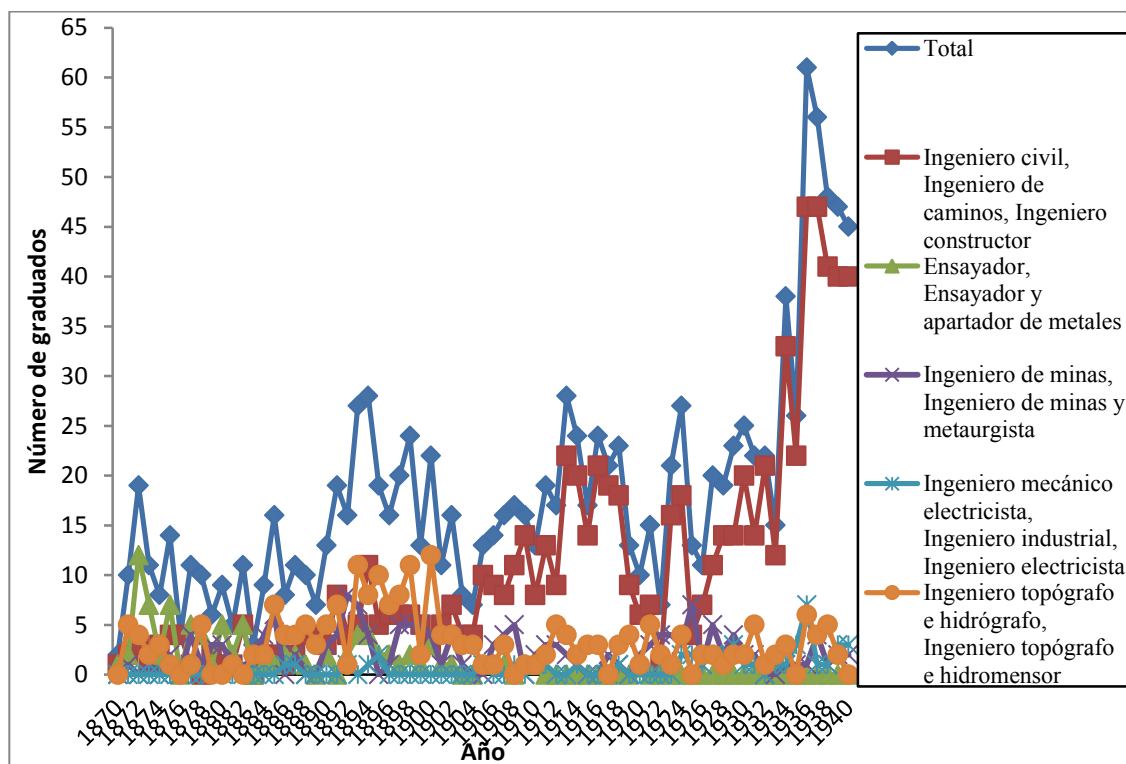
¹⁵³ AHPM, 1908, V-296, exp. 9, fo. 1-4.

¹⁵⁴ Baptista González, *op. cit.*, p. 54.

¹⁵⁵ AHPM, 1935, VI-530, exp. 39, fo. 1-10 (29 alumnos estaban inscritos en dos carreras).

¹⁵⁶ Si un alumno estaba inscrito en dos carreras, está tomado en cuenta en cada una de las dos categorías correspondientes; los porcentajes están redondeados a números enteros. Las celdas sombreadas corresponden a las carreras ofrecidas el año en cuestión.

Enseguida se presenta una gráfica con los datos de los títulos otorgados por la Escuela entre 1870 y 1940:



Gráfica 2.2. Número de títulos otorgados por la ENI en las carreras con mayor número de graduados por carreras afines entre 1870 y 1940.¹⁵⁷

Como se puede ver en la Gráfica 2.1, la matrícula de la ENI tuvo una tendencia de crecimiento lento durante los últimos veinte años del porfiriato. En los siguientes veinte años tuvo un comportamiento más bien irregular, para pasar a una etapa de crecimiento considerablemente mayor en década de los treinta. En cincuenta años su población escolar se multiplicó cerca de siete veces.

La Tabla 2.1 y la Gráfica 2.2 dan cuenta de la preeminencia de la carrera de ingeniero civil sobre las demás carreras durante las primeras décadas del siglo XX, tanto en número de alumnos inscritos como de graduados. Otras carreras, en cambio, tuvieron muy poco éxito, al menos por temporadas. Durante los últimos decenios del siglo XIX, la carrera

¹⁵⁷ Deva Ramos *et al.*, pp. 46-62.

de minas y dos carreras que se estudiaban en menos tiempo, carreras de corta duración,¹⁵⁸ la de ensayador y la de topógrafo, tuvieron importancia, pero no lograron mantenerla en igual medida el siglo siguiente.

Entre 1870 y 1940 la Escuela otorgó cerca de 1350 títulos. Cerca de la mitad de éstos fueron de ingeniero civil. La carrera que le siguió en éxito a ésta fue la de ingeniero topógrafo e hidrógrafo, con poco más de 200 graduados.¹⁵⁹

En este mismo periodo, entre ingenieros de minas e ingenieros de minas y metalurgistas suman poco menos de 200, y entre ensayadores y apartadores de metales y ensayadores se titularon casi 100.¹⁶⁰

Algunas carreras no contaron ni con 10 graduados, como es el caso de ingeniero forestal, ingeniero constructor, ingeniero electricista e ingeniero industrial. Los ingenieros geógrafos no llegaron a 20, en un lapso de 40 años (1880-1920), mientras que la carrera de ingeniero petrolero alcanzó un número similar, pero en un decenio (1930-1940). En un lapso también de cuarenta años (1900-1940) hubo cerca de 40 ingenieros mecánicos electricistas.¹⁶¹

Acerca de la población escolar de 1935, cabe señalar al respecto de tres carreras que había más estudiantes inscritos tanto a dicha carrera como a la de ingeniero civil que estudiantes inscritos sólo a dicha carrera. Estas carreras eran ingeniero topógrafo (16 en ambas, contra 6 sólo en ingeniero topógrafo), ingeniero municipal y sanitario (5 contra 1) e ingeniero petrolero (4 contra 3), lo que parece indicar que algunas carreras se consideraban a menudo más como un complemento a la carrera de ingeniero civil que como una especialidad en sí mismas.¹⁶²

El crecimiento de la matrícula escolar era reflejo de las inscripciones de primer ingreso. Así, en 1901 ingresaron a la escuela 60 estudiantes,¹⁶³ en 1914 entraron 33,¹⁶⁴ mientras que en 1937 el número fue de 139.¹⁶⁵

¹⁵⁸ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, pp. 757 y 758 y vol. XVI, pp. 458 y 489.

¹⁵⁹ *Loc. cit.*

¹⁶⁰ *Loc. cit.*

¹⁶¹ *Loc. cit.*

¹⁶² AHPM, 1937, VIII-552, exp. 19, fo. 1-12.

¹⁶³ –Escuela Nacional de Ingenieros. Informe correspondiente al año escolar de 1902”, *BIP*, tomo I, núm. 7, 10 de abril de 1903, p. 608.

¹⁶⁴ AHUNAM, ENI, Asuntos escolares. Listas de asistencia e inscripción, caja 29, exp. 2, fo. 21.

¹⁶⁵ –Ista de alumnos inscritos en la Escuela Nacional de Ingenieros en el año de 1937, AHPM, 1937, VI-530, exp. 39, fo. 1-12.

Debido al número de alumnos inscritos en la ENI, durante muchos años, las materias contaron con un sólo grupo cada año escolar. Incluso la asignatura de Matemáticas Superiores, obligatoria para buena parte de los estudiantes de la Escuela, no tuvo dos grupos sino hasta 1908.¹⁶⁶ En 1909 las únicas materias que tenían dos profesores eran Matemáticas Superiores, Topografía e Hidrografía, Geometría Descriptiva, Dibujo Arquitectónico y de Máquinas y Dibujo Topográfico y Geográfico.¹⁶⁷ La composición de alumnos de estos grupos no obedecía a una clasificación por carreras. Estudiantes de todas las carreras estaban mezclados aunque, naturalmente, predominaban los alumnos de ingeniería civil.¹⁶⁸

Sobre la procedencia de los estudiantes de nuevo ingreso, un buen número de ellos provenían de la Escuela Nacional Preparatoria.¹⁶⁹ En 1907, por ejemplo, de un total de 196 estudiantes, 87 habían hecho sus estudios anteriores ahí. Además de estos, 12 habían estudiado en la ENP además de en alguna otra escuela. La segunda institución de donde más alumnos provenían era el Liceo del Estado, en Guadalajara, con 10 alumnos.¹⁷⁰

Resulta interesante observar cómo la proporción de alumnos de la ENI como parte de la Universidad en relación con otras escuelas fue cambiando a través de los años. En 1910, la ENI tenía 232 alumnos, mientras que la Escuela de Medicina contaba con 443 y la de Jurisprudencia con 229, de un total de 935 inscritos en los estudios profesionales de la Universidad. La Preparatoria contaba con 991 estudiantes.¹⁷¹

En 1930 la “Facultad de Ingeniería” contaba con 279 estudiantes mientras que la Facultad de Medicina tenía 1684, la de Derecho y Ciencias Sociales 911 y la de Ciencias e Industrias Químicas (que había iniciado labores en 1916 con 70 alumnos)¹⁷² 308. El total de alumnos de la Universidad era de 7266, de los cuales 1482 estaban inscritos en la Escuela

¹⁶⁶ Raúl Domínguez Martínez y Joaquín Lozano Trejo, “La cátedra de Matemáticas Superiores en la Escuela Nacional de Ingenieros”, pp. 69 y 70.

¹⁶⁷ “Presupuesto de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para el año fiscal de 1909-1910”, en *BIP*, tomo XIII, núms. 1 y 2, octubre y noviembre de 1909, pp. 66-68.

¹⁶⁸ “Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo —A”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; “Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo —B”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; “Física - Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1937, II-546, exp. 15; “Física - Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1937, I-545, exp. 7.

¹⁶⁹ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 184.

¹⁷⁰ “Datos relativos a inscripción de alumnos en la Escuela N. de Ingenieros”, *BIP*, tomo VII, núm. 2, 20 de julio de 1907, pp. 69 y 698.

¹⁷¹ Garcíadiego Dantan, *op. cit.*, pp. 67 y 121.

¹⁷² Javier Padilla Olivares, “Génesis de una facultad”, p. 106.

Preparatoria.¹⁷³ Es decir, el crecimiento de la población escolar de la ENI no se equiparaba al de otras escuelas de la Universidad.

Cabe mencionar que la población estudiantil de la ENI estuvo compuesta mayoritariamente por hombres. El primer registro de una mujer (aun si se toma en cuenta también el periodo del Colegio de Minería) fue el de Dolores Rubio Ávila, en la carrera de ensayadora, inscrita alrededor de 1910 y que fue nombrada preparadora del Gabinete de Mineralogía, Geología y Paleontología en 1912, con lo que fue también la primera mujer que ocupó un puesto académico en la ENI. Rubio Ávila no se tituló: el primer título fue concedido a Concepción Mendizábal en 1930. Para 1945, la ENI había concedido solamente seis títulos a mujeres, todos ellos en ingeniería civil.¹⁷⁴

2.8. Los recursos de la Escuela

La Escuela contaba con el majestuoso edificio que había heredado del Real Seminario de Minería, diseñado por Manuel Tolsá: el Palacio de Minería.¹⁷⁵ La magnitud del inmueble le permitió alojar provisionalmente entidades gubernamentales, como la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio (de 1877 a 1917), la Secretaría de Agricultura y Ganadería (de 1877 a 1974), el laboratorio de la Comisión Nacional de Caminos (de 1926 a 1946) e incluso la Cámara de Diputados (de 1909 a 1911).¹⁷⁶

También fue sede de diversas instancias académicas, como la Sociedad Matemática Mexicana (fundada en 1943),¹⁷⁷ la Sociedad Mexicana de Física (fundada en 1951), los Departamentos de Física y Matemáticas de la Facultad de Ciencias, el Instituto de Física (los tres de 1939 a 1953)¹⁷⁸ y el Instituto de Matemáticas¹⁷⁹ (de 1942 a 1953).¹⁸⁰

Para reforzar el aprendizaje en las aulas, la escuela contó con gabinetes, colecciones

¹⁷³ Ignacio García Téllez, "Informe del Rector al H. Consejo Universitario en mayo de 1930", pp. 234 y 235.

¹⁷⁴ Omar Escamilla y Héctor Pineda, "Concepción Mendizábal, la primera ingeniera mexicana", p. 9.

¹⁷⁵ "Historia. Presentación", en *200 Años. Palacio de Minería. 1813-2013* (consultado el 11 de octubre de 2013).

¹⁷⁶ "Recorrido. Salón Rojo", "Recorrido, Patio de Tacuba 7", "1850-1910. Ocupaciones transitorias", "1910-1960. Ocupaciones transitorias", en *200 Años. Palacio de Minería. 1813-2013* (consultado el 11 de octubre de 2013).

¹⁷⁷ "Mujeres pioneras de la Sociedad Matemática Mexicana" (consultado el 11 de octubre de 2013).

¹⁷⁸ Eugenio Ley-Koo, "Sesenta años de ciencias físico-matemáticas en la Universidad Nacional Autónoma de México", pp. 259, 265 y 272.

¹⁷⁹ Juan Manuel Lozano *et al.*, "Historia de la Sociedad Mexicana de Física", pp. 281 y 282.

¹⁸⁰ Carlos Prieto de Castro, "El Instituto de Matemáticas de la UNAM a 70 años de su fundación", p. 76.

de geología y mineralogía y con la biblioteca. Ya en 1869 había gabinetes de mecánica, topografía y astronomía, un laboratorio de química y un observatorio meteorológico. En 1875 también se contaba con un gabinete de geodesia,¹⁸¹ y en 1899 había además un gabinete de electricidad y uno de conocimiento de materiales de construcción.¹⁸² Constantemente se iban agregando nuevas piezas a los gabinetes para lograr una mejor enseñanza.¹⁸³

Durante el porfiriato, la biblioteca recibía anualmente del orden de 100 volúmenes y 250 folletos o fascículos.¹⁸⁴ Se ponía especial interés en adquirir las “mejores obras publicadas en los Estados Unidos, Inglaterra y Francia” en temas de obra civil.¹⁸⁵

En 1899 la biblioteca de la ENI contaba con 5012 volúmenes y 1279 folletos.¹⁸⁶ En 1907 había 6324 volúmenes y 3191 fascículos.¹⁸⁷ Después, la incorporación a la Universidad en 1910 supuso que la biblioteca de la Escuela se siguiera enriqueciendo,¹⁸⁸ a partir de lo cual recibía alrededor de 500 libros anuales. Sin embargo, muchos de ellos eran donaciones,¹⁸⁹ y por falta de recursos no siempre se podían seleccionar los materiales adecuados.¹⁹⁰ Algunos materiales también se daban de baja de la biblioteca. Así, en 1931 contaba con 8210 volúmenes.¹⁹¹

En buena medida, la Escuela de Ingenieros fue financiada por el Estado, aunque con el tiempo tuvo que solicitar cuotas a sus estudiantes. Originalmente, en la Escuela no se cobraba ningún derecho de inscripción ni por concepto de exámenes:¹⁹² las clases, además de gratuitas, eran públicas, de modo que, además de los alumnos inscritos, podían asistir todas las personas que lo desearan siempre que se sujetaran al reglamento interior de la

¹⁸¹ Iglesias, *op. cit.*, p. 162; Covarrubias, *op. cit.*, p. 208.

¹⁸² *Breve noticia de los establecimientos de instrucción dependientes de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública*, p. 47.

¹⁸³ AHUNAM, ENI, Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 14, fo. 429.

¹⁸⁴ “Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros, relativo al año de 1906”, *BIP*, tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, pp. 320 y 321; AHUNAM, ENI, Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 14, fo. 429; AHUNAM, ENI, Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 442; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 202.

¹⁸⁵ *BIP*, tomo I, núm. 7, 10 de abril de 1903, p. 607.

¹⁸⁶ *Breve noticia de los establecimientos de instrucción dependientes de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública*, p. 46.

¹⁸⁷ “Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros, relativo al año de 1906”, *BIP*, tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, pp. 320 y 321.

¹⁸⁸ Garciadiego Dantan, *op. cit.*, p. 118.

¹⁸⁹ David Martín Baptista González, *op. cit.*, p. 54.

¹⁹⁰ Javier Garciadiego Dantan, *op. cit.*, p. 388.

¹⁹¹ *Anuario. 1931-1932*, p. 224.

¹⁹² Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, p. 205.

Escuela.¹⁹³

Sin embargo, los problemas económicos del país llegaron a afectar la vida académica de la ENI. Por ejemplo, en 1924, el Consejo Universitario aprobó la supresión de las prácticas finales de los alumnos por problemas de financiamiento.¹⁹⁴ Así, la gratuidad no se mantuvo siempre. Ya en la ley de 1929, aparece como artículo transitorio la resolución de que las escuelas exclusivamente profesionales serían sostenidas con el subsidio del Estado mientras que no pudieran sostenerse con las colegiaturas de sus estudiantes.¹⁹⁵ Al año siguiente, se había decidido que los estudiantes tenían que hacer un pago como cuota de inscripción. No obstante, ese año la Universidad hizo 708 dispensas de pago a estudiantes carentes de recursos.¹⁹⁶

Por lo que respecta al presupuesto de la ENI, se puede obtener una idea de su magnitud a partir de una comparación con el de otras instituciones. Para el año fiscal 1899-1900 se le asignaron a la ENI \$79 842.65, igual que el año anterior,¹⁹⁷ cuando por ejemplo, la Escuela de Jurisprudencia tuvo un presupuesto de \$26 449.10 y la Escuela Nacional de Medicina uno por un monto de \$107 050.60.¹⁹⁸

Para 1907, el presupuesto de la ENI fue de \$93 504. A Jurisprudencia se le otorgaron \$44 689.70 y a Medicina, \$150 445.40.¹⁹⁹

Estas cantidades, sin embargo, fueron un tanto variables. El presupuesto de la Escuela de Ingenieros de 1908 fue de \$103 607.25,²⁰⁰ el de 1909, de \$94 793.50²⁰¹ y el de 1910, de \$80 821.²⁰²

¹⁹³ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. XVI, pp. 460 y 461; *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, p. 376.

¹⁹⁴ David Martín Baptista González, *op. cit.*, p. 71.

¹⁹⁵ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, p. 177.

¹⁹⁶ Ignacio García Téllez, "Informe del Rector al H. Consejo Universitario en mayo de 1930", p. 235.

¹⁹⁷ *Breve noticia de los establecimientos de instrucción dependientes de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública*, p. 47.

¹⁹⁸ Agustín Verdugo (editor), *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, Distrito Federal y territorios*, tomo XXXI, año de 1899, parte segunda, pp. 140 y 146.

¹⁹⁹ "Presupuesto de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para el año fiscal de 1907 a 1908", *BIP*, tomo VII, núm. 2, 20 de julio de 1907, pp. 542, 549 y 556.

²⁰⁰ "Presupuesto de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes (año fiscal de 1908 a 1909)", *BIP*, tomo XI, núm. 1, noviembre de 1908, p. 80.

²⁰¹ "Presupuesto de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para el año fiscal de 1909-1910", en *BIP*, tomo XIII, núms. 1 y 2, octubre y noviembre de 1909, p. 69.

²⁰² Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 161.

2.9. El campo laboral de los ingenieros

En el porfiriato hubo un desarrollo importante en varios aspectos tocantes con la industria. Por ejemplo, hubo incrementos en la producción textil y metalúrgica y en la exportación de materias primas agrícolas y minerales. Asimismo, la capacidad generadora de la industria eléctrica creció notablemente, se inauguró el desagüe de la ciudad de México y se desarrollaron los sistemas de telefonía y de transporte ferroviario. Sin embargo, en todas estas industrias (incluso en la industria minera)²⁰³ se privilegiaron los capitales extranjeros, por lo que no se fomentaba una infraestructura propia ni el mercado interno. Además, las empresas extranjeras trabajaban con equipo y personal especializado traídos también del extranjero, cerrando así muchas veces las puertas a los expertos nacionales.²⁰⁴

En este sentido, aunque con cierto optimismo, el ingeniero Norberto Domínguez, que se había graduado en la ENI como ensayador y apartador en 1890 y como ingeniero topógrafo e hidrógrafo en 1891,²⁰⁵ y que fue director de Correos y de casas de moneda, y más tarde ministro de Comunicaciones,²⁰⁶ dio una conferencia en 1907 en la ENP acerca del porvenir de los ingenieros en la que hacía una comparación de las distintas carreras ofrecidas por la ENI.²⁰⁷

Él sostenía que varias de las carreras tenían oportunidades limitadas: un ensayador tenía competencias bastante acotadas y había pocos trabajos para los metalurgistas mexicanos. Los empleos de los topógrafos normalmente eran mal pagados, los ingenieros geógrafos tenían que buscar trabajo en el gobierno dado que no satisfacían necesidades industriales, y además la escuela no tenía la posibilidad de proveer enseñanza práctica a los ingenieros industriales y electricistas.²⁰⁸

Así, las ramas más afortunadas eran, en opinión del ingeniero Domínguez, la de minas y la civil. De los primeros comentaba que si bien tenían el inconveniente de la competencia más bien injusta que existía con los extranjeros, además del riesgo y el aislamiento inherente a esta especialidad, tenían algunas de las mejores opciones de

²⁰³ Bazant, *op. cit.*, p. 258.

²⁰⁴ Monteón González y Riquelme Alcantar, *op. cit.*, pp. 42 y 43.

²⁰⁵ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 51.

²⁰⁶ Luis González y González, —Esiglo de las luchas”, pp. 124-125.

²⁰⁷ —El porvenir de la carrera de ingenieros en México”, *BIP*, tomo VIII, núm. 3, 20 de noviembre de 1907, pp. 501-514.

²⁰⁸ *Loc. cit.*

trabajo.²⁰⁹

La que consideraba como mejor alternativa era la ingeniería civil. De ésta decía lo siguiente:

Es la que mejor porvenir presenta y la que mejor se estudia en nuestra Escuela de Ingenieros, debido a que para la enseñanza práctica de esta carrera, sí se cuenta con los elementos necesarios, y una de las pruebas de que sí se hace bien, es que los Ingenieros Civiles mexicanos son solicitados con muy buenos sueldos tanto por las empresas nacionales como por las extranjeras.

Así pues, la opinión del ingeniero Domínguez es coherente hasta cierto punto con las observaciones hechas en la sección 2.6 sobre la población escolar.

Lo que es un hecho, por otro lado, es que los egresados de la ENI encontraron cabida en el aparato gubernamental, especialmente en la Secretaría de Fomento, encargada de la instrumentación y control de la política porfirista en lo referente a los recursos naturales. Ocuparon la mayoría de los puestos técnicos en comisiones dedicadas a estudios sobre el subsuelo, explotación de cuencas hidrológicas, obras de saneamiento, delimitación del territorio, etc.²¹⁰

Más tarde, los cambios producidos por el movimiento revolucionario generaron la necesidad de reconstruir al país con base en recursos humanos y materiales nacionales. Los ingenieros participaron en diversos proyectos encaminados a este fin. Por ejemplo, estuvieron presentes en la Secretaría de Industria (creada por Venustiano Carranza —1859-1920— en 1917) y en la Comisión Nacional de Fuerza Motriz (fundada en 1922), en labores de planeación, coordinación e inspección.²¹¹

La gesta revolucionaria, sin embargo, supuso algunas dificultades para la economía nacional. Así, el Producto Interno Bruto de 1920 fue inferior al de 1909. El país tendría que sufrir un proceso de transformaciones para lograr la pacificación del territorio y la reordenación política y económica.²¹²

Hacia mediados de la década de 1920, alrededor de tres cuartas partes de los

²⁰⁹ *Loc. cit.*

²¹⁰ De Gortari Rabiela, *op. cit.*, pp. 135 y 136.

²¹¹ *Ibid.*, pp. 125 y 126.

²¹² Monteón González y Riquelme Alcantar, *op. cit.*, pp. 47 y 48.

alumnos de nuevo ingreso se inscribían a la carrera de ingeniería civil. Valentín Gama explicaba este hecho con que eran muy pocos los mexicanos que trabajaban en las tareas técnicas de la industria, en donde más bien laboraban ingenieros extranjeros, al igual que en el porfiriato. Así, la opción más viable de empleo para un ingeniero era en dependencias de gobierno, que requerían principalmente de ingenieros civiles.²¹³

Un ejemplo de esto estuvo en la construcción de caminos, articulada por la Comisión Nacional de Caminos, creada en 1925. La Comisión contrató originalmente a una compañía estadounidense, la Byrne Construction Company, la cual, sin embargo, no cumplió con sus compromisos. Esto, aunado al descontento que, como era de esperarse, se había generado entre los ingenieros mexicanos, provocó que los trabajos les fueran encargados a estos últimos y a compañías contratistas mexicanas recién formadas, mismas que demostraron que contaban con la capacidad técnica suficiente para la empresa que se les había encomendado.²¹⁴

En esas mismas fechas otra fuente de empleo para los ingenieros fue la de las obras de irrigación, que tenían antecedentes en esfuerzos de impulso económico en el porfiriato. En 1926 se creó la Comisión Nacional de Irrigación y se declaró que la construcción de obras de irrigación sería de interés público. Aunque en un principio esta comisión contrató nuevamente a una empresa estadounidense, la J. G. White Engineering Company, a principios de la década de 1930 canceló el contrato con dicha compañía e intensificó el proceso de entrenamiento y empleo de ingenieros mexicanos, a la vez que se perfilaba una época de cuantiosas inversiones en obras de irrigación, particularmente notable en la década de los cuarenta.²¹⁵

Mayores oportunidades para otras ramas de la ingeniería comenzarían a aparecer en la década de los treinta, como sucedió con la creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), cuya intención fue la de nacionalizar gradualmente dicha industria en el país.²¹⁶

Por otro lado, en la industria del petróleo, los ingenieros formados en la década

²¹³ Baptista González, *op. cit.*, p. 74.

²¹⁴ De Gortari Rabiela, *op. cit.*, pp. 131-133.

²¹⁵ Luis Aboites Aguilar, "The Transnational dimensions of Mexican irrigation, 1900-1950", pp. 72, 74, 76 y 77.

²¹⁶ Libertad Díaz Molina y Juan José Saldaña, "Contra la corriente. La institucionalización de la enseñanza de la ingeniería eléctrica en México, 1889-1930", p. 184.

anterior a la expropiación petrolera tomaron con el tiempo las riendas de dicha industria, aunque en un principio no contaban con la experiencia necesaria, sino sólo con una formación teórica.²¹⁷

Cabe destacar que en 1937, el mismo año de la creación de la CFE, inició actividades el Instituto Politécnico Nacional, que contó al principio con una población de veinte mil alumnos y con setenta y nueve escuelas. En esta institución se empezaron a ofrecer las carreras de ingeniero topógrafo e hidrógrafo, ingeniero arquitecto, ingeniero civil sanitario, ingeniero civil de caminos, ingeniero civil hidráulico, ingeniero civil de construcciones petroleras, ingeniero mecánico, ingeniero electricista, ingeniero en comunicaciones eléctricas, ingeniero en aeronáutica, además de diversas carreras técnicas, con lo que se complementó la oferta académica nacional de cara a una nueva fase de la industrialización del país.²¹⁸

2.10. La presencia de los egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros en la vida nacional

La Escuela Nacional de Ingenieros produjo profesionistas que han tenido posiciones de importancia en diversos ámbitos de la vida nacional, lo cual es reflejo de la importancia de la institución, hecho que se deja ver también en que haya sido incorporada a la Universidad Nacional.

Así, entre los graduados de la Escuela se cuentan a personalidades que se han desempeñado en diversos cargos gubernamentales y académicos, como se puede observar en el cuadro que se presenta a continuación.

²¹⁷ *Ibid.*, p. 94.

²¹⁸ Monteón González y Riquelme Alcantar, *op. cit.*, p. 52.

| Nombre | Carrera y año de graduación | Cargo | Periodo |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|
| Pascual Ortiz Rubio ²¹⁹ (1877-1963) | ingeniero topógrafo e hidrógrafo (1902) | Presidente de la República | 1930-1932 |
| Pastor Rouaix Méndez ²²⁰ (1875-1950) | ingeniero topógrafo e hidrógrafo (1896) | Gobernador de Durango | 1913-1914 y 1931-1932 |
| | | Miembro del Congreso Constituyente | 1916-1917 |
| | | Secretario de Fomento, Colonización e Industria | 1914-1917 |
| | | Presidente de la Comisión Nacional Agraria | 1917-1920 |
| Rodolfo Félix Valdés ²²¹ (1922-2012) | ingeniero civil (1947) | Gobernador de Sonora | 1985-1991 |
| | | Secretario de Comunicaciones y Transportes | 1982-1984 |
| José Antonio Padilla Segura ²²² (1922-2012) | ingeniero electricista (1942) | Senador por San Luis Potosí | 1982-1988 |
| | | Director del Instituto Politécnico Nacional | 1963-1964 |
| | | Secretario de Comunicaciones y Transportes | 1964-1970 |
| Adolfo Orive Alba ²²³ (1907-2000) | ingeniero civil (1929) | Secretario de Recursos Hidráulicos | 1946-1952 |
| Eduardo Chávez Ramírez ²²⁴ (1898-1982) | ingeniero civil (1922) | Secretario de Recursos Hidráulicos | 1952-1958 |
| Pedro Martínez Tornel ²²⁵ (1893-1957) | ingeniero civil (1918) | Secretario de Obras Públicas | 1945-1946 |
| Luis Enrique Bracamontes ²²⁶ (1922-2003) | ingeniero civil (1946) | Secretario de Obras Públicas | 1970-1976 |
| Antonio Dovalí Jaime ²²⁷ (1905-1981) | ingeniero civil (1930) | Director General de Petróleos Mexicanos | 1970-1976 |
| Valentín Gama y Cruz ²²⁸ (1868-1942) | ingeniero geógrafo (1891) | Director del Observatorio Astronómico Nacional | 1910-1914 |
| | | Secretario de Fomento | 1914 |
| | | Rector de la Universidad Nacional | 1914-1915 |
| Joaquín Gallo Monterrubio ²²⁹ (1882-1965) | ingeniero geógrafo (1909) | Director del Observatorio Astronómico Nacional | 1916-1945 |
| | | Rector interino de la Universidad Nacional | 1932 |
| Nabor Carrillo Flores ²³⁰ (1911-1967) | ingeniero civil (1939) | Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM | 1947-1953 |
| | | Rector de la UNAM | 1953-1961 |
| Javier Barros Sierra ²³¹ | ingeniero civil (1943) | Rector de la UNAM | 1966-1970 |

²¹⁹ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 62; Lorenzo Meyer, “El presidencialismo mexicano en busca del justo medio”, p. 43.

²²⁰ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 59; Pons Sáenz, Nuria, *Pastor Rouaix*, pp. 6, 24-29, 31 y 32.

²²¹ Roderic Ai Camp, *Mexican Political Biographies*, p. 228.

²²² *Ibid.*, p. 538.

²²³ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 57; Luis Aboites Aguilar, “The Transnational dimensions of Mexican irrigation, 1900-1950”, p. 77.

²²⁴ Camp, *op. cit.*, p. 153.

²²⁵ J. Uriel Aréchiga Viramontes y Tomás Viveros, “Ingeniería química. Breve historia”, p. 288.

²²⁶ Óscar M. González Cuevas, “Ingeniería civil”, p. 96.

²²⁷ Camp, *op. cit.*, p. 208.

²²⁸ José Omar Moncada Maya *et al.*, *Bibliografía geográfica mexicana. La obra de los ingenieros geógrafos*, p. 58; *Catálogo del fondo Escuela Nacional de Ingeniería*, p. 5; Francisco Reveles Vázquez, “La fundación del Partido Acción Nacional”, p. 192; Tamayo, *op. cit.*, p. 61.

²²⁹ Moncada Maya *et al.*, *op. cit.*, p. 52; Jaime Parada Ávila, “Ingeniería industrial”, p. 188.

²³⁰ Díaz de Cossío Carbajal, Roger (editor), *Inteligencia y pasión. Fundadores del Instituto de Ingeniería*, pp. 63-82.

²³¹ *Ibid.*, pp. 16-44.

| | | |
|-------------|----------------------------------------------|-----------|
| (1915-1971) | Secretario de Obras Públicas | 1958-1964 |
| | Director del Instituto Mexicano del Petróleo | 1966 |

Tabla 2.2. Algunos egresados de la ENI y cargos que ocuparon.

Cabe señalar también a egresados de la Escuela que destacaron en el ámbito empresarial y de las innovaciones en ingeniería. Ante el problema de la cimentación en el valle de México, José Antonio Cuevas (1894-1942) (ingeniero civil graduado en 1916)²³² ideó el sistema de flotación,²³³ mientras que Manuel González Flores (1908-1986) (ingeniero civil, 1935)²³⁴ patentó el de pilotes de control.²³⁵ Bernardo Quintana Arriola (1919-1984) (ingeniero civil, 1944) fundó, junto con otros 16 egresados de la UNAM menores de 28 años, la empresa Ingenieros Civiles Asociados (ICA).²³⁶

Como se expuso en este capítulo, la Escuela Nacional de Ingenieros se mantuvo a través de décadas como una institución educativa sólida, líder en su ámbito de especialidad a nivel nacional que combinó sus propias tradiciones con la necesidad de adaptarse a los avances científicos y tecnológicos.

En el siguiente capítulo se observará de qué modo se reflejó esto en el caso de la enseñanza de una ciencia en particular: la física.

²³² Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 50.

²³³ Enrique G. León López, *La ingeniería en México*, pp. 37 y 39.

²³⁴ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 53.

²³⁵ Enrique G. León López, *op. cit.*, pp. 37 y 39.

²³⁶ Díaz de Cossío Carbajal, Roger (editor), *op. cit.*, pp. 212 y 213.

CAPÍTULO 3

La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros

La carrera del Ingeniero se funda sobre la Física y las Matemáticas, de tal manera que una persona cuyos conocimientos en estas materias sean deficientes no podrá pasar de mediano ingeniero.

DIRECTOR Y PROFESORES DE LA ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS, 1915

3.1. Introducción

En este capítulo se hace un análisis profundo y cuidadoso de la evolución que tuvieron los cursos de física de la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) de las distintas carreras hasta 1940. Se consideran aspectos como su aparición y desaparición en los diversos planes de estudio, contenidos y catedráticos. Del mismo modo, se presenta el contexto académico en el que tenían lugar los cambios en los cursos. Se verá cómo algunos de estos cursos se originaron en ciertas carreras y más tarde se integraron a otras. Los temas tradicionales y más importantes fueron la mecánica y el electromagnetismo, pero también se incorporaron otros como la termodinámica, la acústica y la física molecular.

Debido a que la física es una de las ciencias fundamentales de la ingeniería, ha sido necesario distinguir entre cursos de física básicos y estrictamente aplicados. Para este trabajo se han considerado únicamente aquellos cuyo contenido es principalmente teórico en el sentido de que se incluyen los conocimientos básicos para comprender el área tratada, sin descartar que se consideren en el mismo curso aplicaciones a distintas ramas de la ingeniería. Se dejan de lado aquellos que solamente aplican los conocimientos básicos.

Se muestra también cómo un número considerable de ingenieros egresados de la ENI, de diferentes especialidades y que además tenían actividad profesional fuera de la academia, se convirtieron en profesores de física, entre otras materias, de la misma ENI, así

como de buena parte de las escuelas de educación media superior y superior del país, entre ellas la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), la Escuela Nacional de Altos Estudios (ENAE), el Colegio Militar y la Escuela de Artes y Oficios. Asimismo, se aporta información sobre la colaboración que tuvieron estos profesores en los primeros estudios formales de física. De hecho, los cursos de física de la ENI fueron importantes en estos primeros estudios, debido a la relación que existía entre las instituciones en que éstos se iniciaron y dicha Escuela, tema que se abordará en el siguiente capítulo.

3.2. La enseñanza de la física en la Escuela Nacional Preparatoria

La ENP contó con dos cursos de física, los cuales eran fundamentales para aquellos estudiantes que decidían estudiar ingeniería; por ello algunos profesores de la ENI exigían calidad en ese nivel educativo. A continuación se mencionarán algunos datos al respecto.

La ley de instrucción pública de 1867 estableció que en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) se enseñaría mecánica racional y física experimental.¹ La materia de mecánica se ubicó en el segundo año del plan de estudios y la de física en el tercero² (de un total de cinco años para la mayoría de las carreras, aunque sólo cuatro para los futuros estudiantes de ingeniería)³ y la aprobación de estas materias se estableció como requisito para obtener cualquier título, incluyendo los de la Escuela de Ingenieros.⁴

La ENP inició actividades en 1868, aunque por falta del material necesario, la clase de física se impartió este año y el siguiente en la Escuela de Medicina. A principios de la siguiente década, la ENP ya contaba con un gabinete de física, así como con un laboratorio de química. En la última década del siglo XIX se establecieron asimismo Academias de Física, con el objeto de que los estudiantes pudieran adquirir conocimientos sobre experimentos y manejo de instrumentos.⁵

El primer libro de texto que se empleó en la ENP para la clase de física fue *Tratado elemental de física*, de la autoría de Adolphe Ganot, al que en 1870 se sumó *Introducción al*

¹ Manuel Dublán y José María Lozano (comps.), *Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia de la República*, vol. X, pp. 194 y 199.

² Héctor Cruz Manjarrez, *El desarrollo de la física en México*, p. 12.

³ Miguel Núñez, *La enseñanza de las Matemáticas y la Física en la Escuela Nacional Preparatoria: los primeros años (1868-1896)*, p. 52.

⁴ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, pp. 755 y 756.

⁵ Núñez, *op. cit.*, pp. 43, 44 y 78.

estudio de la Física, del profesor de la materia, Ladislao de la Pascua Martínez (1815-1891). Más tarde se emplearon otros libros como *Traité de Physique Élémentaire* de Émile Fernet y Charles-Alexandre Drion; *Principios generales de mecánica*, de Darío González; *Traité de Physique* de E. Drincourt y C. Dupays; una obra de Mascart, y una de Chassagny.⁶

Los contenidos de la materia de Mecánica incluyeron la cinemática y la dinámica. En la de Física aparecieron temas como mecánica y pesantez, hidrostática y estática de los gases, calor, acústica, óptica, electricidad, electricidad atmosférica, magnetismo, electrodinámica, máquinas fundadas en la inducción, medidas eléctricas y aplicaciones de la electricidad.⁷

Los programas de las materias de la ENP eran sujetos a revisiones y actualizaciones periódicas por parte de las autoridades educativas,⁸ con lo que los cursos de física fueron sucesivamente reducidos y aumentados, así como impartidos en años o semestres diferentes.⁹ Por otra parte, a través de los años, en la ENI se mantuvo como requisito presentar el certificado que avalara los estudios preparatorios.¹⁰

Así, la enseñanza de la física en la ENP era un antecedente primordial de la educación de muchos ingenieros, en ocasiones visto como deficiente. Por ejemplo, en 1901, Juan Mateos y Manuel Marroquín, profesores de la ENI,¹¹ afirmaban, en el contexto de los malos resultados de algunos cursos de la Escuela:

En la Escuela Preparatoria, la física se enseña haciendo desfilar ante los ojos del alumno las estampas de un tratado, cubierto de tachos sobre las fórmulas matemáticas, y de paréntesis, que marcan, al agrado del profesor, o a la ventura, las páginas que

⁶ Núñez, *op. cit.*, pp. 72, 75 y 76; *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XXXV, p. 51.

⁷ *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XXXV, pp. 60, 61 y 64-68; *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XLI, primera parte, pp. 417-425.

⁸ Cruz Manjarrez, *op. cit.*, pp. 13, 15 y 19.

⁹ Núñez, *op. cit.*, p. 13; *Anuario. 1931-1932*, p. 192.

¹⁰ *Revista de la Instrucción Pública Mexicana (RIPM)*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, p. 376; *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 4.

¹¹ Acervo Histórico del Palacio de Minería (AHPM), 1896, III-256, exp. 15; AHPM, 1898, III-263, exp. 2.

estorban para terminar su lectura en el semestre. Pasados los exámenes, toda huella de la física se ha borrado de su mente.¹²

En 1909, el ingeniero Pedro Celestino Sánchez (1871-1956), profesor del segundo curso de mecánica aplicada de la ENI, opinaba al respecto del estudio de las máquinas:

se hace indispensable que quien aspire a ser ingeniero de minas o civil lleve a la Escuela de Ingenieros preparación conveniente sobre asuntos de física; y digo sobre asuntos de física, porque al llegar al curso de que me ocupo, han estudiado ya Matemáticas Superiores y Mecánica Analítica, llevando por lo mismo sobre estos asuntos preparación conveniente; mas no así sobre asuntos de física,

al punto de que se preguntaba: –En vista de tal deficiencia, ¿es honroso para la Escuela que se enseñe a los ingenieros la mecánica aplicada como se enseñaría a simples mecánicos?”.¹³

En 1915 la Dirección y el Colegio de Profesores de la ENI opinaban que los conocimientos de matemáticas y física impartidos en la ENP eran insuficientes para los futuros estudiantes de ingeniería, puesto que éstos llevaban los mismos estudios que los aspirantes a médico o abogado, a quienes no se les podía exigir demasiado en dichas materias. Por ello propusieron que la física se impartiera en la ENP en dos cursos anuales. Sin embargo, esta propuesta no prosperó.¹⁴

Como se verá más adelante, varios profesores de física de la ENI fueron también profesores de física de la ENP. Varios profesores de física de esta última institución estudiaron en la Escuela de Ingenieros o en el Colegio de Minería; tal fue el caso de Ladislao de la Pascua, quien además fue médico y presbítero,¹⁵ de Manuel María Contreras y de Manuel Ramírez.¹⁶

¹² Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Escuela Nacional de Ingenieros (ENI), Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 16, fo. 459.

¹³ AHUNAM, ENI, Dirección. Correspondencia, caja 3, exp. 41, fo. 323u y 324.

¹⁴ José Raúl Domínguez Martínez, *Historia de la ingeniería civil en México. 1900-1940*, pp. 202 y 203.

¹⁵ Eduardo Piña Garza, –Fuentes para la biografía del profesor de física Ladislao de la Pascua Martínez (1815-1891)”, pp. 234 y 235.

¹⁶ Deva Ramos *et al.*, –Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1914”, p. 58; Núñez, *op. cit.*, pp. 106-108.

3.3. Los cursos de física en el plan de estudios de la ENI de 1867 a 1940

Como vimos en los capítulos anteriores la ENI tuvo varias carreras de ingeniería, de las cuales no todas incluían cursos de física. En este apartado se describirá los cursos por carrera y cómo fueron cambiando con el tiempo.

La ley de 1867, que transformó al Colegio en Escuela Especial de Ingenieros, consideró en el plan de estudios de la mayoría de las carreras la materia de Mecánica Racional y Aplicada, como continuación de las materias de física del Colegio de Minería.¹⁷ Esta asignatura mantuvo ese nombre hasta 1869,¹⁸ año en que se decretó un reglamento en el que apareció, en cambio, como se puede ver en la Tabla A1.1.1 del Apéndice 1, la materia Mecánica Analítica y Aplicada, para todas las carreras de ingeniería.¹⁹

Blas Balcárcel, director de la Escuela Especial de Ingenieros, afirmaba entonces que dicha institución era exitosa gracias a “la magnífica disposición que, para el estudio de las ciencias exactas, ha manifestado constantemente la juventud mexicana”.²⁰

Cabe señalar que desde 1893, se empezaron a impartir por separado Mecánica Analítica, Mecánica Aplicada y Mecánica Industrial.²¹ Había para entonces un gabinete de mecánica que contaba con equipos como tornos, grúas, modelos de émbolos y engranes, a lo que se fueron agregando otros aparatos, como una máquina de vapor, un motor de gasolina, una turbina, etc.²² La materia de Mecánica Analítica, común a la mayoría de las carreras, recibió también el nombre de Primer Curso de Mecánica y más tarde el de Mecánica General.²³

Por otra parte, cabe señalar que sólo los ingenieros geógrafos tuvieron un curso de física propio. En el plan de estudios de 1867 de esta carrera aparecieron las materias de

¹⁷ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. X, p. 195.

¹⁸ María de la Paz Ramos Lara, *Historia de la física en México en el siglo XIX: los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, 1996, pp. 193 y 194; José María Iglesias, *Memoria que el secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública presenta al Congreso de la Unión en 15 de noviembre de 1869*, p. 163.

¹⁹ *Ibid.*, pp. 757 y 758.

²⁰ Iglesias, *op. cit.*, p. 163.

²¹ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 101.

²² *Ibid.*, p. 125 y 131.

²³ Manuel Fernández Villarreal y Francisco Barbero (editores), *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XXXIV, pp. 61-63; AHPM, 1904, II-281, exp. 5, fo. 8; AHPM, 1911, IV-309, exp. 13; Rebeca de Gortari Rabiela, “Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la revolución mexicana”, p. 141; AHPM, 1913, I-321, exp. 1.

Cálculo de las Probabilidades Aplicado a las Ciencias de la Observación y de Hidrografía y Física del Globo, que en realidad se impartieron juntas por varios años.²⁴ Quedó así un curso de Cálculo de las Probabilidades, Hidrografía y Física del Globo (1868), Física Matemática e Hidrografía (1869), Física Matemática, Cálculo de las Probabilidades y Teoría de los Errores (1883)²⁵ y Cálculo de las Probabilidades y Física Matemática (1886).²⁶ A partir de 1887 se dividió en dos, según lo que se había estipulado originalmente:²⁷ Cálculo de Probabilidades y Elementos de Física Matemática, aunque en algunos años ambas materias se impartieron juntas.²⁸ En 1892, en el plan de estudios para ingeniero geógrafo y astrónomo apareció la materia de Física Matemática, que se impartiría en dos cursos anuales y era antecedente indispensable para los contenidos de las clases de astronomía y de elementos de mecánica celeste.²⁹

En 1892 también se incluyeron cursos de electricidad, en los estudios de ingeniero industrial e ingeniero electricista.³⁰ Dichos cursos se orientarían en los siguientes años a las aplicaciones industriales de la electricidad.³¹

El curso de Física Matemática se incorporó en 1898³² a los planes de estudio de todas las carreras, a excepción de la de topógrafo e hidrógrafo y la de ensayador y apartador de metales.³³ Este curso era requisito para tomar el de Aplicaciones de la Electricidad.³⁴

La carrera de metalurgista, separada en 1902 de la de ingeniero de minas, no contó con cursos de física. Por lo demás, la distribución de los cursos de física no sufrió mayores cambios sino hasta el siguiente plan de estudios, de 1916.³⁵

En esta época, se consideraba en la ENI que los conocimientos de la materia de Matemáticas Superiores eran necesarios para cursar tanto el Primer Curso de Mecánica como Física Matemática. El Primer Curso de Mecánica, a su vez, era antecedente del

²⁴ María de la Paz Ramos Lara, *Vicisitudes de la ingeniería en México (siglo XIX)*, 2013, p. 117.

²⁵ Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. XVI, pp. 458 y 489.

²⁶ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 105.

²⁷ Ramos Lara, 2013, *op. cit.*, p. 117.

²⁸ *Ibid.*, p. 106.

²⁹ *Ibid.*, pp. 106, 191 y 192.

³⁰ *Ibid.*, pp. 191 y 192.

³¹ *RIPM*, tomo I, núm. 21, p. 643; *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 373-376; Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, tomo XXXIV, pp. 61-63.

³² AHPM, 1901, II-272, exp. 19, fo. 6.

³³ *RIPM*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 373-376.

³⁴ Fernández Villarreal y Barbero (editores), *op. cit.*, tomo XXXIV, p. 66.

³⁵ *Ibid.*, pp. 61-63.

Segundo Curso de Mecánica, el Tercer Curso de Mecánica, el de Astronomía General y Física y Mecánica Celeste, el de Estabilidad de las Construcciones y el de Procedimientos de Construcción, Conocimiento y Resistencia de Materiales.³⁶

El Segundo Curso de Mecánica (Aplicada) incluía el funcionamiento de máquinas específicas, como motores de vapor, ruedas hidráulicas, turbinas centrífugas, etc., alejándose de los conceptos básicos. En el Tercer Curso de Mecánica (Industrial y de Establecimiento de Máquinas) se estudiaban aparatos como los motores hidráulicos, las calderas y las máquinas aplicadas a la metalurgia.³⁷

Había además una práctica de mecánica, orientada a proporcionar a los alumnos conocimientos sobre las principales aplicaciones de la mecánica en las industrias mexicanas. Para ello se hacían visitas a fábricas, talleres, obras, plantas, haciendas, etc.³⁸ Los estudiantes también hacían ocasionalmente visitas a instalaciones industriales como parte del programa de otras materias. Por ejemplo, en 1908 los alumnos de la clase de Física Matemática hicieron una excursión técnica a las obras de la presa de Necaxa en compañía del profesor de la materia.³⁹

La relación entre estas materias se pone de manifiesto en el hecho de que era usual que se eligiera como sinodales de exámenes de alguno de estos cursos a profesores de estas mismas series de estudios. Por ejemplo, el profesor de Física Matemática solía ser sinodal de Mecánica Analítica y de Mecánica Aplicada.⁴⁰ En los exámenes de Mecánica General participaban los profesores de Física Matemática, Estabilidad de las Construcciones y Matemáticas Superiores, y en los de Física Matemática fungían los profesores de Mecánica General y Matemáticas Superiores.⁴¹

Asimismo, en 1906, año en que no había profesor de Física Matemática, el profesor

³⁶ *Ibid.*, p. 66.

³⁷ “Programas aprobados provisionalmente por la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública, para que rijan en la Escuela Nacional de Ingenieros, durante este año”, *BIP*, tomo I, núm. 4, 25 de febrero de 1903, pp. 254-259, 272-273, 285 y 286; “Programas de la Escuela N. De Ingenieros, aprobados provisionalmente por la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para que rijan en el año escolar de 1908”, *BIP*, tomo IX, núms. 4, 5 y 6, abril, mayo y junio de 1908, pp. 979-984.

³⁸ Gustavo Becerril, *Memorias de las prácticas de mecánica de la Escuela Nacional de Ingenieros, 1882-1906*, p. 118.

³⁹ “Informe que presenta a la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes el Sr. Ing. D. Francisco Urquidi, Profesor de Física Matemática en la Escuela N. De Ingenieros, sobre la excursión técnica que hicieron a Necaxa los alumnos de dicha clase”, en *BIP*, tomo XI, núm. 2, diciembre de 1908, pp. 516-520.

⁴⁰ AHPM, 1900, I-267, exp. 10, fo. 4, 10 y 21.

⁴¹ AHPM, 1915, I-331, exp. 6; “Exámenes ordinarios de 1916”, AHPM, 1916, I-334, exp. 9.

de Aplicaciones de la Electricidad (curso que no se abrió ese año) impartió aquella materia por disposición de la Secretaría de Instrucción.⁴² De hecho, a finales del siglo XIX, en las clases de Física Matemática y de Aplicaciones de la Electricidad se usaban primero y segundo tomos, respectivamente, de un mismo libro de texto, *L'Electricité*, de Eric Gerard.⁴³ El curso de Aplicaciones de la Electricidad se enfocaba en temas como la generación industrial de la electricidad, los motores eléctricos y la telefonía.⁴⁴

En 1916 hubo un nuevo plan de estudios, del cual se señalaba:

Considerando muy arduo el estudio de las materias de carácter abstracto en un sólo año como se hacía antes, se han dividido en dos partes agregando a cada una, otra de una materia de carácter concreto, como su aplicación inmediata.

En casi todas estas materias así divididas, se aplicará el método cíclico que consiste en estudiar en el primer ciclo la materia de que se trate, de un modo elemental y en el segundo ciclo se ampliarían y profundizarán los asuntos que no fueren vistos en el primero con suficiente extensión.⁴⁵

Así, la mecánica básica se repartió en tres cursos distintos que contenían además otros temas de física o de mecánica aplicada. Los tres eran obligatorios para todos los estudiantes de ingeniería: la materia de Física (Nociones de Mecánica y Estática y Dinámica de los Fluidos y Calor) —a la que se le llamó también Primer Curso de Física—, la de Mecánica General (Estática) y Mecánica Aplicada a las Construcciones y la de Mecánica General (Dinámica) y Mecánica Aplicada a las Máquinas.⁴⁶ El primero de estos se consideró como un curso nuevo.⁴⁷

Hubo a partir de ese año además un curso adicional de Mecánica Aplicada a las Construcciones y uno de Mecánica Aplicada a las Máquinas.⁴⁸ El curso de Física Matemática desapareció como tal y apareció Electricidad (Clase y Academias) en todas las

⁴² —Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros, relativo al año de 1906”, *BIP*, tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, p. 317.

⁴³ —Libros de texto para las Escuelas Nacionales Superiores”, en *RIPM*, vol. II, núm. 23, p. 694.

⁴⁴ —Programas de la Escuela N. De Ingenieros, aprobados provisionalmente por la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para que rijan en el año escolar de 1908”, *BIP*, tomo IX, núms. 4, 5 y 6, abril, mayo y junio de 1908, pp. 991-994.

⁴⁵ —Ideas generales sobre el plan de estudios de la Escuela N. de Ingenieros”, *AHPM*, 1916, III-336, exp. 14.

⁴⁶ AHUNAM, ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 37, fo. 1350-1354.

⁴⁷ —Ideas generales sobre el plan de estudios de la Escuela N. de Ingenieros”, *AHPM*, 1916, III-336, exp. 14.

⁴⁸ AHUNAM, ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 37, fo. 1350-1354.

ingenierías a excepción de la de ingeniero constructor.⁴⁹ Esta situación se mantuvo hasta 1928,⁵⁰ año en que los dos cursos de mecánica general tomaron los nombres de Estática y Primer Curso de Estabilidad, y de Dinámica y Mecanismos. Había además un segundo curso de estabilidad y cursos sobre máquinas hidráulicas, térmicas, de transporte y eléctricas. Además, en el plan de estudios de 1928, en vez de un solo curso de electricidad, se incluyeron tres cursos bajo el nombre de Electricidad y Magnetismo, impartidos en los primeros tres años de la carrera de ingeniero civil, de minas y petrolero, y un Laboratorio de Electricidad, cuyo segundo curso era obligatorio para los ingenieros mecánicos electricistas.⁵¹

En 1935 se consideró una mayor variedad de cursos de física. En el plan de estudios se introdujeron, adicionalmente a los cursos que ya había, uno de cinemática, uno de acústica y óptica, y uno de fluidos, calor y termodinámica. Hubo sólo un curso de electricidad y magnetismo.

En la práctica, al poco tiempo hubo dos pares de materias donde las dos materias se condensaron en una sola. Así, existió más bien Acústica y Óptica y Calor y Termodinámica,⁵² así como Cinemática y Mecanismos y Dinámica. La parte de fluidos se pasó a Física – Mecánica, la materia introductoria de mecánica.⁵³

Para estos años las materias de Física – Mecánica y Fluidos, Complementos de Álgebra y los dos primeros cursos de Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral eran requisitos para cursar Estática y Nociones de Estabilidad. Para llevar Cinemática y Mecanismos y Dinámica se requería además del tercer curso de Geometría Analítica y Cálculo Diferencial, así como de Ecuaciones Diferenciales.⁵⁴

Por otro lado, Física – Mecánica y Fluidos era requisito para cursar tanto Acústica y Óptica y Calor y Termodinámica como Electricidad y Magnetismo. Para esta última se requerían además Complementos de Álgebra, los tres cursos de Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral, así como Ecuaciones Diferenciales.⁵⁵

⁴⁹ *Loc. cit.*

⁵⁰ Alberto Moles Batllell, *et al.*, *La enseñanza de la ingeniería mexicana, 1792-1990*, pp. 345-351.

⁵¹ *Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería*, pp. 3-10.

⁵² "Física - Acústica y Óptica, Calor y Termodinámica", AHPM, 1937, II-546, exp. 16.

⁵³ Moles Batllell, *et al.*, *op. cit.*, pp. 391-402.

⁵⁴ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 18 bis.

⁵⁵ *Loc. cit.*

En las primeras décadas del siglo XX, todas las materias de física, igual que la mayoría de las materias, se impartían en tres sesiones semanales de una hora y media cada una.^{56,57}

Como se puede ver en el Apéndice 1, las materias de física, al ser materias de ciencia básica, se distribuyeron en los primeros años de la mayoría de las carreras ofrecidas en la ENI. Particularmente, se ubicaron en el segundo y tercer año del plan de estudios, lo que tenía como consecuencia que un porcentaje considerable de los estudiantes de la Escuela se tuvieran que inscribir a ellas.

El crecimiento de la matrícula escolar, que se expuso en el capítulo anterior, se vio reflejado, por supuesto, en el número de alumnos inscritos a las materias de física. Por ejemplo, en 1900, la materia de Mecánica Analítica tenía 29 alumnos inscritos.⁵⁸ En 1937 las materias de Física – Mecánica y Fluidos⁵⁹, Estática y Nociones de Estabilidad⁶⁰ y Cinemática y Mecanismos y Dinámica⁶¹ contaban con 164, 61 y 96 alumnos respectivamente, dando un total de 321 registros de inscripción en materias de mecánica. Por otro lado, Física Matemática tenía 34 estudiantes en 1900.⁶² En 1937, Electricidad y Magnetismo⁶³ contaba con 64, y Acústica y Óptica y Calor y Termodinámica⁶⁴ con 105, para un total de 169 estudiantes. De esta manera, con el paso del tiempo fue necesaria la creación de más grupos de las materias que así lo requerían y que previamente sólo tenían un grupo.

⁵⁶ –Días y horas de clase en el año escolar de 1900”, AHPM, 1900, I-267, exp. 10, fo. 38; –Días y horas de las clases para el año de 1905, en la E. Nacional de Ingenieros”, en *Boletín de Instrucción Pública (BIP)*, tomo IV, núm. 3, 20 de marzo de 1905, p. 553; Moles Batllellé, *et al.*, *op. cit.*, pp. 345 y 346; –Horario de la Escuela N. de Ingenieros para 1907”, *BIP*, tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, p. 324.

⁵⁷ En 1928, la cantidad de horas de clase semanales por materia se redujo a tres. En 1935 se le agregó una hora a Estática y Nociones de Estabilidad y a Cinemática y Mecanismos y Dinámica. En estas dos, al igual que en Física – Mecánica los estudiantes tuvieron además dos horas semanales adicionales para resolver ejercicios. En 1937, se le redujo una hora a la materia de Estática y Nociones de Estabilidad, y lo mismo se hizo en 1939, de manera que esta asignatura quedó con dos horas semanales de clase (Moles Batllellé, *et al.*, *op. cit.*, pp. 352, 391 y 392; *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 9-14, 28, 33 y 34; AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 353, 354, 357 y 358).

⁵⁸ AHUNAM, ENI. Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 445.

⁵⁹ –Física - Mecánica y fluidos”, AHPM, 1937, I-545, exp. 18; –Física - Mecánica y fluidos”, AHPM, 1937, II-546, exp. 18; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1937, III-547, exp. 13.

⁶⁰ –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1937, II-546, exp. 6.

⁶¹ –Cinemática, Mecanismos y Dinámica”, AHPM, 1937, I-545, exp. 15.

⁶² AHUNAM, ENI. Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 445.

⁶³ –Física - Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1937, II-546, exp. 15; –Física - Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1937, I-545, exp. 7.

⁶⁴ –Física - Acústica y Óptica, Calor y Termodinámica”, AHPM, 1937, II-546, exp. 16.

Así, la materia de Física contó con dos grupos a partir de 1917.⁶⁵ Desde 1928 hubo dos grupos de Electricidad y Magnetismo⁶⁶ y en 1938 se abrió un tercer grupo.⁶⁷ En 1935 se abrieron dos cursos de Dinámica⁶⁸ y a partir de 1937 existió un segundo grupo de Física – Acústica, Óptica, Calor y Termodinámica.⁶⁹ Al año siguiente había ya dos grupos de Estática y Nociones de Estabilidad, de Ejercicios de Estática y Nociones de Estabilidad y de Cinemática, Mecanismos y Dinámica,⁷⁰ mientras que Física – Mecánica y Fluidos contaba con cinco grupos.⁷¹

La reforma a la ley de instrucción pública de 1883 dispuso que los profesores propietarios estarían obligados a escribir el texto de las materias que enseñaran.⁷² Sin embargo, e incluso varias décadas después, esto no sucedió en el caso de la mayoría de los cursos de física y los libros de texto que sirvieron de apoyo en las clases fueron de autores europeos y norteamericanos principalmente. Algunos de estos títulos se pueden ver en la Tabla A3.1 del Apéndice 3.

A continuación se presenta la trayectoria de los contenidos de los cursos de física de la ENI. Para hacer más clara la exposición, se consideran por un lado las materias de mecánica y por otro las demás materias de física.

⁶⁵ —Ista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9.

⁶⁶ —Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4; —Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1936, I-536, exp. 12; —Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1936, III-538, exp. 1; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 361; 'Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –A” y 'Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –B””; AHPM, 1937, VII-551, exp. 19.

⁶⁷ —Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

⁶⁸ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 34.

⁶⁹ 'Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –A””, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; 'Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –B””, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; —Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

⁷⁰ —Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 353, 354, 357 y 358.

⁷¹ —Nómina de profesores”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 24.

⁷² Dublán y Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. XVI, p. 462.

3.4. Los programas de los cursos de física de la ENI

3.4.1. Las materias de mecánica

En un principio, la materia de mecánica fue una de las más importantes de las ciencias físicas debido a que sus conocimientos eran fundamentales para otras de mayor aplicación. Por ello, en varias ocasiones sufrió transformaciones e incluso divisiones. Esta fue la materia de física que más carreras cursaban. Con el paso del tiempo, los cursos de electricidad empezaron a competir en términos de importancia, como se verá más adelante. Además de dar información sobre los nombres de los profesores, los libros de texto, el contenido general, se menciona la preocupación que por muchos años existió en la ENI sobre hacer los cursos más prácticos que teóricos, interesante debate que provenía del siglo XIX.

Como se puede ver en la sección A2.1.1 del Apéndice 2, el programa de la materia de Mecánica en 1882 incluía temas de cinemática, teoría de los mecanismos, estática, dinámica, mecánica aplicada a las máquinas e hidráulica práctica. En 1884⁷³ y 1885⁷⁴ se presentaron sendos programas muy similares al de 1882, pero que ya no tenían la mayoría de los temas de hidráulica práctica. El curso de 1886 comprendió, en general, los mismos temas, empleando el libro de Edmond Bour.⁷⁵ Las clases se impartían normalmente con el apoyo de un libro de texto (véase Apéndice 3), que servía para complementar los apuntes del profesor.⁷⁶

El siguiente cambio en el programa de Mecánica Analítica y Aplicada ocurrió en 1891 (véase sección A2.1.2). Como se puede ver, hay un aumento considerable en temas relacionados con la geometría y con la mecánica aplicada.

Este programa se mantuvo igual hasta 1899, año en que la parte aplicada se separó (como era de esperarse dado el crecimiento del contenido de la materia), de modo que la materia quedó sólo como Mecánica Analítica. Con esto, el único cambio al programa fue

⁷³ Ramos Lara, 1993, *op. cit.*, pp. 215 y 216.

⁷⁴ *Ibid.*, pp. 216 y 217.

⁷⁵ *Ibid.*, p. 218.

⁷⁶ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 222.

que se eliminó la parte de la mecánica aplicada.⁷⁷ Este programa se mantuvo así hasta 1904.⁷⁸

Al año siguiente se comisionó a Valentín Gama, profesor de la materia, ~~para~~ estudiar en Europa la organización de las clases de mecánica en establecimientos similares a la Escuela N. de Ingenieros, particularmente la instalación y el trabajo de los gabinetes adscritos a dichas clases para práctica de los alumnos”.⁷⁹ En el reporte a propósito de dicha comisión, Gama comentaba que en realidad se le había hecho este encargo aprovechando que visitaría Francia con motivo de otra encomienda, hecha por el Ministerio de Fomento. Gama estuvo en París, donde pudo visitar la Escuela de Puentes y Calzadas, con la motivación siguiente: ~~por~~ cultivarse en ella una de las más importantes especialidades de la ingeniería (la que entre nosotros se designa con el nombre de ingeniería civil) y de las que requieren más extensos conocimientos de mecánica general y sus diversas aplicaciones”.⁸⁰

Gama encontró, sin embargo, que la mecánica se enseñaba ~~de~~ la misma manera que el cálculo y la geometría”, al respecto de lo cual decía: ~~nosotros~~ vemos en eso la continuación del funesto predominio de ese espíritu exclusivamente matemático que tan a las claras se manifiesta en las obras francesas de mecánica”. Lo mismo sucedía con la enseñanza de las aplicaciones de la mecánica: era principalmente teórica.⁸¹

Comentaba:

me ha parecido notar allá como aquí, vivo sentimiento de disgusto por el carácter de la enseñanza, a la que se tilda de demasiado teórica y de que tiende a formar: no ingenieros sino sabios. Estos defectos, en escuelas como la de Puentes y Calzadas, a las que por la manera de regular la admisión sólo entra lo más selecto de los estudiantes, no producen los perniciosos resultados que en otras y que engendran entre nosotros; aquí donde es tan amplia la escala de las aptitudes de los estudiantes de un

⁷⁷ *RIPM*, tomo III, núm. 24, 1o. de agosto de 1899, pp. 511 y 512; ~~Programas que regirán en las Escuelas Nacionales Superiores durante el año escolar de 1899.— Escuela N. de Ingenieros”, en *RIPM*, tomo III, núm. 23, 15 de julio de 1899, pp. 513 y 514.~~

⁷⁸ ~~Programas para la Escuela N. de Ingenieros”, en *RIPM*, tomo IV, núm. 19, 1o. de marzo de 1901, pp. 583 y 584; Alberto Moles Batllell, *et al.*, *op. cit.*, 1792-1990, pp. 251-258; AHPM, 1900, III-269, exp. 3, fo. 3.~~

⁷⁹ Archivo General de la Nación (AGN), Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 252, exp. 53, fo. 1.

⁸⁰ *Loc. cit.*

⁸¹ Archivo General de la Nación (AGN), Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 252, exp. 53, fo. 3 y 4.

mismo curso, sucede que muchos estudios están por encima de la dedicación y de la capacidad medias.⁸²

Refería también que tuvo noticia de la Escuela de Trabajos Públicos, donde se había empezado a ~~dar~~ carácter práctico a la enseñanza de materias concretas, la de aquellas que forman parte del arte de ingeniería más bien que a la enseñanza de las ciencias que le servían de base [...] dando a todas las partes la extensión indispensable, evitando las ampliaciones inútiles” y procurando que los ejemplos que se presentaran para ilustrar las teorías lo fueran ~~de~~ casos que ocurren en la práctica de la profesión”. La importancia que se concedía a los textos era tal que se redactaban especialmente para la escuela por sus profesores. No obstante, la falta de recursos necesarios para la costosa enseñanza experimental habían impedido su cabal desarrollo.⁸³

Finalizaba su reporte afirmando que creía que mucho se podía conseguir siguiendo el ejemplo de dicha institución puesto que los textos usados en la ENI estaban escritos para escuelas de índole distinta, con lo que a veces resultaban excesivos y a veces deficientes. Decía que esto tenía consecuencias: ~~Los~~ alumnos [...] dudan de la eficiencia de algunas materias que se les obliga a estudiar, y esta preocupación, como es natural, les quita el ánimo para el trabajo”.⁸⁴

En un espíritu similar al de las ideas de Valentín Gama, Juan Mateos, que suplió a Gama ese año, decía al año siguiente, en 1906, como respuesta a un proyecto de la Secretaría de Instrucción Pública que pretendía crear una carrera larga (de doctorado) y una corta, que satisficiera las necesidades comunes de la sociedad:

Toda el arte del ingeniero está basada en el conocimiento de ciertas ciencias fundamentales que forman la parte teórica indispensable para sus variadas aplicaciones. Tales son las matemáticas, la física, la mecánica, la química y en cierto modo la historia natural. Estas ciencias que establecen hechos y leyes inmutables, no envejecen y pueden cultivarse en el silencio de una biblioteca y en la quietud de un gabinete. Con el talento, la perseverancia, la tranquilidad y la salud, un hombre puede ser docto en ellas y contribuir con su saber al desarrollo de sus aplicaciones prácticas.

⁸² *Ibid.*, fo. 4.

⁸³ *Ibid.*, fo. 4 y 5.

⁸⁴ *Ibid.*, fo. 5.

De cuyas consideraciones se deduce que un ingeniero práctico no puede ser Doctor, porque las condiciones que forman al primero se oponen en general a la realización de las que son indispensables al segundo.⁸⁵

En contraste, en 1907, el director interino Luis Salazar⁸⁶ reconocía que los gabinetes y laboratorios de las clases de mecánica y de electricidad requerían una instalación moderna y apropiada para que los estudios de esas materias fueran fructíferos.⁸⁷

Justo en 1905 se aprobó un nuevo programa (véase sección A2.1.3), que también estuvo vigente en 1906 (a pesar de que Gama había hecho otra propuesta)⁸⁸ y en 1907.⁸⁹ Si bien este programa tiene algunas diferencias con respecto al programa anterior en la presentación de la teoría, como en el caso de la presentación de determinados teoremas y soluciones para ciertos problemas generales, no refleja las inquietudes mencionadas de los años anteriores en el sentido de orientar el curso hacia aplicaciones específicas de la práctica de los ingenieros.

Esto se hace más evidente (con la inclusión del estudio de diversos casos prácticos particulares y ejemplos) en la siguiente reforma al programa (aunque también hay adiciones a la parte teórica), que tuvo lugar en 1908 (véase sección A2.1.4) y que se mantuvo vigente los tres años siguientes.⁹⁰ En el cuestionario para los exámenes de Mecánica General de 1911 se hace patente la presencia de aplicaciones a casos prácticos.⁹¹

En 1916 se creó el Primer Curso de Física, al que se integraron los temas elementales de mecánica y de otros temas de física, relacionados principalmente con mecánica de fluidos. El resto de los temas de mecánica fueron distribuidos (sin cambios sustanciales en cuanto a contenidos con respecto al programa de Mecánica General de 1908) en las otras dos materias creadas este año, donde temas de mecánica básica volverían a coexistir con temas aplicados en un mismo programa (véanse secciones A2.1.5 y A2.1.6).

⁸⁵ AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 16, fo. 5.

⁸⁶ Jorge L. Tamayo, *Breve reseña sobre la Escuela Nacional de Ingeniería*, p. 84.

⁸⁷ AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 5, fo. 8.

⁸⁸ "Programas y Textos que deben regir para el año de 1906, en la Escuela Nacional de Ingenieros", en *BIP*, tomo V, núm. 8, 20 de marzo de 1906, p. 745.

⁸⁹ "Textos y Programas de la Escuela Nacional de Ingenieros para 1907", *BIP*, tomo VI, núm. 7, 10 de febrero de 1907, pp. 929 y 930.

⁹⁰ AHUNAM, ENI, Dirección. Consejo Universitario, caja 1, exp. 1, fo. 21; Valentín Gama, "Programa para la clase de primer curso de Mecánica", pp. 9-13.

⁹¹ "Cuestionario de Mecánica General para los exámenes de 1911", pp. 1-4.

El programa de Mecánica General (Dinámica) y Mecánica Aplicada a las Máquinas de 1916 se mantuvo prácticamente igual con el cambio de nombre a Dinámica y Mecanismos en 1929.⁹² Esta regularidad en los contenidos se puede constatar en cuestionarios de exámenes de la materia de años intermedios.⁹³ Cabe destacar que la cinemática estuvo comprendida en el programa de esta materia y que en 1928 se proyectaba dedicar un semestre a la dinámica y cinemática puras y un semestre a los mecanismos.⁹⁴

Este mismo año, en la clase de Ejercicios de Física del profesor Mariano Hernández, cada alumno tuvo que resolver semanalmente dos o tres problemas que el profesor corregía y calificaba la semana siguiente. Estos problemas se referían a los asuntos tratados en clase un poco antes y eran de la índole de los problemas que traían los textos americanos como los escritos por Seely y Maurer, pero de los más sencillos entre ellos.⁹⁵ La materia de Estática, por su parte, permaneció con un programa muy semejante,⁹⁶ que conservaba aún en 1937.⁹⁷

En 1935, los temas de mecánica de fluidos se excluyeron del primer curso de física,⁹⁸ que por ello quedó con el nombre de Física – Mecánica (véanse en la sección A2.1.7 los programas de 1935). Dos años después, cada uno de los dos profesores de la materia presentó un programa diferente (véase sección A2.1.8). Los programas eran similares, aunque el que presentó Mariano Hernández incluía temas de hidrostática y de calor. Sin embargo, los estudiantes no estuvieron divididos por carreras en los grupos de estos profesores, de modo que, por supuesto, predominaban los alumnos de ingeniería civil.⁹⁹ Se presentó además otro programa para esta asignatura, con el nombre de Física –

⁹² –Programa de la clase Dinámica y Mecanismos”, AHPM, 1928, XIV-423, exp. 5, ejemplar 2, fo. 1-3.

⁹³ –Cuestionario de Mecánica General (Dinámica) y Mecánica Aplicada a las Máquinas”, AHPM, 1917, I-338, exp. 2; AHPM, 1928, III-412, exp. 6; –Dinámica y Mecanismos”, AHPM, 1928, VI-415, exp. 6.

⁹⁴ –Proyecto para la distribución de tiempo para la clase de Dinámica y Mecanismos”, AHPM, 1928, XIV-423, exp. 4, fo. 1 y 2.

⁹⁵ AHPM, 1928, VIII-417, exp. 3.

⁹⁶ –Estabilidad y Estática”, AHPM, 1928, IV-414, exp. 2.

⁹⁷ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 33; –Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13.

⁹⁸ AHPM, 1928, III-412, exp. 6; –Temas para examen extraordinario de física”, AHPM, 1928, XIV-423, exp. 31.

⁹⁹ –Lista de alumnos inscritos en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1937, VIII-552, exp. 19, fo. 1-12; –Física – Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1937, I-545, exp. 18; –Física – Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1937, III-547, exp. 13.

Mecánica y Fluidos, igual al de Física – Mecánica de 1935, pero con los siguientes temas que se volvieron a agregar: hidrostática e hidrodinámica, y mecánica de los gases.¹⁰⁰

Por otro lado, en 1935, el programa de Dinámica y Mecanismos se dividió en dos materias: Cinemática y Mecanismos, y Dinámica (véase Tabla A1.2.5). Dos años después apareció Cinemática y Mecanismos y Dinámica como una sola materia, cuyo programa era la suma de los programas de 1935 de Cinemática y Mecanismos y de Dinámica.¹⁰¹

3.4.2. Las materias de física

Resulta difícil hacer referencia al curso de física por los frecuentes y a veces drásticos cambios que sufrió a lo largo de los años. Sin embargo, se intentará mostrar su trayectoria y cómo, con frecuencia, incluyó temas modernos de física.

Inicialmente, este curso, que comprendía también temas de hidrografía y de cálculo de probabilidades, estuvo dirigido únicamente a los ingenieros geógrafos. Durante el porfiriato se transformó en Física Matemática y se convirtió en materia obligatoria para otras carreras.

Para cuando la materia de Física Matemática se iba a empezar a impartir independientemente de otros temas, en 1886, se determinó que comprendería los conocimientos necesarios en la ingeniería de teoría mecánica del calor, óptica, magnetismo terrestre, altimetría y calorimetría.¹⁰² Como se puede ver en la sección A2.2.1, el programa de Física Matemática incluyó en 1891 temas de mecánica, óptica y termodinámica.

En 1899 se renovó el programa de la materia (véase sección A2.2.2). Aquí desaparecieron los temas de mecánica; éste fue un programa bastante extenso en el que volvieron a aparecer la óptica y la termodinámica y además se incluyeron temas de “física molecular” (principalmente mecánica de fluidos y sólidos deformables), electromagnetismo y acústica.

Este programa se mantuvo hasta 1907.¹⁰³ En esta época, la materia fue objeto de diversas críticas y observaciones. Las primeras se suscitaron como producto de que en 1900

¹⁰⁰ “Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13.

¹⁰¹ “Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13.

¹⁰² Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 230.

¹⁰³ “Programas para la Escuela N. De Ingenieros”, en *RIPM*, tomo IV, núm. 20, 15 de marzo de 1901, México,

la materia sólo tuvo un examinado a pesar de haber tenido treinta y cuatro alumnos inscritos. En situación semejante se encontraron Mineralogía, Geología y Paleontología, Química Analítica, y Aplicaciones de la Electricidad.¹⁰⁴

Para dar respuesta a esto, se nombró una comisión para estudiar el problema y darle solución.¹⁰⁵ Juan Mateos y Manuel Marroquín hicieron una propuesta al respecto. Ellos consideraban que la física era una ciencia indispensable para el ingeniero y que éste ~~debe~~ estar familiarizado con las fuerzas naturales, con quienes va a luchar y de cuyas leyes va a servirse”.¹⁰⁶ Proponían que se transformara en Física Experimental, es decir, que se cambiara el método de enseñanza de deductivo a inductivo.¹⁰⁷

En esta época, Física Matemática se impartía en el segundo año, al igual que el primer curso de mecánica, situación con la que el profesor de esta materia, Mariano Villamil, no estaba de acuerdo: recomendaba que la mecánica se estudiara primero.¹⁰⁸

Asimismo, opinaba que

para que sea fructuosa la enseñanza tanto de la Física Matemática como de la Mecánica, es preciso proveer a estas dos clases, pero sobre todo a la primera de gabinetes de experimentación, convenientemente dotados de aparatos, tanto para las medidas eléctricas como para los demás ramos de estos cursos.¹⁰⁹

Braulio Martínez, profesor de Estabilidad de las Construcciones,¹¹⁰ también opinaba en 1901, a propósito de unas observaciones que hizo sobre el plan de estudios de la ENI, que el curso de Física Matemática se debía pasar al tercer año, además de que convenía

1900, pp. 605-610; Programas aprobados provisionalmente por la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública, para que rijan en la Escuela Nacional de Ingenieros, durante este año”, *BIP*, tomo I, núm. 4, 25 de febrero de 1903, p. 259-266; ~~Programas y textos para la Escuela Nacional de Ingenieros para el año de 1905”, en *BIP*, tomo IV, núm. 1, 10 de diciembre de 1904, pp. 142 y 143; ~~Textos y Programas de la Escuela Nacional de Ingenieros para 1907”, *BIP*, tomo VI, núm. 7, 10 de febrero de 1907, pp. 929 y 930.~~~~

¹⁰⁴ AHUNAM, ENI, Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 446.

¹⁰⁵ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 126.

¹⁰⁶ *Loc. cit.*

¹⁰⁷ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 128.

¹⁰⁸ AHUNAM, ENI, Dirección. Correspondencia, caja 3, exp. 42, fo. 338.

¹⁰⁹ *Loc. cit.*

¹¹⁰ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 205.

reducirlo a la Termodinámica y la Electricidad. Así como estaba, el segundo año de la carrera tenía una carga de trabajo excesiva para los alumnos.¹¹¹

En el mismo tenor, Francisco Garibay, que en 1906 ocuparía la cátedra de Física Matemática, opinaba sobre la misma que

por ser imposible cursarse en un año y por abarcar conocimientos innecesarios a la ingeniería debe reducirse a la enseñanza de los principios de termodinámica que competen al ingeniero y al estudio de la electricidad en su parte teórica, indispensable para abordar con provecho el estudio de las aplicaciones de las mismas.¹¹²

Es decir, proponía un curso cuyo contenido fuera “termodinámica, magnetismo, electricidad y electrometría, solamente en lo necesario para el conocimiento de los motores térmicos y para las aplicaciones ingenieriles de la electricidad”.¹¹³

Sin embargo, fue hasta 1906 en que, ya con miras de cambio, se autorizaba al profesor de esta materia y de algunas otras, como Matemáticas Superiores y Mecánica Aplicada a lo siguiente:

modificar en el curso del año sus respectivos programas en el sentido de volver siempre más prácticas sus enseñanzas y de presentarlas a los alumnos teniendo constantemente a la vista las aplicaciones que de los conocimientos que imparten, puedan hacerse en los trabajos propios de los Ingenieros; pero sin que introduzcan las modificaciones referidas, sino dando de ellas aviso especial en cada caso al Director de la Escuela.¹¹⁴

En 1907, Manuel Stampa, que cubriría la clase de Física Matemática al año siguiente, fue comisionado por la Secretaría de Instrucción para visitar en Francia las clases de física, química y electricidad de las escuelas de artes y oficios, para informar acerca de los programas, métodos e instalaciones que resultaran de interés.¹¹⁵

¹¹¹ AHUNAM, ENI, Dirección. Correspondencia, caja 3, exp. 42, fo. 341 y 343.

¹¹² *Ibid.*, fo. 349 y 352.

¹¹³ *Loc. cit.*

¹¹⁴ “Programas y Textos que deben regir para el año de 1906, en la Escuela Nacional de Ingenieros”, en *BIP*, tomo V, núm. 8, 20 de marzo de 1906, pp. 745 y 746.

¹¹⁵ AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 249, exp. 14.

El mismo año, el director Luis Salazar propuso un nuevo plan de estudios en el que los cursos de electricidad serían “especialmente experimentales y prácticos” y los alumnos se adiestrarían “en el manejo de los aparatos para las medidas eléctricas y magnéticas”. Asimismo señalaba que hasta el momento los estudios de Mecánica General (entre otros) habían sido comunes a todas las carreras con excepción de la de ensayador, así como la de Física Matemática lo había sido para los ingenieros civiles, industriales, de minas y electricistas. Decía al respecto:

esto probablemente ha sido por cuestión de economía en los gastos del profesorado; pero con el nuevo plan este estado de cosas no puede continuar, pues resulta no sólo inconveniente sino impracticable desde el momento en que la cantidad de enseñanza en muchos cursos tiene que ser diversa según la especialidad del ingeniero. Debe haber no un programa, sino los programas necesarios para muchas de las materias que se cursan en la Escuela.¹¹⁶

De cualquier manera, en 1908 se aprobó provisionalmente¹¹⁷ un nuevo programa de Física Matemática (sólo uno, como había sido hasta el momento), pero un programa que era mucho más reducido que el anterior y que trataba sólo de electromagnetismo y sus aplicaciones, con una importante presencia de éstas (véase sección A2.2.3), algunas expuestas a modo de conferencias.

Con esta misma idea, para el año siguiente el programa de la materia fue el mismo, pero con una adición: el programa de 1908 se consideró como la parte teórica del curso y se agregó una parte práctica, que comprendía el estudio experimental, manejo, reparación, instalación y calibración de aparatos y dispositivos relacionados con los temas estudiados en la parte teórica. También incluyó visitas a plantas y fábricas del país.¹¹⁸

Dicho programa se mantuvo al año siguiente¹¹⁹ y el profesor Francisco Urquidi lo

¹¹⁶ AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 13, fo. 9 y 21.

¹¹⁷ “Programas de la Escuela N. De Ingenieros, aprobados provisionalmente por la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para que rijan en el año escolar de 1908”, *Boletín de Instrucción Pública*, tomo IX, núms. 4, 5 y 6, abril, mayo y junio de 1908, pp. 984-991.

¹¹⁸ “Programa para la Escuela N. De Ingenieros para el año escolar de 1909 a 1910” *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XLI, primera parte, pp. 310-316.

¹¹⁹ AHUNAM, ENI, Dirección. Consejo Universitario, caja 1, exp. 1, fo. 21.

propuso también para 1911.¹²⁰ Un año antes, en 1910, Porfirio Díaz había emitido un decreto en el que disponía algo que ya se había propuesto antes: «en lugar del curso de física matemática obligatorio para las carreras de ingenieros civiles, industriales, de minas y geógrafos y la de electricistas, se establecerán los cursos que sean indispensables para la educación de cada uno de los grupos de alumnos relacionados en lo referente a la física».¹²¹

Este intento de cambio, cuya implementación como tal hubiera sido problemática, nuevamente no prosperó en la realidad, aunque una comisión nombrada para estudiar y dictaminar sobre los programas de la ENI se ocupó del asunto. Esta comisión interpretó el decreto como que permitía y autorizaba el que se hiciera simplemente «un curso de Física para las carreras en que antes se exigía la Física Matemática».¹²²

Sobre el programa anterior de Física Matemática, dicha comisión opinaba (según un documento firmado por Luis Salazar, Valentín Gama y Salvador Altamirano), que era demasiado extenso y que además no cumplía con los objetivos de la ley. En vez de eso, proponían «haciendo en cierto modo abstracción de este nombre», un programa que comprendiera «las dos partes de física más útiles al ingeniero: el calor y la electricidad». Comentaban sobre el nuevo programa:

se desarrollará tratando las cuestiones matemáticamente, no hasta donde se ha podido hacer dado el estado actual de la ciencia, sino hasta donde lo permitan los conocimientos matemáticos de los estudiantes de la Escuela y hasta donde sea útil, dado el uso que de esos conocimientos tendrán que hacer en su carrera. El programa que presentamos es bastante modesto pero realizable, y esperamos que desarrollado dará a los alumnos los conocimientos que hasta aquí no han podido adquirir, quizá por haber querido abarcar demasiado, por haber puesto las miras demasiado alto.¹²³

Así, se aprobó en 1911 un nuevo programa (véase sección A2.2.4), que sustituyó al que había presentado Urquidi,¹²⁴ que había regido los años inmediatamente anteriores y también

¹²⁰ Francisco Urquidi, «Programa del curso de Física Matemática», pp. 75-81.

¹²¹ AHUNAM, ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 29, fo. 1071.

¹²² Luis Salazar *et al.*, «Comisión nombrada para estudiar los programas de la Escuela de Ingenieros», p. 125

¹²³ Luis Salazar *et al.*, «Comisión nombrada para dictaminar sobre los programas de la Escuela de Ingenieros», p. 122.

¹²⁴ «Programa del curso de Física», pp. 126-128.

al programa de principios de siglo. El nuevo programa permaneció al año siguiente.¹²⁵

De cualquier manera, la parte de electricidad y magnetismo del programa era bastante parecida al programa de 1909, de modo que la única modificación relevante fue la adición de los temas de calor y termodinámica. Cabe señalar que el cuestionario para los exámenes de 1911 sólo contuvo temas de electromagnetismo.¹²⁶

Urquidi, por su parte, había afirmado en 1904, mientras estudiaba en Francia, que los estudios eran ahí, a diferencia de en Estados Unidos, demasiado teóricos y enciclopédicos. Él atribuía a esto la razón de que Francia estuviera muy atrasada con respecto a Estados Unidos en cuestión de invención y construcción de maquinaria, entre otros aspectos.¹²⁷

El siguiente profesor titular de la materia, Daniel Olmedo consideraba en 1909 que entre los conocimientos indispensables del ingeniero se encontraban la física “elástica”, principalmente calor, luz y electricidad, en cuanto a sus aplicaciones a casos concretos y sin que fuera necesario el conocimiento, por ejemplo, de “lo más recóndito de la física molecular moderna”.¹²⁸

A finales de 1914 Félix Palavicini pidió al rector Valentín Gama que se reformaran los planes de estudio de la ENI de manera que se privilegiara a la práctica sobre la teoría. El mismo Gama consideraba que la enseñanza en la ENI se basaba en la creencia de que en la práctica de la ingeniería todo es deducción, lo cual redundaba en la carencia de aptitudes necesarias en los estudiantes que terminaban la carrera. Estas observaciones se incluyeron en el plan de estudios para 1916.¹²⁹

A pesar de la insistencia en hacer más prácticos los estudios, en 1916 la Escuela Nacional de Ingenieros no tenía un gabinete de física, por lo que los alumnos tuvieron que recibir cátedra en las instalaciones de la ENP.¹³⁰ Para el desarrollo de esta clase, la ENI nombró a un preparador.¹³¹

¹²⁵ AHUNAM, ENI, Dirección. Consejo Universitario, caja 1, exp. 2, fo. 58.

¹²⁶ —Cuestionario del curso de Física-Matemática para los exámenes de 1911”, pp. 1-2.

¹²⁷ Milada Bazant, “Estudiantes mexicanos en el extranjero: el caso de los hermanos Urquidi”, 1987, pp. 742 y 743.

¹²⁸ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 30.

¹²⁹ David Martín Baptista González, *La creación de la primera carrera de ingeniero petrolero en la Universidad Nacional*, pp. 51-53.

¹³⁰ AHUNAM, ENI, Asuntos escolares. Correspondencia, caja 28, exp. 25, fo. 205 y 206.

¹³¹ AHPM, 1916, III-336, exp. 6.

Por lo que se puede ver en los cuestionarios para los exámenes de las materias de Electricidad y de Electricidad y Magnetismo, las reformas que crearon estas asignaturas en 1916 y 1928, respectivamente, no hicieron mucho más que asignarles los contenidos de electromagnetismo de la materia de Física que existía previamente.¹³²

En 1928, como se puede ver en la sección A2.2.5, existía un programa del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo, en correspondencia con los contenidos del curso teórico.

Con el plan de estudios de 1935 se recuperaron algunos de los temas que se habían impartido en la ENI anteriormente, en particular en la materia de Física Matemática de principios de siglo, con las materias de Física – Acústica y Óptica y Física – Fluidos, Calor y Termodinámica.

Como se puede ver en la Tabla A1.2.5, para entonces había ya materias como Máquinas de Corriente Continua, Teoría de la Corriente Alterna y Mediciones Eléctricas y Laboratorio, lo que explica que el programa de Física – Electricidad y Magnetismo de 1935, que seguía vigente en 1937¹³³ estuviera ya compuesto sólo por temas elementales (véanse en la sección A2.2.6 los programas de 1935).

En 1937 apareció un programa de Física – Acústica y Óptica, Calor y Termodinámica que fue la suma de los programas de 1935 de Física – Acústica y Óptica y de Física – Calor y Termodinámica, quitando hidrostática e hidrodinámica, y mecánica de los gases, que pasaron a la materia de Física – Mecánica y Fluidos.¹³⁴

3.5. Los profesores

En el Apéndice 4 se presenta los nombres de los profesores de las clases de física y los años en que dieron clases. En obsequio a la claridad y siguiendo la lógica de la sección 3.4, en que se discutieron los contenidos de las materias, se disponen en dos tablas (A4.1 y A4.2) distintas los profesores de las materias de mecánica y los de otras materias de física.

¹³² —Cuestionario para el examen de electricidad”, AHPM, 1916, III-336, exp. 17; —Cuestionario para el examen de electricidad”, AHPM, 1917, I-338, exp. 2, fo. 1 y 2; —Cuestionario de electricidad y magnetismo. Exámenes a título de suficiencia 1928”, AHPM, 1928, VIII-417, exp. 3.

¹³³ —Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13.

¹³⁴ —Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13; *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 27 y 28.

Después se indica la formación académica de los profesores, así como materias que impartieron, tanto en la ENI como en otras instituciones (Tabla A4.3), con el objeto de proporcionar un panorama de la trayectoria académica de dichos docentes. Por último, se señalan algunas de las actividades distintas a la enseñanza de los profesores de física de la ENI (Tabla A4.4), información que da cuenta de su perfil profesional.

Como se puede observar en dichas tablas, la ENI contó con profesores que impartieron materias de física por periodos de tiempo relativamente largos. Tal fue el caso de profesores como Francisco Rodríguez Rey, Valentín Gama, Ignacio Avilez, Mariano Hernández, Basiliso Romo, Mariano Villamil, Daniel Olmedo, Carlos Luca y Efrén Fierro. En algunos casos, impartieron clases de física por más de quince años.

Aunado a esto se puede comprobar que estos profesores tuvieron una labor considerable y constante en la enseñanza, tanto de otras materias como en otras instituciones. Aun así, muchos de ellos tenían otras actividades de importancia, en la academia, en el gobierno y en la industria. Esto les impedía en ocasiones mantener la continuidad en su labor docente, por lo que no era raro que solicitaran licencias temporales para cumplir con sus otras obligaciones, después de las cuales se volvían a incorporar a sus clases.¹³⁵

Por otra parte hay que destacar que la mayoría de los profesores de física eran egresados de la misma ENI. Sin embargo, los ingenieros civiles no fueron mayoría, a pesar de lo nutrido de la matrícula de esta carrera, como se señaló en el capítulo anterior. Hay que destacar también la presencia de profesores egresados de otras escuelas, particularmente norteamericanas y europeas.

La formación académica diversa (dentro del ámbito de la ingeniería) de los profesores mencionados redundó en que las otras materias que impartieron y sus actividades profesionales paralelas tuvieran una notable variedad.

En el siguiente capítulo se constatará cómo varios de estos profesores de la ENI tuvieron participación en el proceso de la profesionalización de la física en la UNAM, aunada a las materias y actividades mencionadas. También se verá la manera en que la infraestructura de la ENI (especialmente la enseñanza de la física de la Escuela), así como

¹³⁵ AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 60 o 70; AHPM, 1911, IV-312, exp. 17.

la participación de otros personajes relacionados con esta institución, tuvieron un papel decisivo en dicho proceso.

CAPÍTULO 4

La aportación de la enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Ingenieros a la profesionalización de la física en México

Los fundadores de la Universidad de antaño decían: “la verdad está definida, enseñadla”, nosotros decimos a los universitarios de hoy: “la verdad se va definiendo, buscadla”.

JUSTO SIERRA

4.1. Introducción

En este capítulo se narra el proceso de la profesionalización de la física en la Universidad Nacional de México, que se pretendió llevar a cabo originalmente en la Escuela Nacional de Altos Estudios (ENAE), institución creada en el seno de la misma universidad y que tenía la misión de albergar el estudio especializado de muchos campos, entre ellos el de la física. Este proyecto, en el cual tuvieron una importante participación ingenieros que eran profesores o egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI), no fructificó, y la ENAE fue evolucionando hacia el área de las humanidades hasta convertirse en la Facultad de Filosofía y Letras (FFyL), misma que conservó todavía la Sección de Ciencias hasta 1935.

El ingeniero Ricardo Monges López se esforzó por revivir el proyecto desde el área de la ingeniería, lo cual logró con la creación del Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas, que se transformó en la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas, misma que derivó en la actual Facultad de Ciencias. En este capítulo se menciona cómo estas instituciones contaron con recursos humanos y materiales de la ENI: compartieron profesores y hasta edificio. De hecho, los primeros alumnos adscritos al nuevo proyecto de una carrera profesional en física, como Carlos Graef y Fernando Alba, fueron también

estudiantes de la ENI. Por esto resulta interesante saber en qué medida los estudiantes de la ENI y de las instituciones promovidas por Monges López tenían cursos en común, lo cual es también objeto de este capítulo.

4.2. La física en el proyecto original de la Universidad Nacional

Como se vio en los capítulos anteriores, cuando se fundó la Universidad, la Escuela Nacional de Ingenieros tenía ya una tradición de más de un siglo en la enseñanza de la física. Por su parte, la Escuela Nacional de Altos Estudios, la única institución nueva de las que integraron la Universidad,¹ tendría la misión de complementar esta labor.

La ENAE había sido concebida como “el peldaño más alto del edificio universitario”.² Justo Sierra le pretendía atribuir la función de formar profesores, pero no sólo eso, sino también, y como objeto supremo, la de “hacer sabios”, de ser un “territorio elevado y libre donde pudiera cultivarse la ciencia por la ciencia”.³ Ya como Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes, Sierra nombró en 1908 una comisión para trabajar en el proyecto de la ENAE, la cual consideró un buen número de disciplinas a incluirse en el programa de esta escuela, agrupadas en tres ramas del saber: las “que se refieren al conocimiento científico constituido”; las “que se refieren a la sucesión u orden sucesivo conforme al cual se han desenvuelto ya los conocimientos, ya sus objetos”; las “que se refieren a la expresión de los estados mentales”. La física se ubicó en el primer grupo.⁴

En 1910 se promulgó la ley constitutiva de la Escuela Nacional de Altos Estudios. En ella se estipulaba que uno de sus objetivos era el de “perfeccionar, especializándolos y subiéndolos a un nivel superior, estudios que en grados menos altos se hagan en las escuelas Nacional Preparatoria, de Jurisprudencia, de Medicina, de Ingeniería y de Bellas Artes o que estén en conexión con ellas”. La ENAE estaría compuesta por tres secciones. La segunda de éstas sería la de Ciencias Exactas, que abrazaría a “la matemática en sus

¹ María de la Paz Ramos Lara, “La física y la UNAM a mediados del siglo XX”, p. 27; E. Arcelia Quintana Adriano y Diego Valadés (coords. generales), *Compendio de legislación universitaria: 1910-2001*, vol. 1, p. 3.

² Leopoldo Zea, *El positivismo en México: nacimiento, apogeo y decadencia*, p. 440.

³ Beatriz Ruiz Gaytán, “Justo Sierra y la Escuela de Altos Estudios”, p. 547.

⁴ *Ibid.*, pp. 549 y 552.

formas superiores y las ciencias físicas, químicas y biológicas”.⁵

4.3. La física en la ENAE y la Facultad de Filosofía y Letras

La ENAE fue inaugurada el 18 de septiembre de 1910, cuatro días antes que la Universidad.⁶

Para las cátedras de Psicología, Antropología y Botánica se contrató a profesores extranjeros: James Mark Baldwin (1861-1934), Franz Boas (1858-1942) y Karl Friedrich Reiche (1860-1929), respectivamente.⁷ La ENAE no contó con profesores de física en un principio, pero buscó invitar conferencistas, como lo fue el Sr. Góngora, con el tema “Teoría etérea de la fuerza y la materia”.⁸

En 1911, Porfirio Parra, director de la ENAE, propuso dos cursos de física: Física Matemática, a cargo de Guillermo Beltrán y Puga y Física Experimental, a cargo de Alberto S. Cárdenas. Además, propuso el curso de Astronomía Práctica, con José A. Bonilla.⁹

Ese mismo año se formó una comisión (de la cual formó parte el ingeniero Luis Salazar, director de la ENI) para definir los cursos que formarían parte de la ENAE. Al interior de esta comisión comenzaron a surgir críticas incluso acerca de la pertinencia de la Escuela, en un país que carecía de escuelas de nivel básico.

Esta comisión determinó que en la sección de ciencias habría dos tipos de cursos: útiles y necesarios. Al primer tipo corresponderían cursos como Altas Matemáticas, Mecánica Racional, Astronomía, Mecánica Celeste, Física Matemática, Física Experimental y Físico-Química. Al segundo, cursos como Termodinámica, Electrología, Historia de las Matemáticas e Historia de la Física y de la Química. También habría materias de geología, química, biología y meteorología.¹⁰

En 1912, Sotero Prieto impartió el que sería el primer curso científico de alto nivel dado en México, Teoría de las Funciones Analíticas. Se dio bajo la categoría de curso libre

⁵ *Ibid.*, pp. 560 y 561.

⁶ Clementina Díaz y de Ovando, *Rumbo a la fundación*, p. 11.

⁷ “Historia de la Facultad de Ciencias (II)”, pp. 28 y 29.

⁸ Ramos Lara, *Historia de la profesionalización de la física en México*, 2003, p. 35.

⁹ *Loc. cit.*

¹⁰ Ramos Lara, “De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México”, 2005, p. 141.

y Prieto no recibió remuneración alguna.¹¹

Entre las ciencias que se había planeado establecer en la ENAE, la que más fue prosperando fue la biología, que gozó de continuidad y crecimiento.¹² De química se impartieron algunos cursos de carácter técnico entre 1913 y 1916, año en que los químicos tuvieron su propia escuela. De matemáticas sólo se dieron cuatro cursos, en calidad de libres.¹³

En lo que respecta a la física, en 1913 Ezequiel Chávez (1868-1946), director de la ENAE nombrado por Victoriano Huerta, creó una sección para formar profesores de física y química. Se planearon dos cursos de electricidad que serían impartidos por los ingenieros Salvador Altamirano y Alfonso Castelló y Sosa, respectivamente.¹⁴ Por esos tiempos, otros dos ingenieros fueron nombrados para impartir cursos de física en la ENAE: Valentín Gama, a quien se nombró decano de la subsección de ciencias físicas, para el Curso Teórico-Experimental de Mecánica y Óptica y Joaquín Gallo Monterrubio (1882-1965), quien más tarde impartiría en la ENAE varios cursos de astronomía,¹⁵ para el correspondiente curso práctico.¹⁶

En 1914 se retomaron designaciones del año anterior con un curso de electricidad por Salvador Altamirano y uno de mecánica y óptica por Valentín Gama. Al año siguiente se repitieron estos nombramientos y se agregaron el de Joaquín Gallo como preparador de mecánica y óptica y el de Carlos Luca como ayudante de los cursos de electricidad.¹⁷

No obstante, fue usual que estos cursos, aun siendo pocos, sufrieran muchas irregularidades: algunos no se abrían, otros se inauguraban con retraso, se cerraban por falta de alumnos o se tenían que impartir fuera de la ENAE (en la ENP o en la ENI, por ejemplo) por falta de instalaciones adecuadas.¹⁸

Aunque la ENAE funcionaba con regularidad, los cursos de física estaban

¹¹ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, p. 38.

¹² "Historia de la Facultad de Ciencias (II)", p. 29.

¹³ "Historia de la Facultad de Ciencias (III)", p. 46.

¹⁴ Javier Garciadiego Dantan, *Rudos contra científicos. La Universidad Nacional durante la revolución mexicana*, p. 248.

¹⁵ Hugo Enrique Montaña Castillo, *Institucionalización de la ciencia en la ENAE, el caso de la física*, pp. 114, 117 y 119.

¹⁶ Ramos Lara, *op. cit.*, 2005, p. 141.

¹⁷ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, pp. 40 y 41.

¹⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, 2005, p. 141; María de la Paz Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, p. 25; Montaña Castillo, *op. cit.*, p. 89.

relegados. Si bien en 1917 había 49 cursos,¹⁹ el único que se podría considerar de física fue un curso de electricidad a cargo de Carlos Luca. Al año siguiente sólo apareció uno además de éste mismo,²⁰ uno de física teórica y experimental, con carácter de curso libre preparatorio, esto es, no era un curso de altos estudios. El titular era otro profesor de física de la ENI, Basiliso Romo.²¹

El curso de electricidad se impartió también los tres años siguientes; como profesores trabajaron también Emilio Leonarz (que al parecer estudió en la Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos y Electricistas) y Guillermo Keller.²²

En 1920 se reglamentaron las funciones de la ENAE con el objetivo principal de satisfacer la necesidad de regular la equivalencia y revalidación de grados otorgados por universidades extranjeras. Se confirmó entonces que la ENAE tendría tres secciones, de las cuales la segunda estaría dedicada a las ciencias exactas, físicas y naturales. Entre los estudios que se harían en esta sección cabe mencionar los siguientes: mecánica y astronomía; físico-química; física general, teórica y sus aplicaciones; electricidad y sus aplicaciones.²³

Este reglamento estableció la posibilidad de avalar a profesores en cualquiera de estas materias al acreditar ciertos cursos. Además, para aquellos que hubieren obtenido el grado de maestro, existía también la posibilidad de recibir el grado de Doctor en Ciencias por medio de estudios especializados.²⁴

Además de otro curso de electricidad impartido por Guillermo Keller, en 1922 hubo en la ENAE dos cursos de ciencias físicas, uno por Alfonso C. Cornejo (ingeniero químico por la Universidad de Leipzig que dio el mismo curso en 1923) y otro por Juan Mansilla y Río.²⁵ En el invierno que empezó ese año Sotero Prieto impartió un curso de relatividad.²⁶

El siguiente año se ofrecieron dos cursos nuevos, de historia de las ciencias exactas, a cargo de Daniel Castañeda (también lo impartió en 1924) y Álvaro L. Espino,²⁷ el primero de los cuales comprendía matemáticas, astronomía y mecánica, mientras que el

¹⁹ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, p. 42.

²⁰ Montaña Castillo, *op. cit.*, p. 106.

²¹ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, p. 42.

²² *Ibid.*, p. 43.

²³ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, pp. 100 y 102.

²⁴ *Ibid.*, pp. 101, 103 y 104.

²⁵ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, p. 43.

²⁶ Montaña Castillo, *op. cit.*, pp. 114, 117 y 119.

²⁷ *Ibid.*, p. 119.

segundo incluía física, química y físico-química.²⁸

A pesar de los intentos realizados y de las buenas intenciones en esta Escuela, en el caso de la física no sólo no se logró estructurar un plan de estudios, sino que únicamente se ofrecieron cursos aislados a nivel de licenciatura que, por cierto, fueron impartidos en su mayoría por ingenieros.²⁹

En 1924, la ENAE, que venía padeciendo diversos problemas presupuestales y políticos,³⁰ y cuyas labores se habían ido orientando más bien hacia las humanidades,³¹ dejó de existir al dividirse en tres escuelas: la Facultad de Filosofía y Letras, la Escuela Normal Superior y la Facultad de Graduados.³²

En 1926 se creó en la FFyL la Sección de Ciencias, con dos divisiones, la de ciencias matemáticas y físicas y la de ciencias biológicas. Cada una de estas ofrecería los grados de Agregado, Maestro (véase Tabla A1.3.1 en el Apéndice 1) y Doctor. Sin embargo, estos planes de estudio nunca se pusieron en práctica como tales. De hecho, sólo se tiene noticia de dos cursos de física impartidos en la Sección de Ciencias entre 1923 y 1935 (año en que desapareció esta Sección): un curso de física teórica impartido por Alfredo Baños en 1932³³ y uno sobre teoría electromagnética de la luz que sustentaría Manuel Sandoval Vallarta (1899-1977) en 1933.³⁴

Incluso, cuando en marzo de 1928 el doctor Alexander Goetz, profesor de Física Experimental en la Universidad de Göttingen, impartió tres conferencias en la Universidad invitado por el Rector Alfonso Pruneda (1879-1957), lo hizo en la Facultad de Ingeniería y no en la FFyL. Los temas de estas conferencias fueron: “manera de obtener gases a presiones mínimas, desde 10.3 hasta 10.12 milímetros”; “resultados recientes relativos a emisiones de electrones termoiónicos y fotoeléctricos, provenientes de metales y metaloides”, y “relaciones que hay entre la estructura atómica de los metales y sus propiedades eléctricas”.³⁵

²⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, p. 44.

²⁹ Leticia Plascencia Gaspar *et al.*, “La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudios”, p. 158.

³⁰ “Historia de la Facultad de Ciencias (II)”, p. 29.

³¹ Ramos Lara, “De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México”, 2005, pp. 143 y 144.

³² José Blanco, “Nudos problemáticos de la Universidad”, p. 43.

³³ Ramos Lara, *op. cit.*, 2005, pp. 142-144.

³⁴ “Curso del profesor Manuel Sandoval Vallarta”, *Universidad de México*, marzo-abril de 1933, p. 453.

³⁵ “Conferencias”, *Universidad de México*, marzo de 1928, p. 238.

Cabe señalar que, de los dieciocho profesores de física de la ENAE y de la FFyL mencionados, seis fueron profesores de la ENI: Altamirano, Gama, Gallo (egresado de la ENI como ingeniero geógrafo en 1908),³⁶ Luca (titulado de ingeniero electricista en la ENI en 1914), Romo, Keller, Prieto y Baños (véanse Tablas A4.1 y A4.2 del Apéndice 4). Además, cuatro fueron estudiantes en la ENI: Beltrán y Puga (graduado de la ENI en dos especialidades, ingeniero topógrafo e hidrógrafo e ingeniero geógrafo, ambas en 1891),³⁷ Castelló y Sosa (nacido en 1881 y graduado como ensayador de la ENI en 1905),³⁸ Mansilla y Río (estudiante de la carrera de ingeniero de minas en 1890 que no se graduó)³⁹ y Castañeda, titulado como ingeniero civil en 1923.⁴⁰

4.4. La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas

Uno de los promotores más importantes en el establecimiento de instituciones académicas especializadas en física y matemáticas en la UNAM fue Ricardo Monges López (1886-1983).⁴¹ Era ingeniero civil titulado en la ENI en 1912.⁴² Al terminar su carrera fue becado para visitar obras de ingeniería en Europa. A su regreso, trabajó con mucho éxito por años en la industria del petróleo. Alrededor de 1930 comenzó a trabajar en la ENI como profesor y como Consejero Honorario de la Dirección.⁴³ Impartió clases de “Métodos Geofísicos de Exploración”.⁴⁴

El interés de Monges por la investigación científica y técnica se dejó ver, al menos, desde 1933, año en que publicó en el periódico una serie de doce artículos que buscaban hacer ver la importancia de esta investigación en el desarrollo de las naciones. Con este antecedente, el rector Manuel Gómez Morín (1897-1972) lo llamó a colaborar en la

³⁶ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, p. 53.

³⁷ Deva Ramos, *et al.*, “Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1914”, p. 56.

³⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, 2003, p. 80.

³⁹ *Ibid.*, p. 44.

⁴⁰ *Loc. cit.*

⁴¹ “Historia de la Facultad de Ciencias (I)”, p. 37.

⁴² Deva Ramos, *et al.*, *op. cit.*, p. 56.

⁴³ Julián Adem, “Ricardo Monges López, fundador de la Facultad de Ciencias”, pp. 42 y 43.

⁴⁴ “Métodos Geofísicos de Exploración”, AHPM, 1937, IV-548, exp. 13.

transformación institucional⁴⁵ que tuvo como resultado la nueva estructura general de la Universidad, que el Consejo Universitario aprobó el 21 de enero de 1935. En ella, se estipuló la existencia de cuatro Corporaciones Universitarias fundamentales: la Facultad de Filosofía y Bellas Artes, la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas y la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM).⁴⁶

Ésta última estaría compuesta por dos unidades de trabajo docente, la ENI y la Escuela Nacional de Ciencias Químicas (ENCQ), además de una unidad facultativa de investigación y preparación para la enseñanza: el Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas (DCFM).⁴⁷ Asimismo, en la Universidad habrían once Grupos de Consulta y Coordinación de Estudios, entre los cuales se encontrarían el de Ciencias Exactas, el de Ciencias Físicas y el de Asignaturas Específicas de Ingeniería.⁴⁸

La autoridad superior de la FCFM era el Decano, a la vez Director de la Escuela Nacional de Ingenieros y Jefe del Departamento de Ciencias; en 1935 fue Ignacio Avilez Serna (1890-1962). Por otro lado, los Jefes de Grupo de Ciencias Exactas, Ciencias Físicas e Ingeniería fueron Valentín Gama, Basiliso Romo y Monges López, respectivamente.⁴⁹

Como se puede constatar en los planes de estudio de la FCFM de la Universidad Nacional de México, en 1935 el DCFM, que se estableció en algunos salones del Palacio de Minería,⁵⁰ ofrecía el grado de Maestro en Ciencias Físicas y Matemáticas. También ofrecía estudios físico-matemáticos para Profesor en Escuelas Preparatorias y para Profesor en Escuelas Secundarias o Normales. Todos ellos pedían como único requisito el Bachillerato en Ciencias Físicas y Matemáticas y contaban con tres opciones de especialidad: Matemáticas, Física (véase Tabla A1.4.1) y Química. En el caso de las series de estudios para profesores, al ser complementados por otros estudios en la Facultad de Filosofía y Bellas Artes, permitían ser acreedor al grado de Maestro en Ciencias de la Educación.⁵¹

Es importante señalar que dicho plan de estudios de Maestro en Ciencias Físicas

⁴⁵ –Historia de la Facultad de Ciencias (III)”, p. 47; Eugenio Ley-Koo, –Sesenta años de ciencias físico-matemáticas en la Universidad Nacional Autónoma de México”, p. 263.

⁴⁶ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 3 y 4 bis.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 4 bis.

⁴⁸ *Loc. cit.*

⁴⁹ *Ibid.*, pp. 4 y 5.

⁵⁰ Gabriel Auvinet Guichard, *Doscientos años en la historia de la ingeniería en México*, p. 30.

⁵¹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 3.

constituyó la primera carrera de físico creada en México.⁵²

En mayo de 1935, para cuando la Sección de Ciencias de la FFyL ya había dejado de existir,⁵³ se había aprobado también el otorgamiento del grado de Doctor en Ciencias Físicas y Matemáticas, pero había quedado pendiente la determinación de los requisitos para obtenerlo.⁵⁴

Por su parte, la ENCQ, que había sido inaugurada en 1916 como Escuela Nacional de Industrias Químicas,⁵⁵ otorgaba los grados de ingeniero químico, químico, químico farmacéutico biólogo y ensayador metalurgista.⁵⁶

Un buen número de cursos de los estudios de maestro en ciencias físicas, de profesor en escuelas preparatorias y de profesor en escuelas secundarias y normales (en el área de física) eran también obligatorios para estudiantes de la ENI.

Había también cursos que no pertenecían al plan de estudio de alguna carrera de ingeniería, aunque en ciertos casos pertenecían también a estudios de otras carreras. Éstas eran: Trigonometría Rectilínea y Esférica, Introducción al Análisis Matemático y Análisis Vectorial (que eran obligatorias también para los estudiantes especializados en matemáticas del Departamento); Química Inorgánica (obligatoria para los profesores de química tanto en escuelas preparatorias como en secundarias y normales); Español; Inglés; Francés o Alemán; Idiomas, y Filosofía, Literatura o Ciencias Naturales (obligatorias para todos los aspirantes al grado de Maestro en Ciencias o de Profesor de Escuelas Preparatorias); Ecuaciones Diferenciales (ciclo superior) (obligatoria para los Maestros en Ciencias Matemáticas). Además de éstas, materias propiamente de física: Laboratorio de Física (obligatoria para los profesores de química y para los alumnos de la ENCQ), Historia de la Física, Mecánica General, Medidas Físicas e Introducción a la Física Teórica.⁵⁷

Al inicio de 1935 se reportaban doce materias de estudios superiores en el DCFM con alumnos inscritos, de las cuales diez eran de matemáticas y sólo dos de física. Estas eran Introducción a la Física Teórica, 1° y 2°, impartidas ambas por Alfredo Baños.⁵⁸

⁵² Plascencia Gaspar *et al.*, *op. cit.*, p. 155.

⁵³ Ramos Lara, *op. cit.*, 2005, p. 144.

⁵⁴ AHPM, 1935, VI-530, exp. 36, p. 3.

⁵⁵ Andoni Garritz Ruiz, —“La educación de la química en México en el siglo XX”, p. 112.

⁵⁶ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 4.

⁵⁷ *Ibid.*, pp. 9-18 y 11 bis.

⁵⁸ —“Cuerpo docente del Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas para el año de 1935”, AHPM, 1935,

Sin que se tenga constancia de que en efecto se impartió el curso, el laboratorio de física tenía asignado al profesor Antonio Hernández Rodríguez (nacido en 1889),⁵⁹ que había estudiado en la ENI entre 1913 y 1914. Este profesor dio clases entre 1915 y 1946 en la ENP, donde fue nombrado profesor emérito en 1967. Fue también profesor del laboratorio de física y química en la ENCQ de 1921 a 1946. Trabajó también en la Escuela de Educación Física, en la Escuela de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y en el Colegio Militar. Fue jefe de la División de Física y Química y encargado del Laboratorio Industrial y Experimental de la Secretaría de Guerra y Marina.⁶⁰

En 1936 desaparecieron las Jefaturas de Grupo y Monges López fue nombrado Jefe del DCFM. Desde este puesto gestionó la transformación del Departamento en Escuela, lo cual quedó plasmado en el *Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma de México*, aprobado por el Consejo Universitario ese mismo año. Aquí se contempló la existencia de una Facultad de Ingeniería y Ciencias Físicas y Matemáticas integrada por la Escuela Nacional de Ingeniería, la Escuela Nacional de Ciencias Químicas y la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas (ENCFM), instancia en la que se transformó el DCFM.⁶¹

La ENCFM quedó bajo la dirección de Monges López y permaneció en el Palacio de Minería.⁶² Contó con cuatro departamentos: Física, Matemáticas, Química y Geología. En esta Escuela se empezaron a ofrecer por separado las carreras de física y matemáticas.⁶³

No se dispone de información acerca de los cursos de 1936, y de 1937 sólo se sabe que contaban con alumnos los cursos de Hidrodinámica, de Elasticidad y de Mecánica de Suelos, que estaban clasificados bajo el rubro de Cursos para Posgraduados.⁶⁴

En 1938 se establecieron en la ENCFM veinticinco cursos, entre los cuales había una diversidad notable. Así, había materias tan variadas como Geometría Proyectiva, Química Orgánica, Dibujo e Interpretación de Cartas Geológicas, Petrología y Estratigrafía.

VI-530, exp. 44.

⁵⁹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 31 y 32.

⁶⁰ "Hernández Rodríguez, Antonio", en *100 Años UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 1910-2010*, en <http://www.100.unam.mx/images/stories/universitarios/dhc/PDF/hernandez-rodriguez-antonio.pdf>, consultado el 6 de julio de 2013.

⁶¹ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, p. 343; José Blanco, "Nudos problemáticos de la Universidad", p. 44; "Historia de la Facultad de Ciencias (III)", p. 47.

⁶² Plascencia Gaspar *et al.*, *op. cit.*, p. 161.

⁶³ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 263.

⁶⁴ AHPM, 1937, IX-553, exp. 11.

También se encontraban el segundo curso de Elasticidad, a cargo de Nabor Carrillo, el primer curso de Introducción a la Física Teórica, impartido por Alfredo Baños, Historia de la Física, con Valentín Gama, y Relatividad, a cargo del profesor Antonio Suárez (que falleció en 1941),⁶⁵ que también fue profesor de la ENI, de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) y de la Escuela Nacional de Agricultura.⁶⁶

4.5. La Facultad de Ciencias

En diciembre de 1937, Monges López, entonces director de la ENCFM dirigió un oficio al rector Luis Chico Goerne (1892-1960) proponiéndole la creación de una Escuela Nacional de Investigación Científica, además de un Instituto de Investigaciones Físicas.⁶⁷ El estatuto de la Universidad de 1938, consideró ya la existencia de la Escuela propuesta por Monges con el nombre de Facultad de Ciencias (FC).⁶⁸

La FC se contempló como una institución compuesta por siete departamentos, cada uno de los cuales estaría asociado a un instituto de investigación, cuyo director estaría encargado también del departamento respectivo en la Facultad. El Consejo Universitario aprobó este proyecto en 1938 y la FC inició actividades en 1939. Monges López fungió como director nuevamente.⁶⁹

Así, la FC se dividió en sus primeros años de existencia en los Departamentos de: Matemáticas, Física, Química, Biología, Geología, Geografía y Astronomía.⁷⁰ Los primeros dos se instalaron en el Palacio de Minería,⁷¹ a diferencia del de biología, ubicado en un edificio de la calle de Ezequiel Montes.⁷²

El Departamento de Matemáticas, especialidad del primer graduado de la FC,⁷³ comenzó con nueve profesores; el de química, con cuatro; el de Biología, diecisiete;

⁶⁵ "Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas. Horarios para el año de 1938", AHPM, 1938, VI-559, exp. 6.

⁶⁶ Andrés Ortiz Morales, *De la ciencia aplicada a la investigación científico-tecnológica: la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN (1935-1961)*, p. 141.

⁶⁷ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 264.

⁶⁸ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, p. 391; Julián Adem, *op. cit.*, p. 43.

⁶⁹ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 265.

⁷⁰ "Historia de la Facultad de Ciencias (III)", p. 48.

⁷¹ *Ibid.*, p. 266.

⁷² *La Facultad de Ciencias y tú*, p. 10.

⁷³ Francisco Javier Cepeda Flores, *El Prometeo en México. Raíces sociales y desarrollo de la Facultad de Ciencias, UNAM. 1867-1980*, p. 310.

Geología, ocho; Geografía, cuatro; Astronomía, dos.⁷⁴

Por su parte, el Departamento de Física contaba con cinco profesores: Alfredo Baños en Física Atómica y en Introducción a la Física Atómica;⁷⁵ Manuel L. Perrusquía Camacho, de Electrónica; Valentín Gama, en Historia de la Física; Nabor Carrillo, en Elasticidad; Antonio Romero Juárez, como Ayudante de Física. Este último, apenas dos años antes cursaba el segundo año de la carrera de ingeniero topógrafo en la ENI.⁷⁶ Había además una plaza vacante.⁷⁷

Manuel L. Perrusquía había estudiado ingeniería en Estados Unidos con una beca del gobierno carrancista. Fue inspector de radio de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas y el primer mexicano en obtener una comunicación transoceánica. Tramitó dos solicitudes de patente, una de un sistema de televisión a colores y otra sobre televisión estereoscópica.⁷⁸

Este profesorado está de acuerdo con el plan de estudios de 1939 (véase Tabla A1.5.1), pero sólo en cierta medida, puesto que no hay profesores asignados a los cursos de Física (los que tenían ese nombre) ni a los Laboratorios de los dos primeros años de la carrera, además de que la materia de Elasticidad no era obligatoria.

Cabe destacar que además de las materias contempladas en dicho plan de estudios, el alumno debía aprobar los cursos de filosofía de la educación, psicología de la educación y psicología de la adolescencia en la FFyL.⁷⁹

En 1941 el Consejo Universitario aprobó nuevos planes de estudios tanto para Maestro como para Doctor en Ciencias Físicas (véase Tabla A1.5.2). Dicho plan de Maestría presentó algunos cambios con respecto al anterior y permaneció con pocas modificaciones hasta 1945.⁸⁰

También en 1941 se elaboró un reglamento de la FC, que aceptó que los alumnos

⁷⁴ —Nómina de la Facultad de Ciencias por la primera quincena de noviembre de 1939”, AHPM, 1939, X-574, exp. 17, pp. 1-3.

⁷⁵ María Estela Navarro Robles, *Antecedentes de la investigación y de los altos estudios de física y matemáticas en México (fines del siglo XIX principios del siglo XX)*, p. 155.

⁷⁶ —Lista de alumnos inscritos en la Escuela Nacional de Ingenieros en el año de 1937”, AHPM, 1937, VIII-552, exp. 19, p. 9.

⁷⁷ —Nómina de la Facultad de Ciencias por la primera quincena de noviembre de 1939”, AHPM, 1939, X-574, exp. 17, pp. 1-3.

⁷⁸ Rosalía Velázquez Estrada, —Enacimiento de la radiodifusión mexicana”, p. 144.

⁷⁹ Plascencia Gaspar *et al.*, *op. cit.*, p. 164.

⁸⁰ *Ibid.*, pp. 166 y 167.

que hubieran terminado en la ENI el tercer año de las carreras de ingeniero civil, mecánico electricista, municipal, petrolero o de minas, se pudieran inscribir a las Maestrías en Ciencias Físicas y Matemáticas, caso en el que se les consideraría como acreditados los dos primeros años de dichas maestrías.⁸¹

A tres años de fundada la Facultad se consideró adecuado separar de esta entidad los estudios que no tuvieran carácter exclusivamente científico. Así, se pasaron los estudios de geólogo a la ENI y los de geografía a la FFyL.⁸²

Con el tiempo, la FC fue adquiriendo un perfil distinto al de la ENI. Por ejemplo, en 1943 se aprobó un reglamento que creó la posición de profesor universitario de carrera en la FC, así como en las Escuelas de Iniciación Universitaria y Nacional Preparatoria y en la FFyL. Normalmente, los profesores de carrera impartirían clases sólo en materias de una especialidad. Además, deberían cooperar en el buen funcionamiento y administración de la Universidad.⁸³ Los profesores de carrera estarían consagrados a las labores académicas y podrían desplazarse progresivamente en un esquema de cinco escalafones entre la denominación de profesor adjunto y la de profesor emérito. A este último tipo de profesor le correspondería la máxima remuneración asignable a un profesor universitario.⁸⁴

En 1946 se creó en la UNAM la Escuela de Graduados, con lo que la FC se quedó sólo con los estudios profesionales, que para entonces —en el caso de la física— estarían divididos en los de físico teórico y los de físico experimental. La Escuela de Graduados (que desapareció en 1957) incorporaría a los estudiantes de maestría y doctorado.⁸⁵

Ese mismo año Monges López presentó su renuncia al puesto de Director de la FC. Las razones las expuso en el informe que presentó al Consejo Técnico de la Facultad de Ciencias, en su sesión del 11 de octubre de 1946: ~~ha~~ concluido mi labor, ya que actualmente contamos con Matemáticos, Físicos y Biólogos de la más alta categoría y en la Escuela [de Graduados] con Doctores en Ciencias en casi todas sus especialidades, quienes están plenamente capacitados para regir los destinos de la Facultad y de la Escuela”.⁸⁶

Durante sus años al frente de la ENCFM y de la FC, Monges López visitó las

⁸¹ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 159.

⁸² ~~Historia de la Facultad de Ciencias (III)~~”, p. 48.

⁸³ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, vol. II, pp. 506 y 511.

⁸⁴ *Ibid.*, pp. 506-508 y 512.

⁸⁵ Plascencia Gaspar *et al.*, *op. cit.*, p. 168.

⁸⁶ ~~Historia de la Facultad de Ciencias (III)~~”, p. 48.

universidades más importantes de los Estados Unidos para informarse acerca de sus modos de operación, invitó a profesores a impartir conferencias y gestionó becas en el extranjero para los alumnos destacados.

Pero la labor de Monges López, que además había sido presidente de la Sociedad Científica —Antonio Alzate⁸⁷ y de la Sociedad para el Progreso de la Ciencia en México⁸⁸ en la década de 1930, no se limitó a esto. En 1942, todavía ocupando la Dirección de la FC, se encargó, por invitación del Secretario de Educación Pública Octavio Vejar Vázquez (1900-1974), del Departamento de Enseñanza Técnica, desde donde fundó la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (que posteriormente sería la base para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), de la cual fue presidente.⁸⁹ En esa misma época organizó el Consejo Consultivo de la Investigación Científica, antecedente del Consejo Técnico de la Investigación Científica de la UNAM.⁹⁰

Aprovechó la ocasión de la discusión del estatuto universitario de 1945 para promover la creación del Instituto de Geofísica. Aunque permaneció como director de la FC hasta 1947,⁹¹ en octubre de 1946 fue nombrado Director del Instituto de Geología, en el que se desempeñaría como investigador en temas de vulcanología y petrología y desde donde comenzó a organizar las actividades que tendría el nuevo Instituto de Geofísica, que empezaría a operar en 1949.⁹² Este instituto comenzó a funcionar bajo la dirección de Monges López, que a partir de entonces tuvo una intensa participación en proyectos científicos internacionales, aun después de su retiro del Servicio Activo de la Universidad en 1964.⁹³

4.6. Los estudiantes

Los estudios especializados en física y matemáticas contaron con alumnos desde la creación del DCFM. La lista de alumnos inscritos en la ENI de 1935 consigna a una

⁸⁷ Héctor Cruz Manjarrez, *El desarrollo de la física en México*.

⁸⁸ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 96.

⁸⁹ Julián Adem, *op. cit.*, p. 45.

⁹⁰ Cruz Manjarrez, *op. cit.*, pp. 37 y 37.

⁹¹ Cepeda Flores, *El Prometeo en México. Raíces sociales y desarrollo de la Facultad de Ciencias, UNAM. 1867-1980*, p. 301.

⁹² *Nuestros Eméritos*, p. 282; Julián Adem, *op. cit.*, pp. 44 y 45.

⁹³ Julián Adem, *op. cit.*, p. 45.

estudiante en la carrera de profesora, a seis mujeres y once hombres en la de maestro (sin especificar especialidad), a uno en la carrera de profesor de matemáticas y a dos en la de maestro en ciencias físicas y matemáticas. Estos últimos eran Carlos Graef Fernández (1911-1988) y Alberto Barajas Celis (1913-2004), quien estaba también inscrito en ingeniería civil.⁹⁴ Ellos dos se convertirían en importantes figuras en el desarrollo de las ciencias físico-matemáticas en México.

Graef se había inscrito a la ENI en 1929, antes de tener la oportunidad de estudiar en Alemania por cerca de dos años. En 1931 había vuelto a inscribirse en la ENI,⁹⁵ donde estudió hasta 1934, aunque no se tituló. Estudió también en la ENCFM hasta 1937, año en que comenzó sus estudios de doctorado en física en el MIT, que realizó bajo la dirección de Manuel Sandoval Vallarta, gracias a una beca de la John Simon Guggenheim Memorial Foundation. Un año después de su regreso, en 1941, se incorporó como profesor a la Facultad de Ciencias, donde impartió, entre otras, las materias de Introducción a la Física Teórica, Teoría de la Relatividad, Termodinámica y Teoría Cinética y Métodos Matemáticos de la Física Teórica.⁹⁶ Trabajó en la teoría de los rayos cósmicos y en una formulación matemática alternativa de la relatividad general con el estadounidense George David Birkhoff (1884-1944).⁹⁷ Ocupó la dirección del Instituto de Física (IF) (1945-1957) y de la FC (1957-1959).⁹⁸

Sobre esos tiempos de mediados de la década de 1930, Francisco Cepeda refiere la siguiente cita de Carlos Graef: —Sí, había muchos ingenieros que querían profundizar, pero personas que querían seguir la carrera de físico-matemático, que era lo que nos hubieran dado de título si terminábamos, éramos dos: Alberto Barajas y yo. Fuimos los primeros alumnos”. Sobre los ingenieros, Graef afirmaba: —Claro que ellos sentían la necesidad de que hubiera, de que se cultivara la física y las matemáticas de alto nivel teórico, para tener

⁹⁴ —Ista de alumnos de la Escuela de Ingeniería, inscritos el año de 1934”, AHPM, 1935, VII-531, exp. 33, pp. 1 y 3-8. Probablemente haya un error en el año del título: el documento está fechado en junio de 1935. Otro documento (—Ista de alumnos de la Escuela de Ingeniería inscritos en el año de 1935”, AHPM, 1935, VII-530, exp. 39, pp. 2 y 4), que parece ser un borrador, también los incluye como inscritos, pero en la carrera de Profesor de Matemáticas. Ver también Eugenio Ley-Koo, *op. cit.*, p. 263.

⁹⁵ Max Neumann y Patricia Saavedra, —Una conversación con Alberto Barajas el hacedor de sueños”, p. 34.

⁹⁶ Navarro Robles, *op. cit.*, pp. 161 y 163.

⁹⁷ Ramos Lara, *op. cit.*, 2005, p. 146; Eugenio Ley-Koo, *op. cit.*, pp. 265 y 266; Miguel José Yacamán, —Carlos Graef-Fernández”, p. 103.

⁹⁸ Candelario Pérez Rosales, *Física al amanecer*, p. 24.

ellos dónde consultar”.⁹⁹

Alberto Barajas se inscribió a la ENI en 1932 para estudiar ingeniería civil.¹⁰⁰ Obtuvo los grados de maestro (1942) y doctor (1957) en Ciencias Matemáticas en la FC. Entre 1944 y 1945 trabajó también con Birkhoff. Se destacó como profesor de teoría de números y de geometría en la FC. Realizó sus principales trabajos en esta última rama de las matemáticas y en la teoría de la gravitación. Fue director de la FC (1947-1957)¹⁰¹ en sustitución de Monges López.¹⁰²

Para 1937, entre los alumnos inscritos en la entidad sucesora del DCFM, la ENCFM, estaban Óscar Vega Argüelles, Gabriel Oropeza Mendoza, Carlos Lezama Gutiérrez y Ricardo Arroyo Rodríguez, todos ellos titulados como ingenieros en la ENI recientemente.¹⁰³ Estaban inscritos en materias de física aplicada.¹⁰⁴

Fernando Alba Andrade (nacido en 1919) se inscribió a la carrera de ingeniero civil de la ENI en 1937.¹⁰⁵ Por esos años, las materias de los primeros años de las carreras de ingeniería eran también las de los primeros años de las carreras de física y matemáticas.¹⁰⁶ Alba Andrade se inscribió entonces en la carrera de física¹⁰⁷. Obtuvo en 1943 su título de maestro en ciencias físicas y se convirtió así en el primer egresado del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias,¹⁰⁸ así como en el primer Maestro en Ciencias Físicas graduado en el país,¹⁰⁹ con una tesis dirigida por Graef.¹¹⁰ Cabe destacar que en los primeros años de la década de 1940 no había ningún grado académico intermedio entre bachiller y maestro, es decir, no había una licenciatura.¹¹¹

Alba fue uno de los fundadores del Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas, al incorporarse como ayudante. Más tarde, en 1956, se convertiría en el primer Doctor en

⁹⁹ Cepeda Flores, “Testimonios de la génesis de la Facultad de Ciencias”, p. 19.

¹⁰⁰ Víctor Neumann-Lara (editor), *Alberto Barajas. Su oratoria, sus matemáticas y sus enseñanzas*.

¹⁰¹ Neumann-Lara (editor), “Nuestro maestro: Dr. Alberto Barajas Celis”, pp. 3 y 5.

¹⁰² Raúl Domínguez Martínez, *Historia de la física nuclear en México. 1933-1963*, p. 90.

¹⁰³ Ramos, *et al. op. cit.*, p. 47, 54, 57 y 61.

¹⁰⁴ AHPM, 1937, IX-553, exp. 11.

¹⁰⁵ “Lista de alumnos inscritos en la Escuela Nacional de Ingenieros en el año de 1937”, AHPM, 1937, VIII-552, exp. 19, p. 1.

¹⁰⁶ Fernando Enrique Prieto Calderón, “El despertar de una vocación y el ejercicio de una carrera”, p. 411; Marcos Moshinsky, “Wencias de Marcos Moshinsky”, p. 35.

¹⁰⁷ Fernando Alba Andrade, “Mi vida y mi obra”, p. 25.

¹⁰⁸ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 269.

¹⁰⁹ Alba Andrade, *op. cit.*, p. 28.

¹¹⁰ Adriana Minor García, *El Instituto de Física y sus prácticas: 1939-1955*, 2009, p. 72.

¹¹¹ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 90.

Física graduado en México,¹¹² también en la UNAM.¹¹³ Impartió clases en la ENI, en la ESIME y en el Colegio Militar. En la FC era ya profesor (interino) de Introducción a la Física Teórica 2º en 1944, año en el que el Departamento de Física contaba con nueve profesores.¹¹⁴ Alba fue designado investigador titular en el IF en 1945 y recibió entrenamiento a principios de la década de 1950 en el MIT sobre las investigaciones que se realizan con los aceleradores Van de Graaff. Alba fue nombrado director del IF (y por lo tanto jefe del Departamento de Física de la FC)¹¹⁵ después de Graef, en 1958, y ocupó el cargo por trece años.¹¹⁶ En 1970 tomó el cargo de Coordinador de la Investigación Científica.¹¹⁷ Se le reconoce por sus contribuciones a la física experimental en México.¹¹⁸

Marcos Moshinsky Borodiansky (1921-2009), nacido en Kiev y que vivía en México desde 1927, se inscribió en 1940 a las carreras de física y de matemáticas en la FC. En 1942 ocupó el puesto de Fernando Alba como ayudante en el IF, puesto que éste había dejado al irse a trabajar al Observatorio de Tonanzintla junto con Carlos Graef.¹¹⁹ Al año siguiente de Fernando Alba, es decir, en 1944, Moshinsky obtuvo su título (también de maestro) con una tesis dirigida por Manuel Sandoval Vallarta y posteriormente hizo su maestría y doctorado en la Universidad de Princeton.¹²⁰ Regresó a México en 1949 a retomar sus actividades en el IF. Fue profesor en la FC e hizo numerosas contribuciones en las áreas de la física nuclear teórica y la física matemática.¹²¹

Alba Andrade y Moshinsky estudiaron teoría de la elasticidad con Nabor Carrillo, con Carlos Graef mecánica clásica y relatividad, con Alfredo Baños física teórica y física atómica.¹²² Moshinsky, al igual que Fernando Alba, se incorporó al IF desde sus años de estudiante.¹²³

Para 1940 la FC contaba con 116 alumnos, de los cuales sólo 5 estaban inscritos en la Maestría en Ciencias Físicas. La UNAM tenía entonces una población total de 17 090

¹¹² Alba Andrade, *op. cit.*, pp. 25 y 28.

¹¹³ Esbaide Adem, "Prólogo", p. 11.

¹¹⁴ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 168.

¹¹⁵ Javier Miranda, "Semblanza", p. 17.

¹¹⁶ Jorge Flores y Matías Moreno, "La física en la UNAM", p. 62.

¹¹⁷ Alba Andrade, *op. cit.*, pp. 28 y 29.

¹¹⁸ Esbaide Adem, *op. cit.*, p. 12.

¹¹⁹ Marcos Moshinsky, "Mi vida", pp. 15 y 18.

¹²⁰ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 269.

¹²¹ Moshinsky, *op. cit.*, pp. 23, 31 y 32.

¹²² Ley-Koo, *op. cit.*, p. 266.

¹²³ *Ibid.*, p. 266.

alumnos.¹²⁴ Cinco años después la FC tenía 115 alumnos y 71 plazas docentes, mientras que la matrícula de las facultades y escuelas profesionales de la UNAM llegaba a 17 413 estudiantes. Ese año, los estudios de maestría en física sólo contaban con tres alumnos, y los de doctorado, con uno, lo que indica que el proceso de captación de alumnos de física fue lento. Todavía para entonces, cursos como el laboratorio de física se llegaban a cancelar por falta de alumnos. Sin embargo esta situación se fue remediando: para 1948 ya había veintiún inscritos.¹²⁵

El tercer titulado en física, Fernando Enrique Prieto Calderón (fallecido en 2003),¹²⁶ se graduó en 1948. Prieto cursó hasta el tercer año de la carrera de ingeniero civil, aunque sólo los dos primeros coincidían para entonces con los de física. Su tesis (con la que recibió el título de licenciado)¹²⁷ fue dirigida por Carlos Graef.¹²⁸ Se incorporó al IF en 1948¹²⁹ y fue Director de la FC, donde también fue profesor, de 1965 a 1969.¹³⁰

Entre 1939 y 1960 se titularon en física veintitrés alumnos. Marcos Moshinsky dirigió la tesis de doce de estos alumnos.¹³¹

4.7. La investigación en física

Ya desde 1934, el Consejo Universitario había establecido una (corta) partida para iniciar la formación de varios institutos, entre los cuales se encontraba el de física.¹³² Más tarde, el estatuto de 1936 estableció que la Universidad realizaría “su misión de contribuir al enriquecimiento de la cultura por medio de cuatro institutos”, uno de los cuales sería el de Geología, Astronomía e Investigaciones Físico-Químicas.¹³³

Para este instituto se consideraba un vasto programa de labores, que incluía temas como “la radiación cósmica, la relatividad, la física atómica, a más de importantísimos de utilidad práctica inmediata, como la investigación de materiales de construcción, de

¹²⁴ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 156.

¹²⁵ Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 88 y 91.

¹²⁶ Gustavo Ayala y Leticia Olvera, “Divulgar la ciencia como vocación”, p. 11.

¹²⁷ “Historia de la Facultad de Ciencias (I)”, p. 40.

¹²⁸ Fernando Enrique Prieto Calderón, “El despertar de una vocación y el ejercicio de una carrera”, p. 412.

¹²⁹ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 88.

¹³⁰ Claude Thions y Achim M. Loske, “Sobrelanza del doctor Fernando Enrique Prieto Calderón”, p. 418.

¹³¹ Ramos Lara, “Las primeras mujeres graduadas en física en la UNAM”, p. 18.

¹³² Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 41.

¹³³ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, vol. I, p. 342.

productos de aplicación industrial, extraídos de especies, de los métodos de extracción de dichos productos, etc.”. Se decía que los resultados de estas investigaciones serían empleados, con la colaboración de las autoridades federales y locales, para llevar a la práctica las soluciones que ameritaran los problemas físico-químicos de las regiones que fueran siendo objeto de estos estudios.¹³⁴ Sin embargo, no se tiene noticia de trabajo alguno que se haya realizado en este instituto.

Al año siguiente, Luis Chico Goerne solicitaba al Presidente de la República la autorización de un presupuesto para otorgar estímulos económicos a estudiantes y a científicos destacados, argumentando que:

una verdad, aunque dolorosa, pero evidente, es el estado de raquíca inferioridad en que vive y se desarrolla entre nosotros la cultura superior, sin que ello quiera decir que falten en México capacidades brillantes, hombres y obras intelectuales de categoría universal, tanto más estimables cuanto que se producen en medio de la miseria, de la indiferencia y del desamparo: pero con reconocer esa verdad sí se pretende subrayar que esos grandes hombres de la ciencia y del arte existen en tan pequeño número y trabajan en tal pobreza y con tantas limitaciones, que su influencia benéfica en realidad no se hace sentir en el país. Nuestros centros de educación superior producen técnicos y profesionistas en estimable cantidad; pero no verdaderos hombres de ciencia dedicados por enteros a la investigación y al saber, creadores, en suma.¹³⁵

En este orden de ideas, a principios de 1938, en respuesta a la proposición que había hecho Monges López, se estableció (también en el Palacio de Minería)¹³⁶ el llamado Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas con Alfredo Baños como director. El proyecto original del Instituto contemplaba la creación de tres departamentos (Física, Matemáticas y Físico-Química). El Departamento de Física de este Instituto tendría ocho secciones, algunas de ellas relacionadas estrechamente con la ingeniería, como la de Hidrodinámica y Electricidad (que colaboraría con la Comisión Nacional de Irrigación) y la de Mecánica de Suelos. Sin embargo, en un principio sólo se estableció la sección de radiación cósmica

¹³⁴ “Notas”, *Universidad*, febrero de 1936, p. 50.

¹³⁵ “Proposición en favor de los hombres de ciencia”, *Universidad*, diciembre de 1937, p. 41.

¹³⁶ Adriana Minor García, “El acelerador Van de Graaff mexicano. Entre el internacionalismo científico de la posguerra, la modernización y la consolidación de la física en México”, 2011, p. 3.

teórica.¹³⁷

La planta original de este instituto estuvo compuesta por Héctor Uribe Martínez (profesor de física de la ENI) y Manuel L. Perrusquía (además del propio Baños) como investigadores. Jaime Lifshitz Gaj (1914-1959) y Fernando Alba se incorporaron como ayudantes.¹³⁸

Lifshitz nació en Kiev y llegó a México en 1928. Estudió en la ESIME y después en la FC. En 1941 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias Matemáticas. Fue también profesor del Departamento de Matemáticas de la FC. Hizo investigaciones en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y en la Universidad de Harvard trabajó con Birkhoff (1884-1944).¹³⁹ Trabajó en el IF más de cinco años.¹⁴⁰

Desde entonces fue importante la influencia del notable físico Manuel Sandoval Vallarta, quien trabajaba en el MIT pero visitaba México cada verano¹⁴¹ y mantenía contacto con los estudios de física y matemáticas que se hacían en México. Sandoval Vallarta, alumno de Sotero Prieto y de Juan Mansilla y Río en la ENP, obtuvo su doctorado en el MIT en 1924. En 1927 fue becado para estudiar en la Universidad de Berlín. A su regreso al MIT, en 1929, se le nombró profesor ayudante.¹⁴² Entre 1943 y 1946 dividió su tiempo entre el MIT y diversas instituciones mexicanas. En 1946 decidió establecerse permanentemente en la Ciudad de México. Impartió algunos cursos en la UNAM y en el IPN. Fue presidente de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (1943-1951) y del Instituto Nacional de la Investigación científica (1951-1963).¹⁴³

En un principio, el Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas se ocupó únicamente del estudio de los rayos cósmicos, tema del interés de Sandoval Vallarta, quien había dirigido los estudios de doctorado de Baños en el MIT, que habían sido precisamente sobre radiación cósmica.¹⁴⁴ De hecho, uno de los primeros trabajos del instituto sería la construcción de un detector de rayos cósmicos en el Palacio de Minería. Con resultados

¹³⁷ Minor García, 2009, *op. cit.*, pp. 43 y 44.

¹³⁸ Alba Andrade, *op. cit.*, p. 25.

¹³⁹ "Jaime Lifshitz Gaj", p. 135.

¹⁴⁰ Minor García, 2009, *op. cit.*, pp. 87 y 88.

¹⁴¹ Flores y Moreno, *op. cit.*, p. 61.

¹⁴² Alfonso Mondragón, "La obra científica de Manuel Sandoval Vallarta", pp. 14, 15 y 18.

¹⁴³ Moshinsky, Marcos, "Un precursor: Manuel Sandoval Vallarta", pp. 44, 54 y 55.

¹⁴⁴ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 43.

obtenidos con este detector, Alfredo Baños publicaría en 1941 el primer artículo de investigación en física realizado en México, publicado en la Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura: “Análisis estadístico de coincidencias de rayos cósmicos”.¹⁴⁵ La sección de Radiación Cósmica existió en el IF por más de quince años.¹⁴⁶

El estatuto de la Universidad de 1938 incluyó al Instituto de Física entre los institutos en los que se llevaría a cabo la investigación científica en la Universidad, con lo que el Instituto que existía redujo su campo de trabajo.¹⁴⁷ Al año siguiente comenzó a funcionar, permaneciendo en el Palacio de Minería,¹⁴⁸ y Baños continuó como director.¹⁴⁹ El Instituto de Matemáticas no se podría fundar inmediatamente, sino hasta 1942.¹⁵⁰

El origen del IF estuvo enmarcado por una política de promoción de los estudios técnicos superiores llevada a cabo por el presidente Lázaro Cárdenas del Río (1895-1970), orientada al entrenamiento de los especialistas necesarios para fortalecer las actividades industriales que estimularían la economía nacional. La UNAM y el IPN (creado en 1936), fueron las instituciones más importantes en las que especialistas en diversas áreas de la ciencia trabajaron para conseguir dichos objetivos.¹⁵¹

En la nómina del IF de noviembre de 1939 aparece, además del Director Alfredo Baños, un sólo investigador: Manuel González Flores, graduado de la ENI como ingeniero civil en 1935.¹⁵² También aparecen seis ayudantes: Héctor Uribe Martínez (que trabajó en el IF hasta 1943),¹⁵³ Manuel L. Perrusquía, Jaime Lifshitz, Pedro Zuloaga y José Hernández Prieto.¹⁵⁴

En 1939 Alfredo Baños asistió como representante oficial de la Universidad y del Instituto al Congreso Científico Internacional de Rayos Cósmicos, organizado por la Universidad de Chicago. Ahí presentó el trabajo “Órbitas periódicas estables en la teoría de radiación cósmica primaria”, el cual daba cuenta de las actividades que se llevaban a cabo

¹⁴⁵ Alba Andrade, *op. cit.*, p. 26.

¹⁴⁶ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 63.

¹⁴⁷ Quintana Adriano y Valadés (coords. generales), *op. cit.*, vol. I, p. 392.

¹⁴⁸ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 266.

¹⁴⁹ *Ibid.*, pp. 264 y 265.

¹⁵⁰ *Ibid.*, p. 267.

¹⁵¹ Ramos Lara, “The American Influence on the Origins of Nuclear Physics in Mexico”, p. 761.

¹⁵² Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 53.

¹⁵³ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 76.

¹⁵⁴ “Nómina del Instituto de Física por la primera quincena de noviembre de 1939”, AHPM, 1939, X-574, exp. 17, p. 1.

en México sobre ese tema.¹⁵⁵

Ese mismo año comenzó a funcionar en el IF la Sección de Mecánica de Suelos, como resultado de gestiones de José A. Cuevas y con el apoyo de su profesor de doctorado, Arthur Casagrande (1902-1981), destacado profesor de Harvard con quien también Nabor Carrillo estudió su doctorado. Esta sección contó con un laboratorio costado por la Universidad de Harvard y cuyo montaje estuvo a cargo de Manuel González. Esta sección y su laboratorio se trasladaron a la ENI en 1942.¹⁵⁶

En 1941 ingresó al IF Leopoldo Nieto Casas, quien se había inscrito en 1937 a la carrera de ingeniero civil de la ENI,¹⁵⁷ en la que más tarde se titularía.¹⁵⁸ Fue alumno también de la FC y estudió Mecánica Cuántica y Métodos Matemáticos de la Física con Carlos Graef, quien lo recomendó para que ingresara al IF.¹⁵⁹ Nieto Casas obtuvo una beca de la Rockefeller Foundation para estudiar en el MIT¹⁶⁰ en la especialidad de Mecánica de Suelos. Años después, trabajó en el IF en cuestiones de rayos X y de física nuclear experimental.¹⁶¹ También en 1941, Graef Fernández entró a trabajar al IF.¹⁶²

Al año siguiente, año en que Moshinsky entró al IF, se incorporó también el reconocido físico español Blas Cabrera (1878-1945),¹⁶³ quien instaló un laboratorio de mediciones eléctricas de precisión. Cabrera había llegado a México en 1939 como exiliado; contaba con un doctorado y había sido Director del Instituto de Física y Química de la Universidad de Madrid.¹⁶⁴ Fue profesor de Moshinsky en la FC,¹⁶⁵ donde impartió las materias de Historia de la Física, Física Atómica y Medidas Eléctricas y Laboratorio¹⁶⁶ y trabajó en el IF hasta su muerte.¹⁶⁷

En 1942, se incorporó al IF otro español exiliado con doctorado llegado a México en 1939, Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966), quien había sido catedrático de Física-

¹⁵⁵ Cruz Manjarrez, *op. cit.*, p. 40.

¹⁵⁶ Minor García, 2009, *op. cit.*, pp. 63-65.

¹⁵⁷ —Ista de alumnos inscritos en la Escuela Nacional de Ingenieros en el año de 1937”, AHPM, 1937, VIII-552, exp. 19, p. 6.

¹⁵⁸ Registro Nacional de Profesiones (consultado el 8 de julio de 2013).

¹⁵⁹ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 190.

¹⁶⁰ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 131.

¹⁶¹ Minor García, 2009, *op. cit.*, pp. 65 y 87.

¹⁶² Ley-Koo, *op. cit.*, p. 266.

¹⁶³ Minor García, 2009, *op. cit.*, pp. 67 y 88.

¹⁶⁴ Flores y Moreno, *op. cit.*, p. 61.

¹⁶⁵ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 266.

¹⁶⁶ Navarro Robles, *op. cit.*, pp. 161, 163 y 168.

¹⁶⁷ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 70.

Matemática en la Universidad Central de Madrid (donde había estudiado la licenciatura en Ciencias Físicas) y director del Observatorio Astronómico de Madrid.¹⁶⁸ Estuvo a cargo de un laboratorio de espectroscopia y óptica geométrica.¹⁶⁹ También fue profesor de la FC, de óptica geométrica y de espectroscopia.¹⁷⁰

Alfredo Baños renunció al IF en 1943 y Sandoval Vallarta quedó como encargado interino.¹⁷¹ Ese año se empieza a trabajar en el tema de gravitación en el instituto, al que entran a trabajar en esta etapa Antonio Romero Juárez (profesor de la FC de Mecánica y Calor, Electricidad y Óptica e Introducción a la Física Teórica 1^o¹⁷² que contaba con el título de Maestro en Ciencias¹⁷³), Juan Hefferan Vera (que obtuvo su título profesional como ingeniero petrolero de la UNAM),¹⁷⁴ Indalecio Gómez (como Ayudante Investigador)¹⁷⁵ y el español Juan de Oyarzabal Orueta (1913-1977).¹⁷⁶ Este último había sido marinero y vivía en México desde 1939. Justo en 1943 había iniciado sus estudios de física en la FC, donde fue profesor durante 33 años (1944-1976); se tituló en 1960 y trabajó en el IF hasta 1966.¹⁷⁷

En el mismo año de 1943, la Sociedad Mexicana de Ciencias Físicas inició sus actividades con Sandoval Vallarta como presidente y con estatutos formulados por Baños y por Héctor Uribe.¹⁷⁸

Dos años después, en 1945, ingresa una mujer al instituto, como investigadora:¹⁷⁹ Manuela Garín Pinillos,¹⁸⁰ nacida en 1914 en Cuba. Garín llegó a México en 1933 y egresó de la FC de la carrera de matemáticas, a la que entró en 1937. Según ella misma relata, en esa época los alumnos de matemáticas, que eran sólo tres,¹⁸¹ tenían que cursar en los dos

¹⁶⁸ José M. Vaquero Martínez y José M. Cobos Bueno, “Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966): una aproximación a su biografía (I)”, pp. 711, 712 y 716; José M. Vaquero Martínez y José M. Cobos Bueno, “Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966): una aproximación a su biografía (y II)” p. 203.

¹⁶⁹ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 88.

¹⁷⁰ Navarro Robles, *op. cit.*, pp. 161, 163 y 168.

¹⁷¹ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 269.

¹⁷² Navarro Robles, *op. cit.*, pp. 161 y 168.

¹⁷³ Cepeda Flores, *El Prometeo en México. Raíces sociales y desarrollo de la Facultad de Ciencias, UNAM. 1867-1980*, p. 302.

¹⁷⁴ Registro Nacional de Profesiones (consultado el 8 de julio de 2013).

¹⁷⁵ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 187.

¹⁷⁶ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 88.

¹⁷⁷ Eduardo Piña Garza, “Semblanza del profesor Juan Bautista de Oyarzabal Orueta”, pp. 251, 254 y 255.

¹⁷⁸ Cruz Manjarrez, *op. cit.*, p. 43.

¹⁷⁹ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 190.

¹⁸⁰ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 88.

¹⁸¹ Patricia Saavedra y Max Neumann, “Una pionera de la Matemática en México” (consultado el 8 de julio

primeros años de la carrera todas las materias de matemáticas y de física de la ENI.¹⁸² Más tarde daría clases de matemáticas en la ENI, en la Facultad de Ingeniería y en la FC, y en 1954 se incorporaría como investigadora al Instituto de Geofísica.¹⁸³

En 1945, Carlos Graef fue designado director del IF, cargo que iba acompañado de la jefatura del Departamento de Física de la FC.¹⁸⁴ Al año siguiente, Eduardo Díaz Lozada, ingeniero mecánico electricista egresado de la ESIME, se integró al IF en sustitución de Manuel Perrusquía como jefe de expertos. Al igual que Alba Andrade, recibió años después capacitación sobre el funcionamiento de los aceleradores Van de Graaff.¹⁸⁵ También ingresaron al IF Octavio Cano Corona, que obtuvo su título de físico en la UNAM,¹⁸⁶ y Consuelo Gómez Noriega.¹⁸⁷

Así, el IF contó con cerca de veinte investigadores y ayudantes desde el momento de su fundación y hasta 1946. Se tiene constancia de que, de éstos, ocho pasaron por las aulas de la ENI como estudiantes o profesores de materias de física.

Fue hasta 1953 que tanto el IF como parte de la FC estuvieron en el Palacio de Minería; ese año comenzó la mudanza a Ciudad Universitaria.¹⁸⁸

Como se ha visto, la investigación y la educación profesional en física estuvieron estrechamente ligadas desde que se establecieron. Por otro lado, la enseñanza de la física de la ENI y de la FC también lo estuvieron, así como las actividades de ingenieros vinculados a la ENI con el trabajo desarrollado en el IF.

Es importante tomar en cuenta a este respecto que, por su parte, la investigación en ingeniería se institucionalizó en México hasta que se creó en 1955 el Instituto de Ingeniería,¹⁸⁹ como Asociación Civil, el cual en 1956 pasaría a formar parte de la UNAM, primero como División de Investigaciones de la Escuela Nacional de Ingeniería.¹⁹⁰

de 2013).

¹⁸² Claudia Gómez Wulschner, —Eos del pasado... luces del presente. Manuela Garín”, p. 72.

¹⁸³ *Nuestros Maestros*, tomo II, pp. 163 y 164.

¹⁸⁴ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 270.

¹⁸⁵ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 108.

¹⁸⁶ Registro Nacional de Profesiones (consultado el 8 de julio de 2013).

¹⁸⁷ Minor García, 2009, *op. cit.*, p. 88.

¹⁸⁸ Ley-Koo, *op. cit.*, p. 272.

¹⁸⁹ Daniel Reséndiz Núñez, —La importancia de otros en mi contribución a la ingeniería de cimentaciones”, p. 759.

¹⁹⁰ Roger Díaz de Cossío Carbajal (editor), *Inteligencia y pasión. Fundadores del Instituto de Ingeniería*, p. 22.

CONCLUSIONES

La física fue enseñada y cultivada en la Nueva España desde las primeras décadas del periodo colonial. Sin embargo, por más de dos siglos, estas actividades se restringieron más bien a esfuerzos de carácter individual. La física se institucionalizó hasta finales del siglo XVIII, en el Colegio de Minería, establecimiento fundado por el gremio minero para hacer prosperar su industria, de primera importancia en la economía nacional.

A lo largo del siglo XIX, el Colegio sufrió diversas transformaciones, producto de la inestabilidad política y económica del país. Una de ellas fue que pasó a depender del gobierno federal. Aunque con el tiempo dejó de ser propiamente una escuela dedicada a formar expertos en minas y ulteriormente se convirtió en la Escuela Nacional de Ingenieros, se mantuvo como una institución dedicada a la educación científico-técnica.

Desde la concepción del Colegio de Minería, la física formó parte del núcleo de estudios de su proyecto académico. A partir de entonces, y a pesar de las transformaciones de la institución, apareció con regularidad en sus planes de estudio, aunque sufrió diversos cambios con el tiempo. Los primeros cursos de física incluyeron temas de geometría, meteorología, astronomía, etc., que más tarde conformaron cátedras independientes. Años después la mecánica se comenzó a impartir como una materia independiente y se fueron agregando temas que hicieron que los cursos fueran más completos, aunque en otras ocasiones los programas también se redujeron. Algunos años los temas de física básica estuvieron en el mismo curso que los temas que constituían su aplicación inmediata, mientras que otros años esto no fue así.

Al principio hubo un curso de física que incluyó temas de dinámica, hidrodinámica, aerometría y geometría subterránea, entre otros. Más tarde se crearon dos cursos de mecánica, uno de los cuales se impartió en la Escuela Práctica de Minas, dependiente del Colegio.

El español Francisco Antonio Bataller fue el primer profesor de física, quien comenzó apoyándose en libros del francés Sigaud de Lafond y del español Benito Bails, pero después escribió su propio libro, enfocado en las aplicaciones a la minería. Los

profesores que le sucedieron, optaron por libros de autores franceses como Brisson, Faireze y Bresse.

Con los esfuerzos de revivir la minería nacional, en crisis por la guerra de independencia, y los renovados proyectos políticos de la segunda mitad del siglo XIX, el Colegio de Minería se transformó en Escuela Especial de Ingenieros en 1867. Esta institución, que se convirtió en la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) en 1883, amplió la gama de estudios ofrecidos por su antecesora, tanto en carreras como en materias, pero, por supuesto, los cursos básicos, como el de mecánica, se siguieron impartiendo.

La ENI se erigió como una institución educativa sólida líder en su ámbito a nivel nacional que operó con normalidad a pesar de los cambios políticos y económicos del país. Originalmente la ENI era controlada por el gobierno federal, pero con el tiempo fue adquiriendo una mayor autonomía. Sin embargo, en varios aspectos de su forma de operar y de organización (como el calendario escolar, las prácticas de los estudiantes y la forma de evaluación) se mantuvo fiel a sus tradiciones. Formó especialistas que desempeñaron funciones en diversos organismos gubernamentales (principalmente aquellos encargados de la construcción de obras públicas y la administración de los recursos naturales), científicos (como el Observatorio Astronómico Nacional) y educativos.

La importancia de la institución se hizo patente en su integración a la Universidad Nacional de México. No obstante, la ENI, cuya población escolar fue de alrededor de ciento cincuenta alumnos durante el porfiriato y que observó un crecimiento sustancial hacia la década de los cuarenta, llegando a los setecientos estudiantes, tenía una matrícula menor que otras Escuelas universitarias, como la de Medicina y la de Jurisprudencia.

La ENI contó con importantes recursos que le permitieron construir su proyecto educativo. Cabe mencionar en este renglón su edificio, el Palacio de Minería, en el que alojó provisionalmente tanto entidades gubernamentales, entre las que hay que señalar la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, como organizaciones educativas y científicas, donde destacan las primeras instituciones dedicadas a la física profesional en México.

La ENI contó además con una nutrida biblioteca y con colecciones y gabinetes de experimentación. Sin embargo, también padeció las dificultades económicas por las que atravesó el país. En particular, por falta de recursos, hubo varias carreras con planes de

estudio muy similares al compartir muchas materias (las de física por ejemplo), sin que hubiera sido posible en muchos casos establecer materias específicas diseñadas según las necesidades de cada especialidad.

Algunas de las carreras de la Escuela de Ingenieros, que entre 1870 y 1940 otorgó cerca de 1350 títulos, tuvieron mucho más éxito que otras, lo cual fue un reflejo del campo laboral de las distintas especialidades, determinado en buena medida por el tipo de empresas llevadas a cabo por el gobierno y el control extranjero de la industria nacional. Algunas tuvieron una trayectoria irregular, como la de ingeniero electricista, y otras fueron apareciendo como respuesta a las necesidades del país, como ingeniero petrolero, a finales de la década de los años veinte. Otras más desaparecieron. La ingeniería civil fue la más favorecida; contó siempre con más de la mitad de los alumnos. La carrera de topógrafo también contó con un número considerable de egresados. Sin embargo, otras, como la de ingeniero geógrafo, tuvieron un éxito limitado, con lo que algunas de sus materias carecieron de alumnos algunos años. No obstante, fue en esta carrera, que desapareció en 1915 y cuyo plan de estudios contenía el mayor número de cursos científicos, que surgió una materia de física que más tarde se incorporaría a casi todas las carreras, la de Física Matemática. Esta asignatura tenía un programa muy completo y abarcaba temas de varias de las ramas de la física, como electromagnetismo, acústica, óptica y física molecular. A fines del siglo XIX se incorporó al plan de estudios de la mayoría de las carreras. No obstante, la extensión y dificultad de la materia hicieron que recibiera críticas de parte de los profesores y que causara dificultades a los estudiantes.

Como consecuencia de las críticas, desde fines del porfiriato la asignatura se redujo a temas de electricidad y de termodinámica, y después se sustituyó más bien por un curso de electromagnetismo. Sería hasta 1935 en que se volverían a incluir temas de la materia de Física Matemática de principios de siglo, con la creación de dos cursos, uno de acústica y óptica y otro de calor y termodinámica, que pocos años después se impartieron como uno solo.

En lo que respecta a las materias de mecánica, a fines del siglo XIX se crearon materias de mecánica aplicada e industrial, con lo que quedó una materia básica de mecánica analítica. Los contenidos no variaron mucho desde inicios del porfiriato, aunque en 1916 se introdujo un curso inicial de mecánica, al que se le agregaron temas de

mecánica de fluidos, y se crearon sendos cursos de estática y dinámica (que incluía la cinemática), en los cuales se distribuyeron los temas de aplicaciones prácticas de los temas respectivos.

Para cursar las materias de física los estudiantes debían llevar antes materias de matemáticas. A su vez, las materias de física eran requisito previo para materias de física aplicada, como aquellas que trataban de la estabilidad de construcciones y de máquinas eléctricas, térmicas, hidráulicas, etc. El creciente número de materias de electricidad aplicada hizo que los cursos básicos de electricidad fueran cobrando mayor importancia, desplazando a los de mecánica.

Típicamente, los profesores proponían los programas de su materia, que distribuirían a lo largo de un curso anual con tres sesiones semanales de una hora y media cada una. Estos estaban sujetos a revisión y autorización por parte de las autoridades, que la mayoría de las veces aceptaban los planes propuestos. Hubo algunas iniciativas en el sentido de hacer materias de física específicas para cada carrera, en particular provenientes del gobierno federal, iniciativas que más bien eran irrealizables, tanto por los recursos limitados de la Escuela como porque había carreras que contaban con muy pocos alumnos.

Con la transformación en Escuela de Ingenieros continuó la costumbre heredada del Colegio de Minería de emplear libros de texto franceses, aunque en las últimas décadas del siglo XIX se usaría un libro de magnetismo de la autoría de dos ingenieros de la misma Escuela, Adolfo Díaz Rugama y Francisco Garibay. Con el cambio de centuria se fueron incorporando textos originarios de otros países, principalmente del Reino Unido y de Estados Unidos. En la década de los años treinta se publicaron apuntes propios de la Escuela para algunas materias.

Cabe destacar que, desde principios del siglo XIX, los profesores de materias de física habían sido formados en el mismo Colegio, tendencia que se mantuvo aún con la transformación en Escuela de Ingenieros, especialmente con los profesores de larga trayectoria. Algunos otros se graduaron en distintas instituciones del país o del extranjero. Varios de ellos dieron clase por muchos años, a pesar de tener empleos en la industria o en el gobierno. Esto les permitía, por otro lado, tener un panorama más certero del mercado laboral e incluso de lo que estaba sucediendo fuera del país. Era común que los profesores de física de la ENI, que de hecho tuvieron formaciones académicas diversas en el ámbito de

la ingeniería, impartieran otras materias de la Escuela, a veces sin relación directa con la física. Varios de ellos también se encargaron de cátedras de física en otros establecimientos, como la Escuela Nacional Preparatoria, el Colegio Militar y la Escuela Nacional de Artes y Oficios. Entre los profesores de mayor trayectoria en materias de física estuvieron Francisco Rodríguez Rey, Mariano Villamil, Valentín Gama, José A. Cuevas, Ignacio Avilez, Claudio Castro, Basiliso Romo, Mariano Hernández, Daniel Olmedo y Carlos Luca.

Al interior de la ENI se presentó un debate acerca de la orientación teórica o práctica de las materias. Tanto el gobierno como personajes importantes en la vida de la Escuela, como Valentín Gama, abogaban por el enfoque práctico y rechazaban las materias de carácter enciclopédico y meramente deductivo. Como respuesta a esto, algunos temas de los programas de las materias de física que no tenían tantas aplicaciones en la práctica de la ingeniería se fueron descartando, lo cual fortaleció la presencia de los temas de electricidad. Otros cambios que se advierten es la inclusión de más ejemplos en los programas de los cursos.

A principios del siglo XX no existía en México una física profesional. El enfoque plasmado en el debate mencionado tuvo como consecuencia que en un primer momento los ingenieros, que tenían una sólida formación en ciencias exactas, a diferencia de otros profesionistas del país, no tuvieron particular interés en crear una carrera e institutos de investigación en física: en la enseñanza de la ingeniería, disciplina orientada a resolver problemas prácticos, faltaba mucho por hacer.

Sin embargo, a la recién creada Universidad Nacional de México se le atribuyó la función de profesionalizar las ciencias físicas y matemáticas, lo cual se pretendió hacer en un inicio en la también recién creada Escuela Nacional de Altos Estudios. Ésta, no obstante, se orientó más bien hacia otras disciplinas, principalmente humanísticas, y finalmente desapareció dando origen a la Facultad de Filosofía y Letras, donde se mantuvo una sección de ciencias. Esta sección desapareció en la década de los años treinta sin que el proyecto de profesionalización de la física hubiera prosperado. Naturalmente, en esta tentativa de profesionalización participaron ingenieros que eran profesores (varios de ellos de materias de física básica) o antiguos estudiantes de la ENI, entre los cuales estuvieron Valentín Gama, Basiliso Romo, Alfredo Baños, Sotero Prieto, Salvador Altamirano, Carlos Luca, Guillermo Keller y Joaquín Gallo.

Sería otro profesor y egresado de la ENI quien reviviría el proyecto de profesionalización de la física, esta vez con éxito: el ingeniero Ricardo Monges López, quien hizo las gestiones necesarias para la creación del Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas (DCFM) en 1935, dentro de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, institución universitaria presidida por la ENI. El DCFM, que se estableció en el Palacio de Minería, ofreció estudios de Profesor y de Maestro en Ciencias Físicas y Matemáticas. Carlos Graef y Alberto Barajas, estudiantes de la ENI, se inscribieron a esta última carrera, donde Alfredo Baños, ingeniero graduado en Estados Unidos, impartió clases de física teórica.

El Departamento se transformó al año siguiente en la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas (ENCFM), proyecto al que se fueron sumando como profesores más ingenieros de la ENI, como Valentín Gama y Nabor Carrillo. El DCFM y la ENCFM evolucionaron en la actual Facultad de Ciencias, la cual abrió sus puertas en 1939 y contó todavía con Monges López como director.

En sus primeros años, en la práctica, la carrera de física funcionó como una de las especialidades de ingeniería ofrecidas por la ENI. De hecho, el primer Maestro en Ciencias Físicas del país, graduado en 1943, Fernando Alba, también fue alumno de ingeniería civil.

Los inicios de la investigación en física en México fueron posibles gracias a la existencia de la ENI. El Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas, y después el Instituto de Física, también promovidos por Monges López e instalados originalmente en el Palacio de Minería, contaron con varios profesores y estudiantes de la ENI entre su personal, como Alfredo Baños, Fernando Alba, Manuel González Flores, Héctor Uribe Martínez y Carlos Graef.

Así, confirmé mi hipótesis de que los cursos de física de la Escuela Nacional de Ingenieros, respaldados por una larga trayectoria, fueron fundamentales en la formación de muchas generaciones de especialistas cuya actividad fue de suma importancia para el desarrollo nacional. Dicha situación le permitió a esta Escuela convertirse, a través de sus cursos, estudiantes y profesores, en el pilar de la profesionalización de la física en México.

Fuentes Consultadas

COLECCIONES DOCUMENTALES

Acervo Histórico del Palacio de Minería (AHPM).

Archivo General de la Nación (AGN), Grupo Documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes.

Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México (AHUNAM).

PUBLICACIONES PERIÓDICAS

Boletín de Instrucción Pública (BIP), tomos I, III-IX y XI-XIII, México, 1903-1910.

Boletín de la Secretaría de Educación Pública, tomo VII, núm. 3, marzo de 1928.

Boletín de la Sociedad Matemática Mexicana (BSMM), vol. I, núm. 1, México, octubre de 1943.

Diario Oficial, 23 de octubre, 1933.

El Municipio Libre, tomo XIX, México, 1893.

Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vols. VII y VIII, San Francisco, California, 1895 y 1896.

Revista de la Instrucción Pública Mexicana (RIPM), tomos I-V, México, 1896-1902.

Universidad, tomos I y IV, 1936-1937.

Universidad de México, tomo V, núms. 29 y 30, marzo-abril de 1933.

FUENTES ELECTRÓNICAS

100 Años UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 1910-2010

(<http://www.100.unam.mx/>).

200 Años. Palacio de Minería. 1913-2013. (<http://www.palaciomineria.unam.mx/index.php>).

–Decreto estableciendo una Secretaría de Estado que se denominará Secretaría de Educación Pública” (<http://www.sep.gob.mx>).

–Mujeres pioneras de la Sociedad Matemática Mexicana”

(<http://paginas.matem.unam.mx/matematicos/>).

Registro Nacional de Profesiones

(<http://www.cedulaprofesional.sep.gob.mx/cedula/indexAvanzada.action>).

BIBLIOGRAFÍA

Aboites Aguilar, Luis, "The Transnational dimensions of Mexican irrigation, 1900-1950", *Journal of Political Ecology*, vol. 19, núm. 6, 2012.

Actas, resoluciones y memorias del Primer Congreso Meteorológico Nacional, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1901.

Adem, Julián, "Ricardo Monges López, fundador de la Facultad de Ciencias", *Ciencias*, núm. 4, abril-junio de 1983, pp. 42-45.

Aguilar y Santillán, Rafael (director), *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*, tomo XIII, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1900.

Anuario. 1931-1932, Sección Editorial, Publicaciones de la Universidad Nacional Autónoma, 1931.

Aréchiga Viramontes, J. Uriel y Tomás Viveros, "Ingeniería química. Breve historia", en Óscar M. González Cuevas (coord.), *Cosmos, Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México*, tomo I (Ingenierías, diseños y tecnología), Conacyt/Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)/Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, 2010, pp. 281-291.

Auvinet Guichard, Gabriel, *Doscientos años en la historia de la ingeniería en México*, separata, Fundación ICA/Colegio de Ingenieros Civiles de México, A. C. (CICM)/Revista 20/10, 2009.

Ayala, Gustavo y Leticia Olvera, "Divulgar la ciencia como vocación", *Gaceta UNAM*, núm. 3651, 11 de agosto de 2003, pp. 10 y 11.

Baptista González, David Martín, *La creación de la primera carrera de ingeniero petrolero en la Universidad Nacional*, tesis para obtener el título de Licenciado en Historia, Facultad de Filosofía y Letras (FFyL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2007.

Bazant, Mílada, "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfiriato", *Historia Mexicana*, vol. 33, núm. 3, enero-marzo de 1984, pp. 254-297.

—, "Estudiantes mexicanos en el extranjero: el caso de los hermanos Urquidi", *Historia Mexicana*, vol. 36, núm. 4, abril-junio de 1987, pp. 739-758.

Becerril, Gustavo, "Memorias de las prácticas de mecánica de la Escuela Nacional de Ingenieros, 1882-1906", *Boletín de Monumentos Históricos*, núm. 5, tercera época, México, septiembre-diciembre de 2005, pp. 118-123

Blanco, José, "Nudos problemáticos de la Universidad", en José Blanco (coord.), *La UNAM. Su estructura, sus aportes, su crisis, su futuro*, 1a. ed., México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta)/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt)/Fondo de Cultura Económica (FCE) (Biblioteca Mexicana), 2001, pp. 41-69.

Bosquejo Geológico de México, México, Instituto Geológico de México, 1896.

Breve noticia de los establecimientos de instrucción dependientes de la Secretaría de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública, México, Tipografía y Litografía "Europea", 1900.

Camp, Roderic Ai, *Mexican Political Biographies*, 3a. ed., University of Texas Press, 1995.

Catálogo del fondo Escuela Nacional de Ingeniería, 1a. ed., Coordinación de Humanidades, UNAM (serie Guías y Catálogos del Archivo Histórico de la UNAM), 1985.

Cepeda Flores, Francisco Javier, *El Prometeo en México. Raíces sociales y desarrollo de la Facultad de Ciencias, UNAM. 1867-1980*, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas/Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila, 2006.

—, —“Testimonios de la génesis de la Facultad de Ciencias”, *Ciencias*, núm. 53, enero-marzo de 1999, pp. 53-27.

Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales, tomos XXXV y XLI, primera parte, años de 1903, 1908 y 1909, Secretaría de Justicia, 1908 y 1910.

Collazo Reyes, Francisco y Gerardo Herrera Corral, —“Alfredo Baños y el surgimiento de la física y la investigación académica en México”, *Avance y Perspectiva*, vol. 1, núm. 1, abril-junio de 2008, pp. 5-19.

Cronología del Instituto Politécnico Nacional y de sus Escuelas, Centros y Unidades de Enseñanza y de Investigación. Siglo XIX, siglo XX, siglo XXI hasta 2006, Presidencia del Decanato, Instituto Politécnico Nacional (IPN), 2009.

Cruz Manjarrez, Héctor, *El desarrollo de la física en México*, México, D. F., Anaya Editores, 1996.

—“Cuestionario de Mecánica General para los exámenes de 1911”, en *Escuela de Ingenieros, Universidad Nacional de México. Programas de las asignaturas que se cursan propuestos para el año escolar de 1911-1912*, México, Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas. Palacio Nacional, 1911 (AHPM, 1910, ML 390 A).

—“Cuestionario del curso de Física-Matemática para los exámenes de 1911”, en *Escuela de Ingenieros, Universidad Nacional de México. Programas de las asignaturas que se cursan propuestos para el año escolar de 1911-1912*, México, Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas. Palacio Nacional, 1911 (AHPM, 1910, ML 390 A).

De Gortari, Eli, *Ciencia y conciencia en México (1767-1883)*, 1a. ed., Secretaría de Educación Pública (SEP) (Sep Setentas, 71), 1973.

De Gortari Rabiela, Rebeca, —“Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la revolución mexicana”, *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 49, núm. 3, julio-septiembre de 1987, pp. 123-141.

Díaz Covarrubias, José, *La instrucción Pública en México*, Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1875.

Díaz de Cossío Carbajal, Roger (editor), *Inteligencia y pasión. Fundadores del Instituto de Ingeniería*, Instituto de Ingeniería, UNAM, 2006.

Díaz Molina, Libertad y Juan José Saldaña, —“Contra la corriente. La institucionalización de la enseñanza de la ingeniería eléctrica en México, 1889-1930”, en *La Casa de Salomón en México. Estudios sobre institucionalización de la docencia y la investigación científicas*, México, FFyL/Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), UNAM, 2005, pp. 153-184.

Díaz Rugama, Adolfo, *Prontuario de leyes, reglamentos, circulares, y demás disposiciones vigentes relativas a los diversos ramos administrativos que tiene a su cargo la Secretaría de Fomento*, México,

Eduardo Dublán, Impresor, 1895.

Díaz y de Ovando, Clementina, —~~R~~mbo a la fundación”, *Revista de la Universidad de México*, núm. 79, nueva época, septiembre de 2010, pp. 5-17.

Domínguez Martínez, José Raúl, *Historia de la física nuclear en México. 1933-1963*, 1a. ed., México, Centro de Estudios sobre la Universidad, UNAM/Plaza y Valdés Editores (Colección Historia de la Educación, Serie Mayor), 2000.

—, —~~L~~ cátedra de Matemáticas Superiores en la Escuela Nacional de Ingenieros”, *Diacronías. Revista de divulgación histórica*, año 1, núm. 2, Palabra de Clío, verano de 2008, pp. 69-82.

—, *Historia de la ingeniería civil en México. 1900-1940*, tesis de doctorado, FFyL, UNAM, 2010.

Dublán, Manuel y José María Lozano (comps.), *Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia de la República*, vol. X, Imprenta del Comercio, 1878.

Escamilla, Omar y Héctor Pineda, —~~C~~oncepción Mendizábal, la primera ingeniera mexicana”, *Gaceta Digital de la Facultad de Ingeniería*, núm. 5, época 2, año V, marzo de 2012, pp. 9-11.

Estrada Castillo, Octavio y Gloria Adriana Hernández Sánchez, —~~S~~istema Bibliotecario de la Facultad de Ingeniería”, *Biblioteca Universitaria*, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre de 2009, pp. 166-174.

Fernández Villarreal, Manuel y Francisco Barbero (editores), *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XXXIV, año de 1902, Tipografía de la viuda de F. Díaz de León, 1907.

Flores Clair, Eduardo, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1824*, 1a. ed., Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica), 2000.

—, —~~L~~ Biblioteca del Real Seminario de Minería”, en *Ciencia UANL*, vol. IV, núm. 3, julio-septiembre de 2001, pp. 265-268.

Flores, Jorge y Matías Moreno, —~~L~~ física en la UNAM”, *Revista de la Universidad de México*, núm. 96, nueva época, febrero de 2012, pp. 59-68.

Gama, Valentín, "Los principios fundamentales de la mecánica", en *Revista Positiva*, núm. 103, 1 de enero de 1909, pp. 10-17.

—, —~~P~~rograma para la clase de primer curso de Mecánica”, en *Escuela de Ingenieros, Universidad Nacional de México. Programas de las asignaturas que se cursan propuestos para el año escolar de 1911-1912*, México, Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas. Palacio Nacional, 1911, pp. 9-13 (AHPM, 1910, ML 390 A).

Garciadiego Dantan, Javier, *Rudos contra científicos. La Universidad Nacional durante la revolución mexicana*, 1a. reimpresión de la 1a. ed., El Colegio de México/UNAM, 2000.

García Colín Scherer, Leopoldo, —~~L~~a paradoja de Gibbs”, *Journal of the Mexican Chemical Society*, vol. 45, núm. 004, México, México, Sociedad Química de México, 2001, pp. 145-148.

García Salord, Susana, —~~N~~otas sobre la significación sociológica de la autonomía universitaria”, *Perfiles Educativos*, vol. XXXII, núm. especial, IISUE-UNAM, 2010.

García Téllez, Ignacio, —~~I~~nforme del Rector al H. Consejo Universitario en mayo de 1930”,

Universidad de México, tomo IV, núms. 21 y 22, julio-agosto de 1932, pp. 227-248.

Garritz Ruiz, Andoni, —“La educación de la química en México en el siglo XX”, *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 45, núm. 3, julio-septiembre de 2001, pp. 109-114.

Gómez Wulschner, Claudia, —“Ecos del pasado... luces del presente. Manuela Garín”, *Miscelánea Matemática*, núm. 47, Sociedad Matemática Mexicana (SMM), agosto de 2008, pp. 67-85.

González Cuevas, Óscar M., —“Ingeniería civil”, en Óscar M. González Cuevas (coord.), *Cosmos, Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México*, tomo I (Ingenierías, diseños y tecnología), Conacyt/Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)/Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, 2010, pp. 73-99.

González y González, Luis, —“El Siglo de las luchas”, en Díaz Zermeño, Héctor y Javier Torres Medina (editores), *México. Del triunfo de la República al Porfiriato. Antología*, 1a. ed., Facultad de Estudios Superiores Acatlán, UNAM (Textos de la historia), 2005, pp. 101-129.

—“Historia de la Facultad de Ciencias (I)”, *Ciencias*, núm. 2, julio-agosto de 1982, pp. 36-41.

—“Historia de la Facultad de Ciencias (II)”, *Ciencias*, núm. 3, enero-marzo de 1983, pp. 28-31.

—“Historia de la Facultad de Ciencias (III)”, *Ciencias*, núm. 4, abril-junio de 1983, pp. 46-48.

Iglesias, José María, *Memoria que el secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública presenta al Congreso de la Unión en 15 de noviembre de 1869*, Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1870.

Iglesias, José María, *Memoria de Justicia e Instrucción Pública que el secretario del ramo presenta al Congreso de la Unión en 8 de octubre de 1870*, Imprenta del Gobierno en Palacio, 1870.

Izquierdo, José Joaquín, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, Ediciones Ciencia, 1958.

—“Jaime Lifshitz Gaj”, *Revista Mexicana de Física*, núm. 2, 1959, pp. 135-137.

Jiménez Rueda, Julio, —“Los estudios universitarios en México y en el extranjero”, *Universidad de México*, tomo IV, núms. 21 y 22, julio-agosto de 1932, pp. 342-359.

La Facultad de Ciencias y tú, Facultad de Ciencias, UNAM, 2013.

Lara Mimblera, Iván Rubén, *Reacciones, colaboraciones y proyectos científicos. Los ingenieros de Minería durante la Intervención Francesa y el Segundo Imperio en México (1862-1867)*, tesis para obtener la licenciatura en Historia, Unidad Iztapalapa, UAM, 2006.

León López, Enrique G., *La ingeniería en México*, 1a. ed., SEP (Sep Setentas, 134), 1974.

Ley-Koo, Eugenio, —“Sesenta años de ciencias físico-matemáticas en la Universidad Nacional Autónoma de México”, en José Blanco (coord.), *La UNAM. Su estructura, sus aportes, su crisis, su futuro*, 1a. ed., México, Conaculta/Conacyt/FCE (Biblioteca Mexicana), 2001, pp. 259-300.

Ley Orgánica de la UNAM. Versiones: español, inglés y francés, 2a. ed., Oficina del Abogado General, UNAM, 2005.

Lozano, Juan Manuel *et al.*, —“Historia de la Sociedad Mexicana de Física”, *Revista Mexicana de Física*, vol. 28, núm. 2, 1982, pp. 277-293.

Martín del Castillo, Carlos (coord. general), *La construcción de un país. Historia de la ingeniería*

civil mexicana, México, CICM/IPN, 2007.

Medrano Pérez, Carolina, “Entrevista a Alfredo Baños”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, vol. 2, mayo-agosto de 1988, pp. 39 y 40.

Meinrath, A. *et al.*, “Uranium ores and depleted uranium in the environment, with a reference to uranium in the biosphere from the Erzgebirge/Sachsen, Germany”, *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 64, Elsevier, 2003, pp. 175-193.

Meyer, Lorenzo, “El presidencialismo mexicano en busca del justo medio”, *Istor*, División de Historia, Centro de Investigación y Docencia Económicas, núm. 3, 2000, pp. 41-57.

Minor García, Adriana, *El Instituto de Física y sus prácticas: 1939-1955*, tesis para obtener el título de Física, Facultad de Ciencias (FC), UNAM, 2009.

—, “El acelerador Van de Graaff mexicano. Entre el internacionalismo científico de la posguerra, la modernización y la consolidación de la física en México”, *Taller: Circulación de saberes: Instrumentos y colecciones en la historia*, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH), 5 de diciembre de 2011.

Miranda, Javier, “Semblanza”, en Esbaide Adem *et al.* (coords.), *Fernando Alba Andrade. El primer físico de la UNAM*, México, Instituto de Física (IF), UNAM, 2010, pp. 15-20.

Moles Batllell, Alberto *et al.*, *La enseñanza de la ingeniería mexicana, 1792-1990*, México, Sociedad de ex Alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, 1991.

Moncada Maya, José Omar *et al.*, *Bibliografía geográfica mexicana. La obra de los ingenieros geógrafos*, 1a. ed., Instituto de Geografía, UNAM (Serie Libros, 1), 1999.

Mondragón, Alfonso, “La obra científica de Manuel Sandoval Vallarta”, en *Manuel Sandoval Vallarta. Homenaje*, Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana (INEHRM), pp. 13-31.

Montaño Castillo, Hugo Enrique, *Institucionalización de la ciencia en la ENAE, el caso de la física*, tesis para obtener el título de Físico, FC, UNAM, 2012.

Monteón González, Humberto y Gabriela María Luisa Riquelme Alcantar, “Tiempo de Revolución: la enseñanza técnica durante la tormenta”, *Mundo Siglo XXI*, vol. VII, núm. 25, CIECAS-IPN, 2011, pp. 41-53.

Moreno Corral, M. A., “La *physica speculatio*, primer libro de física escrito y publicado en el continente americano”, *Revista Mexicana de Física E*, vol. 50, núm. enseñanza 1, México, Sociedad Mexicana de Física, 2004, pp. 74-80.

Moshinsky, Marcos, “Mi vida”, en *Forjadores de la ciencia en la UNAM*, 1a. ed., México, Coordinación de la Investigación Científica (CIC), UNAM, 2003, pp. 15-32.

—, “Un precursor: Manuel Sandoval Vallarta”, en *Manuel Sandoval Vallarta. Homenaje*, INEHRM, pp. 43-58.

—, “Vivencias de Marcos Moshinsky”, en Esbaide Adem *et al.* (coords.), *Fernando Alba Andrade. El primer físico de la UNAM*, México, IF, UNAM, 2010, pp. 35-37.

Navarro Robles, María Estela, *Antecedentes de la investigación y de los altos estudios de física y*

matemáticas en México (fines del siglo XIX y principios del siglo XX), tesis para obtener el título de Maestría en Ciencias Matemáticas, División de Estudios de Posgrado, FC, UNAM, 1997.

Neumann, Max y Patricia Saavedra, “Una conversación con Alberto Barajas el hacedor de sueños”, en Víctor Neumann-Lara (editor), *Alberto Barajas. Su oratoria, sus matemáticas y sus enseñanzas*, México, D. F., FC, UNAM/SMM, 2010, pp. 33-44.

Neumann-Lara, Víctor, “Nuestro maestro: Dr. Alberto Barajas Celis”, en Víctor Neumann-Lara (editor), *Alberto Barajas. Su oratoria, sus matemáticas y sus enseñanzas*, México, D. F., FC, UNAM/SMM, 2010, pp. 3-5.

Neumann-Lara, Víctor (editor), *Alberto Barajas. Su oratoria, sus matemáticas y sus enseñanzas*, México, D. F., FC, UNAM/SMM, 2010.

Nuestros Eméritos, 1a. ed., Secretaría General/DGAPA, UNAM, 2007.

Nuestros Maestros, tomo II, 1a. ed., Secretaría General/DGAPA, UNAM, 1992.

Núñez, Miguel, *La enseñanza de las Matemáticas y la Física en la Escuela Nacional Preparatoria: los primeros años (1868-1896)*, 1a. ed., Guanajuato, Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Guanajuato, 2004.

Organización, planes y programas de estudios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935, edición facsimilar, Prensas de Ciencias, 1991.

Ortiz Morales, Andrés, *De la ciencia aplicada a la investigación científico-tecnológica: la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN*, tesis de doctorado, México, D. F., División de Posgrados, Escuela Nacional de Antropología e Historia, 2011.

Padilla Olivares, Javier, “Génesis de una facultad”, *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 45, núm. 3, julio-septiembre de 2001, pp. 105-108.

Parada Ávila, “Ingeniería industrial”, en Óscar M. González Cuevas (coord.), *Cosmos, Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México*, tomo I (Ingenierías, diseños y tecnología), Conacyt/Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)/Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, 2010, pp. 175-189.

Pérez Pascual, Rafael, “Estructura académica y reforma universitaria”, en José Blanco (coord.), *La UNAM. Su estructura, sus aportes, su crisis, su futuro*, 1a. ed., México, Conaculta/Conacyt/FCE (Biblioteca Mexicana), 2001, pp. 70-113.

Pérez Rosales, Candelario, *Física al amanecer*, 2a. ed., San Luis Potosí, San Luis Potosí, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 1999.

Piña Garza, Eduardo, “Fuentes para la biografía del profesor de física Ladislao de la Pascua Martínez (1815-1891)”, *Revista Mexicana de Física E*, vol. 56, núm. 2, 2010, pp. 234-243.

Plascencia Gaspar, Leticia *et al.*, “La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudios”, *Perfiles Educativos*, vol. XXXIII, núm. 131, IISUE-UNAM, 2011, pp. 155-175.

Pons Sáenz, Nuria, *Pastor Rouaix*, México, INEHRM (Biografías para niños), 1987.

Premio Universidad Nacional. 1958-1997, tomo IV, 1a. ed., DGAPA, UNAM (Nuestros Maestros), 1998.

Prieto Calderón, Fernando Enrique, “El despertar de una vocación y el ejercicio de una carrera”, en

Forjadores de la ciencia en la UNAM, 1a. ed., México, CIC, UNAM, 2003, pp. 409-417.

Prieto de Castro, Carlos, “El Instituto de Matemáticas de la UNAM a 70 años de su fundación”, *Ciencia*, vol. 64, núm. 2, Academia Mexicana de Ciencias, abril-junio de 2013, pp. 74-77.

Puig Casauranc, José Manuel, *Memoria que indica el estado que guarda el Ramo de Educación Pública el 31 de agosto de 1927*, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1927.

Quintana-Adriano, E. Arcelia y Diego Valadés (coords. generales), *Compendio de legislación universitaria: 1910-2001*, vols. I y II, 1a. ed., UNAM, 2001.

Ramírez, Santiago, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, Edición de la Sociedad “Alzate”, 1890.

Ramos, Deva *et al.*, “Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1914”, *Ingeniería*, núm. extraordinario, enero de 1942, pp. 46-62.

Ramos Castillo, Carolina, *La Revolución Mexicana, la agricultura y la climatología. La Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos. 1915-1925*, tesis para obtener la licenciatura en Historia, FFyL, UNAM, 2007.

Ramos Lara, María de la Paz, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, A. C./Universidad Autónoma de Puebla, 1994.

—, *Historia de la física en México en el siglo XIX: Los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, tesis de doctorado, México, FFyL, UNAM, 1996.

—, —“La mecánica clásica y su enseñanza en el Colegio de Minería (1800-1867)”, en *ContactoS*, núm. 37, México, UAM, Unidad Iztapalapa, Programa de Educación en Ciencias Básicas e Ingeniería, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, julio-septiembre de 2000, pp. 49-59.

—, —“La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX”, en Piñera Ramírez, David (coord.), *La educación superior en el proceso histórico de México*, tomo II, “Siglo XIX/siglo XX”, 1a. ed., SEP/Universidad Autónoma de Baja California/Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, 2001, pp. 188-195.

—, *Historia de la profesionalización de la física en México*, investigación posdoctoral, México, FFyL, UNAM, 2003.

—, *La física en la Escuela Nacional de Altos Estudios y en la Facultad de Filosofía y Letras (1910-1935). La participación de los ingenieros*, posdoctorado, México, FFyL, UNAM, 2003.

—, —“La física y la UNAM a mediados del siglo XX”, en María de la Paz Ramos Lara (coord.), *Experiencia mexicana en aceleradores de partículas*, 1a. ed., CEIICH, UNAM/Siglo Veintiuno Editores (Ciencia y tecnología en la historia de México), 2004.

—, “De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México”, *Revista Mexicana de Física E*, vol. 52, núm. 2, 2005, pp. 137-164.

—, —“Las primeras mujeres graduadas en física en la UNAM”, en Norma Blazquez Graf y Javier Flores (editores), *Ciencia, tecnología y género en Iberoamérica*, CEIICH, UNAM/Plaza y Valdés Editores/Fondo de Desarrollo de las Naciones Unidas para la Mujer, 1a. ed., 2005, pp. 13-22.

—, “El Colegio de Minería, la Escuela Nacional de Ingenieros y su proyección en otras instituciones educativas de la Ciudad de México (siglo XIX)”, en María de la Paz Ramos Lara y Rigoberto Rodríguez Benítez (coords.), *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, 1a. ed., Facultad de Historia, Universidad Autónoma de Sinaloa/CEIICH, UNAM (Ciencia y tecnología en la historia de México), 2007.

—, “The American Influence on the Origins of Nuclear Physics in Mexico”, en Antoni Roca-Rosell (editor), *The Circulation of Science and Technology: Proceedings of the 4th International Conference of the European Society for the History of Science, Barcelona, 18-20 November 2010*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Institut d'Estudis Catalans, 2012, pp. 759-762.

—, *Vicisitudes de la ingeniería en México (siglo XIX)*, 1a. ed., CEIICH, UNAM (Ciencia y tecnología en la historia de México), 2013.

Reglamento de la Ley de 15 de febrero de 1883, que reformó la Ley de Instrucción Pública, respecto de los Establecimientos de enseñanza minera y agrícola, México, Imprenta de la Secretaría de Fomento, 1883.

Reséndiz Núñez, Daniel, —“La importancia de otros en mi contribución a la ingeniería de cimentaciones”, en Octavio Paredes López y Sergio Estrada Orihuela (coords.), *Aportaciones científicas y humanísticas mexicanas en el siglo XX*”, 1a. ed., FCE/Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República/ Conacyt, Academia Mexicana de Ciencias, 2008, pp. 756-769.

Revelés Vázquez, Francisco, —“La fundación del Partido Acción Nacional”, *Estudios Políticos*, núm. 24, sexta época, mayo-agosto de 2000, p. 181-214.

Rodríguez Camarena, Edgar Omar, *Desarrollo de la carrera de ingeniería civil en México. Desde su creación hasta las primeras décadas del siglo XX*, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, UNAM, 2010.

Ruiz de Esparza, José, —“Los orígenes del Observatorio Astronómico Nacional”, *Ciencias*, núm. 69, enero-marzo de 2003, pp. 55-63.

Ruiz Gaytán, Beatriz, —“Justo Sierra y la Escuela de Altos Estudios”, *Historia Mexicana*, vol. 16, núm. 4, abril-junio de 1967, pp. 541-564.

Saavedra, Patricia y Max Neumann, —“Una pionera de la Matemática en México”, en <http://www.matmor.unam.mx/~muciray/smm/60/manuela.html>.

Salazar, Luis *et al.*, —“Comisión nombrada para dictaminar sobre los programas de la Escuela de Ingenieros”, en *Escuela de Ingenieros, Universidad Nacional de México. Programas de las asignaturas que se cursan propuestos para el año escolar de 1911-1912*, México, Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas. Palacio Nacional, 1911 (AHPM, 1910, ML 390 A).

—, —“Comisión nombrada para estudiar los programas de la Escuela de Ingenieros”, en *Escuela de Ingenieros, Universidad Nacional de México. Programas de las asignaturas que se cursan propuestos para el año escolar de 1911-1912*, México, Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas. Palacio Nacional, 1911 (AHPM, 1910, ML 390 A).

Soroa Zaragoza, Eva Myriam, —“Comentarios actuales sobre algunos artículos publicados en los primeros años del siglo pasado”, *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, vol. 9, núm. 4, octubre-diciembre de

2008, p. 2-16.

Tamayo, Jorge L. *Breve reseña sobre la Escuela Nacional de Ingeniería*, México, D. F., 1958.

Thions, Claude y Achim M. Loske, "Semblanza del doctor Fernando Enrique Prieto Calderón", en *Forjadores de la ciencia en la UNAM*, 1a. ed., México, CIC, UNAM, 2003, pp. 418-420.

Trabulse, Elías, *Historia de la ciencia en México*, "Siglo XVI", 1a. ed., Conacyt/FCE, 1983.

—, "Siglo XVII", 1a. ed., Conacyt/FCE, 1983.

—, "Siglo XVIII", 1a. ed., Conacyt/FCE, 1983.

—, "Siglo XIX", 1a. ed., Conacyt/FCE, 1983.

—, "Apéndices e índices", 1a. ed., Conacyt/FCE, 1983.

Universidad Nacional de México. Plan de estudios de la Facultad de Ingeniería, México, D. F., Publicaciones de la SEP, tomo XVII, núm. 6, 1928.

Uribe Salas, José Alfredo y María Teresa Cortés Zavala, "Andrés del Río, Antonio del Castillo y José G. Aguilera en el desarrollo de la ciencia mexicana del siglo XIX", en *Revista de Indias*, vol. LXVI, núm. 237, Instituto de Historia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006, pp. 491-518.

Urquidi, Francisco, "Programa del curso de Física Matemática", en *Escuela de Ingenieros, Universidad Nacional de México. Programas de las asignaturas que se cursan propuestos para el año escolar de 1911-1912*, México, Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas. Palacio Nacional, 1911, pp. 75-81 (AHPM, 1910, ML 390 A).

Vaccari, Ezio, "Mining academies as centers of geological research and education in Europe between the 18th and 19th centuries", *De Re Metallica*, vol. 13, Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, julio-diciembre de 2009, pp. 35-41.

Vaquero Martínez, José M. Y José M. Cobos Bueno, "Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966): una aproximación a su biografía (I)", *Llull: Revista de la Sociedad Española de la Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, vol. 23, núm. 48, 2000, pp. 711-733.

—, "Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966): una aproximación a su biografía (y II)", *Llull: Revista de la Sociedad Española de la Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, vol. 24, núm. 49, 2001, pp. 201-215.

Velázquez Estrada, Rosalía, "El nacimiento de la radiodifusión mexicana", *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, vol. 9, México, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, 1983, pp. 137-170.

Verdugo, Agustín (editor), *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, Distrito Federal y territorios*, tomo XXXI, año de 1899, partes primera y segunda, Talleres Tipográficos de "El Correo Español", 1902 y 1903.

—, tomo XXXI, año de 1899, parte segunda, Talleres Tipográficos de Arturo y Alfredo G. Cubas, 1903.

Viesca, Carlos (coord. gral.), Martha Eugenia Rodríguez y Xóchitl Martínez (coords.), *Historia general de la medicina en México*, "Medicina novohispana. Siglo XVIII", México, UNAM/Academia Nacional de Medicina, 2001.

Yacamán, Miguel José, -Carlos Graef-Fernández”, *Physics Today*, vol. 41, núm. 12, diciembre de 1988, p. 103.

Yurrieta Valdés, José, -Sotero Prieto Rodríguez, 1884-1935”, en Sotero Prieto Rodríguez, *Historia de las Matemáticas*, 1a. ed., Toluca, Instituto Mexiquense de Cultura (Ciencia y Cultura), 1991.

Zea, Leopoldo, *El positivismo en México: nacimiento, apogeo y decadencia*, 9a. reimpresión de la 1a. ed. en un solo vol., México, FCE (Sección de obras de filosofía), 2005.

APÉNDICE 1

Planes de estudio

A1.1. Escuela Especial de Ingenieros

Tabla A1.1.1. 1869.¹

| INGENIERO DE MINAS | ENSAYADOR | INGENIERO MECÁNICO | INGENIERO CIVIL | INGENIERO ARQUITECTO | INGENIERO TOPOGRAFO | INGENIERO GEÓGRAFO E HIDRÓGRAFO |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> |
| Geometría analítica | Matemáticas superiores | Matemáticas superiores | Matemáticas superiores | Álgebra superior | Matemáticas superiores | Matemáticas superiores |
| Álgebra superior | | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Cálculo infinitesimal | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva |
| Cálculo infinitesimal | | Dibujo de Máquinas | Topografía | Geometría analítica | Topografía | Topografía |
| Geometría descriptiva | | | Dibujo topográfico | Geometría descriptiva | Dibujo topográfico | Dibujo topográfico |
| Topografía | | | | Segundo curso de copia de monumentos | | |
| Dibujo topográfico | | | | | | |
| <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> |
| Mecánica analítica y aplicada | Química y análisis química | Mecánica analítica y aplicada | Mecánica analítica y aplicada | Mecánica analítica y aplicada | Mecánica analítica y aplicada | Mecánica analítica y aplicada |
| Geodesia | Elementos de mineralogía | Dibujo de máquinas | Estereotomía | Topografía | Geodesia y elementos de astronomía práctica | Geodesia |
| Dibujo de máquinas | | | Dibujo arquitectónico | Dibujo topográfico | Dibujo topográfico | Dibujo topográfico y geográfico |
| | | | | Historia de las Bellas Artes | | |
| | | | | Primer curso de composición | | |
| <u>Tercer año</u> | | | <u>Tercer año</u> | <u>Tercer año</u> | | <u>Tercer año</u> |
| Química aplicada | | | Mecánica de las construcciones | Conocimiento de materiales de construcción y de los terrenos en que deben establecerse las obras | | Astronomía teórico-práctica |

¹ Manuel Dublán y José María Lozano (comps.), *Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia de la República*, vol. X, pp. 757 y 758.

| | | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|-------------------------------------------|
| Análisis química | | | Carpintería de edificios | Estereotomía y construcciones prácticas | | Hidrografía y física matemática del globo |
| Astronomía práctica | | | Caminos comunes y de hierro | Segundo curso de composición | | Dibujo geográfico |
| | | | Conocimiento de materiales de construcción y de los terrenos en que se establecen las obras | | | |
| <u>Cuarto año</u> | | | <u>Cuarto año</u> | <u>Cuarto año</u> | | |
| Mineralogía, geología y paleontología | | | Puentes, canales y obras en los puertos | Mecánica de las construcciones | | |
| Laboreo de minas | | | Composición | Carpintería de edificios | | |
| Ordenanzas y metalurgia | | | | Tercer curso de composición | | |
| | | | | Arquitectura legal y formación de presupuestos | | |

A1.2. Escuela Nacional de Ingenieros

Tabla A1.2.1. 1883.²

| INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA | ENSAYADOR Y APARTADOR DE METALES | INGENIERO INDUSTRIAL | INGENIERO DE CAMINOS, PUERTOS Y CANALES | INGENIERO TOPÓGRAFO E HIDRÓGRAFO | INGENIERO GEÓGRAFO | TELEGRAFISTA |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Álgebra superior | Química analítica y docimasia | Álgebra superior | Álgebra superior | Álgebra superior | Álgebra superior | Curso de telegrafía general, que comprenderá el trazo, construcción y explotación de las líneas terrestres y submarinas |
| Geometría analítica y cálculo infinitesimal | Mineralogía | Geometría analítica y cálculo infinitesimal | Geometría analítica y cálculo infinitesimal | Geometría analítica y cálculo infinitesimal | Geometría analítica y cálculo infinitesimal | Hidrografía y meteorología |
| Geometría descriptiva | Apartado | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Práctica en las oficinas telegráficas del gobierno y en la construcción de líneas |
| Topografía e hidromensura | Amonedación y administración de casas de moneda | Topografía e hidromensura | Topografía e hidromensura | Topografía e hidromensura | Topografía e hidromensura | |
| Mecánica analítica y aplicada | Práctica de estos ramos | Estereotomía y carpintería | Estereotomía y carpintería | Topografía y meteorología | Física matemática, cálculo de las probabilidades | |

² Manuel Dublán y José María Lozano (comps.), *op. cit.*, vol. XVI, pp. 458 y 489.

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--|
| | | | | | y teoría de los errores | |
| Estereotomía y carpintería | | Mecánica analítica y aplicada | Mecánica analítica y aplicada | Dibujo topográfico | Hidrografía y meteorología | |
| Conocimiento de materiales de construcción | | Mecánica industrial | Hidrografía y meteorología | Práctica de estos ramos | Mecánica analítica | |
| Teoría mecánica de las construcciones y construcción práctica | | Construcción y establecimiento de máquinas | Construcción práctica y teoría mecánica de las construcciones | | Elementos de mecánica celeste | |
| Química analítica y docimasia | | Química analítica e industrial y docimasia | Caminos comunes y ferrocarriles | | Geodesia y astronomía física y práctica | |
| Meteorología | | Meteorología | Puentes, canales y obras en los puertos | | Elementos de geología | |
| Mineralogía | | Conocimiento de materiales de construcción | Dibujos topográfico, de máquinas y arquitectónico | | Dibujos topográfico y geográfico | |
| Paleontología y zoología | | Teoría mecánica de las construcciones y construcción práctica | Composición | | Prácticas | |
| Laboreo de minas | | Dibujos topográfico, de máquinas y arquitectónico | Prácticas | | | |
| Pozos artesianos y legislación minera | | Prácticas | | | | |
| Metalurgia | | | | | | |
| Dibujos topográficos, de máquinas y arquitectónico | | | | | | |
| Prácticas | | | | | | |

Tabla A1.2.2. 1898.³

| INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA | ENSAYADOR Y APARTADOR DE METALES | INGENIERO INDUSTRIAL | INGENIERO CIVIL | TOPÓGRAFO E HIDRÓGRAFO | INGENIERO GEÓGRAFO | ELECTRICISTA |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Primer año | Primer año | Primer año | Primer año | Primer año | Primer año | Primer año |
| Matemáticas superiores, comprendiendo Trigonometría esférica, Álgebra superior, Geometría analítica y Cálculo infinitesimal | Química analítica y docimasia | Matemáticas superiores, comprendiendo Trigonometría esférica, Álgebra superior, Geometría analítica y Cálculo infinitesimal | Matemáticas superiores, comprendiendo Trigonometría esférica, Álgebra superior, Geometría analítica y Cálculo infinitesimal | Matemáticas superiores, comprendiendo Trigonometría esférica, Álgebra superior, Geometría analítica y Cálculo infinitesimal | Matemáticas superiores, comprendiendo Trigonometría esférica, Álgebra superior, Geometría analítica y Cálculo infinitesimal | Matemáticas superiores, comprendiendo Trigonometría esférica, Álgebra superior, Geometría analítica y Cálculo infinitesimal |

³ *Revista de la Instrucción Pública Mexicana*, tomo II, núm. 13, 15 de septiembre de 1897, pp. 373-376.

| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geometría descriptiva | Mineralogía | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Topografía y legislación de tierras y aguas | Topografía y legislación de tierras y aguas | Geometría descriptiva |
| Topografía y legislación de tierras y aguas | Economía política | Topografía y legislación de tierras y aguas | Topografía y legislación de tierras y aguas | Dibujo topográfico | Dibujo topográfico | Dibujo de máquinas |
| Hidrografía y meteorología | Práctica en el laboratorio de química y en la oficina docimástica de la escuela | Hidrografía y meteorología | Hidrografía y meteorología | Práctica de topografía | Práctica de topografía | |
| Dibujo topográfico y arquitectónico | Práctica en la Casa de Moneda | Dibujo topográfico y arquitectónico | Dibujo topográfico y arquitectónico | | | |
| Práctica de topografía | | Práctica de topografía | Práctica de topografía | | | |
| <u>Segundo año</u> | | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> |
| Mecánica analítica | | Mecánica analítica | Mecánica analítica | Hidrografía y meteorología | Mecánica analítica | Mecánica analítica |
| Estereotomía, carpintería y estructuras de hierro | | Física matemática, comprendiendo especialmente la termodinámica, el magnetismo, la electricidad y la electrometría | Estereotomía, carpintería y estructuras de hierro | Hidráulica en la parte correspondiente a la hidromensura | Geodesia y astronomía práctica | Física matemática, comprendiendo especialmente la termodinámica, el magnetismo, la electricidad y la electrometría |
| Física matemática, comprendiendo especialmente la termodinámica, el magnetismo, la electricidad y la electrometría | | Estereotomía, carpintería y estructuras de hierro | Física matemática, comprendiendo especialmente la termodinámica, el magnetismo, la electricidad y la electrometría | Geometría descriptiva en lo relativo al conocimiento de los planos acotados | Física matemática, comprendiendo especialmente la termodinámica, el magnetismo, la electricidad y la electrometría | Dibujo de máquinas |
| Dibujo topográfico y arquitectónico | | Dibujo arquitectónico y de máquinas | Dibujo topográfico y arquitectónico | Astronomía práctica | Cálculo de las probabilidades y teoría de los errores | |
| Práctica de estereotomía, carpintería y estructuras de hierro | | Práctica de estereotomía, carpintería y estructuras de hierro | Práctica de estereotomía, carpintería y estructuras de hierro | Economía política | Dibujo topográfico | |
| Práctica de topografía subterránea | | | | Dibujo topográfico | Práctica de astronomía | |
| | | | | Práctica de astronomía e hidromensura | | |
| <u>Tercer año</u> | | <u>Tercer año</u> | <u>Tercer año</u> | | <u>Tercer año</u> | <u>Tercer año</u> |
| Mecánica general aplicada | | Mecánica general aplicada | Mecánica general aplicada | | Astronomía general y física, y mecánica celeste | Mecánica general aplicada |
| Hidráulica e ingeniería sanitaria | | Hidráulica e ingeniería sanitaria | Hidráulica e ingeniería sanitaria | | Hidráulica | Aplicaciones de la electricidad |
| Estabilidad de las construcciones | | Estabilidad de las construcciones | Estabilidad de las construcciones | | Geología | Economía política |

| | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Procedimientos de construcción práctica y conocimiento y experimentación de materiales | | Procedimientos de construcción práctica y conocimiento y experimentación de materiales | Procedimientos de construcción práctica y conocimiento y experimentación de materiales | | Economía política | Dibujo de máquinas |
| Dibujo de máquinas | | Dibujo de máquinas | Dibujo arquitectónico y de máquinas | | Dibujo geográfico | Práctica de las aplicaciones de la electricidad |
| Práctica de construcciones civiles | | Práctica de mecánica general aplicada | Práctica de construcciones civiles | | Práctica de astronomía física | |
| Práctica de mecánica general aplicada | | | Práctica de mecánica general aplicada | | Práctica de operaciones geodésicas y geográficas | |
| <u>Cuarto año</u> | | <u>Cuarto año</u> | <u>Cuarto año</u> | | | |
| Química analítica y docimasia | | Construcción y establecimiento de máquinas | Vías de comunicación terrestre, comprendiendo túneles, obras de arte y demás accesorios correspondientes | | | |
| Mineralogía, geología y paleontología | | Aplicaciones de la electricidad | Vías de comunicación fluviales y obras hidráulicas de toda especie | | | |
| Economía política | | Química aplicada a la industria, comprendiendo los procedimientos de análisis respectivos | Economía política | | | |
| Dibujo de máquinas | | Economía política | Dibujo de composición | | | |
| Aplicaciones de la electricidad | | Dibujo de máquinas | Aplicaciones de la electricidad | | | |
| Práctica en la Casa de Moneda | | Práctica de las aplicaciones más importantes del país | Práctica general de ingeniería civil | | | |
| <u>Quinto año</u> | | | | | | |
| Laboreo de minas y legislación y administración minera | | | | | | |
| Metalurgia, sobre todo, en lo concerniente a los metales de mayor explotación en el país | | | | | | |
| Visita a los centros mineros y metalúrgicos más importantes de la República | | | | | | |

Tabla A1.2.3. 1916.⁴

| INGENIERO DE MINAS | ENSAYADOR | INGENIERO INDUSTRIAL | INGENIERO CIVIL | TOPÓGRAFO | INGENIERO METALURGISTA | INGENIERO CONSTRUCTOR |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Primer año | Química (análisis cualitativa, análisis cuantitativa y docimasia) | Matemáticas (dos años) | Primer año | Matemáticas (un año) | Matemáticas (un año) | Matemáticas (dos años) |
| Matemáticas (1er. ciclo) | Mineralogía (1er. ciclo) | Composición de proyectos de obras industriales | Matemáticas (1er. ciclo) | Topografía (clase y academias) | Mineralogía (1er. ciclo) y geología general | Dibujo de máquinas (1ra. parte) y proyectos de mecanismos y transmisiones |
| Topografía (clase y academias) | | Geometría descriptiva y sus aplicaciones a la estereotomía, carpintería y estructuras metálicas y dibujo geométrico (dos años) | Topografía (clase y academias) | Fototopografía, precedida de nociones de geometría esférica, perspectiva y óptica geométrica y topología | Geometría descriptiva y sus aplicaciones a la estereotomía, carpintería y estructuras metálicas y dibujo geométrico (un año) | Geometría descriptiva y sus aplicaciones a la estereotomía, carpintería y estructuras metálicas y dibujo geométrico (dos años) |
| Geometría descriptiva y sus aplicaciones a la estereotomía, carpintería y estructuras metálicas y dibujo geográfico | | Física (nociones de mecánica, estática y dinámica de los fluidos y calor) | Geometría descriptiva y sus aplicaciones a la estereotomía, carpintería y estructuras metálicas y dibujo geométrico (1er. ciclo) | Dibujo topográfico y geográfico (dos años) | Física (nociones de mecánica, estática y dinámica de los fluidos y calor) | Física (nociones de mecánica y dinámica de los fluidos y calor) |
| Física (nociones de mecánica y estática y dinámica de los fluidos y calor) | | Dibujo arquitectónico (un año) | Física (nociones de mecánica y estática y dinámica de los fluidos y calor) | Hidrografía; hidromensura | Química (análisis cualitativa) | Dibujo arquitectónico (dos años) |
| Dibujo arquitectónico (1era. parte) | | Trabajos prácticos de estereotomía, carpintería y metales | Dibujo arquitectónico | Astronomía práctica precedida de trigonometría esférica; elementos de geodesia y elementos de teoría de los errores | Trabajos prácticos de estereotomía, carpintería y metales | Trabajos prácticos de estereotomía, carpintería y metales |
| Dibujo topográfico | | Mecánica general (estática) y mecánica aplicada a las construcciones (un año) | Dibujo topográfico | | Mecánica general (estática) y mecánica aplicada a las construcciones (un año) | Mecánica general (estática) y mecánica aplicada a las máquinas (primera parte) |

⁴ AHUNAM, Escuela Nacional de Ingenieros, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 21, exp. 37, fo. 1350-1354.

| | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Segundo año</u> | | Dibujo de máquinas (proyectos de mecanismo y transmisiones) (dos años) | <u>Segundo año</u> | | Dibujo de máquinas (dos años) | Nociones de geología |
| Matemáticas (2o. ciclo) | | Electricidad (clase y academias) | Matemáticas (2o. ciclo) | | Electricidad (clase y academias) | Procedimientos de construcción y tecnología de los materiales |
| Mecánica general (estática) y mecánica aplicada a las construcciones | | Química (análisis cuantitativa y docimasia) | Mecánica general (estática) y mecánica aplicada a las construcciones (1er. ciclo) | | Química (análisis cuantitativa y docimasia) | Composición arquitectónica |
| Electricidad (clase y academias) | | Mineralogía y geología (un año) | Electricidad (clase y academias) | | Mineralogía (dos años) | Presupuestos, contratos, avalúos y contabilidad |
| Química (análisis cualitativa) | | Hidráulica y máquinas hidráulicas | Geometría descriptiva, perspectiva, estereotomía, carpintería y estructuras metálicas (2do. ciclo) | | Metalurgia general y metalurgia de la plata y el oro, cobre, plomo, hierro, zinc y acero y preparación mecánica de los minerales | Mecánica general (dinámica) y mecánica aplicada a las máquinas (1ra. parte) |
| Mineralogía (1er. ciclo) y geología general | | Química industrial y electro-química | Elementos de arquitectura y dibujo arquitectónico (2a. parte) | | Proyectos de las instalaciones metalurgistas | |
| Dibujo de máquinas (1ra. parte) y proyectos de mecanismo y transmisiones | | Mecánica general (dinámica) y mecánica aplicada a las máquinas (dos años) | Dibujo de máquinas (1ra. parte); proyectos de mecanismos y transmisiones | | Mecánica general (dinámica) y mecánica aplicada a las máquinas (1ra. parte) | |
| Trabajos prácticos de estereotomía, carpintería y metales | | Química (análisis cualitativa) | Trabajos prácticos de estereotomía, carpintería y metales | | | |
| <u>Tercer año</u> | | Procedimientos de construcción y tecnología de los materiales de construcción | <u>Tercer año</u> | | | |
| Mecánica general (dinámica) y mecánica aplicada a las máquinas (1ra. parte) | | | Mecánica general (dinámica) y mecánica aplicada a las máquinas (1ra. parte) | | | |
| Procedimientos de construcción y tecnología de los materiales de construcción | | | Procedimientos de construcción y tecnología de los materiales de construcción | | | |
| Química | | | Mecánica | | | |

| | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---------------------------------------------------|--|--|--|
| (análisis cuantitativa y docimasia) | | | aplicada a las construcciones (2o. ciclo) | | | |
| Mineralogía (2o. ciclo) y geología aplicada (estudio de los yacimientos minerales) | | | Nociones de geología | | | |
| Dibujo de máquinas (2da. parte) | | | Hidráulica y máquinas hidráulicas | | | |
| | | | Composición de proyectos arquitectónicos | | | |
| <u>Cuarto año</u> | | | <u>Cuarto año</u> | | | |
| Mecánica aplicada a las máquinas (2a. parte) | | | Mecánica aplicada a las máquinas (2a. parte) | | | |
| Explotación de minas | | | Caminos comunes y ferrocarriles | | | |
| Preparación mecánica de los minerales: metalurgia general y metalurgia de la plata, oro, cobre, plomo, zinc, hierro y acero | | | Obras hidráulicas | | | |
| Proyectos de instalaciones mineras y metalúrgicas | | | Vías fluviales, puertos e iluminaciones de costas | | | |
| | | | Presupuestos, contratos, avalúos y contabilidad | | | |
| | | | Composición de proyectos de ingeniería civil | | | |

Tabla A1.2.4. 1928.⁵

| INGENIERO DE MINAS | INGENIERO CIVIL | INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA | INGENIERO TOPÓGRAFO E HIDRÓGRAFO | INGENIERO PETROLERO |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> |
| Matemáticas técnicas | Matemáticas técnicas | Matemáticas técnicas | Matemáticas técnicas | Matemáticas técnicas |
| Complementos de matemáticas técnicas (especiales para mineros) | Complementos de matemáticas técnicas (para civiles) | Complementos de matemáticas técnicas (para mecánico electricistas) | Complementos de matemáticas técnicas (especiales para topógrafos) | Complementos de matemáticas técnicas (para petroleros) |
| Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Astronomía práctica | Geometría descriptiva |

⁵ Universidad Nacional de México. Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería, pp. 3-10.

| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Física | Física | Física | Hidrografía e hidromensura | Física |
| Topografía | Topografía | Levantamiento de planos (inclusive las prácticas relativas y dibujo topográfico) | Topografía | Topografía |
| Electricidad y magnetismo | Electricidad y magnetismo | Electricidad y magnetismo | Prácticas parciales de topografía y dibujo topográfico | Electricidad y magnetismo |
| Tecnología para mineros (materiales y equipos de construcción) | Tecnología para civiles (materiales y equipos de construcción) | Tecnología para mecánicos electricistas (materiales y equipos de taller) | | Tecnología para petroleros (materiales y equipos de construcción) |
| Dibujo topográfico | Dibujo topográfico | Trabajos de taller | | Práctica de Dibujo topográfico |
| Prácticas parciales de topografía | Prácticas parciales de topografía | | | Prácticas parciales de topografía |
| Prácticas generales de topografía | Prácticas generales de topografía | | | |
| <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> |
| Complementos de matemáticas técnicas (especiales para mineros) | Complementos de matemáticas técnicas | Complementos de matemáticas técnicas | Complementos de matemáticas técnicas (especiales para topógrafos) | Complementos de matemáticas técnicas (especiales para petroleros) |
| Estática y primer curso de estabilidad | Estática y primer curso de estabilidad | Estática y estabilidad | Técnica de la geodesia, teoría de los errores y cálculo práctico | Estática y estabilidad |
| Mineralogía | Geología (para ingenieros civiles) | Electrotecnia, primer curso (C.C. Y C.A.) | Fototopografía (inclusive óptica geométrica) | Geología (primer curso) |
| Química cualitativa (laboratorio inclusive) | Procedimientos de construcción, primer curso | Electroquímica | Climatología, topología y topografía expeditiva | Mineralogía |
| Dibujo de elementos de construcción | Inglés técnico | Inglés técnico | | Inglés técnico |
| Electricidad y magnetismo | Electricidad y magnetismo | Dibujo técnico | | Electricidad y magnetismo |
| Geología, primer curso | Dibujo arquitectónico, primer curso | Ensayo de materiales y trabajos de taller | | Química orgánica |
| Ensayo de materiales | Ensayo de materiales | | | Ensayo de materiales |
| Levantamiento de planos mineros | Dibujo de elementos de construcción | | | Dibujo de elementos de construcción |
| <u>Tercer año</u> | <u>Tercer año</u> | <u>Tercer año</u> | | <u>Tercer año</u> |
| Dinámica y mecanismos | Dinámica y mecanismos | Dinámica y mecanismos | | Dinámica y mecanismos |
| Hidráulica | Hidráulica | Hidráulica | | Hidráulica |
| Geología, segundo curso | Complementos de hidráulica | Electrotecnia, segundo curso (teoría de las corrientes alternas) | | Geología, segundo curso |
| Máquinas hidráulicas | Estabilidad, segundo curso | Máquinas hidráulicas | | Máquinas hidráulicas |
| Procedimientos de construcción para mineros (inclusive ejercicios de estabilidad aplicada) | Procedimientos de construcción, segundo curso | Máquinas de corriente continua y de corriente alterna | | Procedimientos de construcción para petroleros (inclusive ejercicios de estabilidad aplicada) |
| Química cuantitativa (laboratorio inclusive) | Fierro estructural | Hidrología forestal | | Tecnología del petróleo y laboratorio de análisis |

| | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Electricidad y magnetismo | Electricidad y magnetismo | Máquinas de transporte y dibujo de elementos de máquinas | | Electricidad y magnetismo |
| Dibujo de máquinas | Dibujo arquitectónico, segundo curso | Laboratorio eléctrico, primer curso | | Dibujo de máquinas |
| Práctica de geología general | Dibujo de máquinas | | | |
| | Dibujo de elementos de construcción | | | |
| <u>Cuarto año</u> | <u>Cuarto año</u> | <u>Cuarto año</u> | | <u>Cuarto año</u> |
| Máquinas térmicas | Máquinas térmicas | Máquinas térmicas (generadores y motores de vapor) | | Máquinas térmicas |
| Concreto armado | Concreto armado | Distribución y transmisión de energía eléctrica | | Concreto armado |
| Geología, tercer curso (aplicaciones a los yacimientos minerales) | Ingeniería sanitaria | Mediciones eléctricas, fotometría y alumbrado | | Geología, tercer curso (aplicaciones a los yacimientos petrolíferos) |
| Laboratorio de electricidad | Máquinas hidráulicas | Ingeniería civil (conocimientos preceptivos de) | | Laboratorio de electricidad |
| Ingeniería eléctrica (conocimientos preceptivos de) | Ingeniería eléctrica (conocimientos preceptivos de) | Complementos de máquinas térmicas (estudio de máquinas de combustión interna precedido de termodinámica) | | Ingeniería eléctrica (conocimientos preceptivos de) |
| Inglés técnico | Puentes | Organización | | Laboratorio de concreto armado |
| Hidrología forestal (conferencias) | Hidrología forestal (conferencias) | Hidrología forestal (conferencias) | | Hidrología forestal (conferencias) |
| Organización, administración y oportunidades de la carrera de ingeniería de minas (conferencias) | Organización, administración y oportunidades de la carrera de ingeniería civil (conferencias) | Laboratorio eléctrico, segundo curso | | Organización, administración y oportunidades de la carrera de ingeniería petrolero (conferencias) |
| Laboratorio de concreto armado | Dibujo arquitectónico, tercer curso | | | |
| Práctica de ingeniería mecánica | Laboratorio de concreto | | | |
| Práctica de geología aplicada | Laboratorio de electricidad | | | |
| <u>Quinto año</u> | <u>Quinto año</u> | <u>Quinto año</u> | | <u>Quinto año</u> |
| Explotación de minas y proyectos de instalaciones mineras (incluidas legislación minera y contabilidad) | Obras hidráulicas | Proyectos de transmisiones y máquinas hidráulicas y térmicas | | Explotación del petróleo y proyecto de instalaciones en campos petroleros (incluidas legislación petrolera y contabilidad) |
| Preparación mecánica de los minerales, metalurgia y proyectos de instalaciones metalúrgicas | Vías terrestres | Máquinas hidráulicas y térmicas | | Destilación y refinación de petróleo (y proyectos de instalaciones en las refinerías) |
| Organización | Presupuestos, contratos y avalúos | Reparación y montaje de máquinas eléctricas (inclusive proyecto | | Organización |

| | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| | | elemental y operación) | | |
| Prácticas generales de minas | Organización | Proyecto de plantas de vapor | | |
| | Proyectos de obras hidráulicas | Proyecto de plantas hidroeléctricas | | |
| | Proyectos de vías terrestres | Laboratorio de máquinas (hidráulicas, de vapor y de combustión interna) | | |
| | Composición arquitectónica | Organización, administración, legislación y oportunidades de la carrera de ingeniería mecánico-eléctrica (conferencias) | | |
| | Prácticas generales de ingeniería civil | | | |

Tabla A1.2.5. 1935.⁶

| INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA | INGENIERO MUNICIPAL Y SANITARIO | INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA | INGENIERO CIVIL | INGENIERO TOPÓGRAFO | INGENIERO PETROLERO |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> | <u>Primer año</u> |
| Complementos de álgebra | Complementos de álgebra | Complementos de álgebra | Complementos de álgebra | Complementos de álgebra | Complementos de álgebra |
| Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral |
| Física - Mecánica | Física - Mecánica | Física - Mecánica | Física - Mecánica | Física - Mecánica | Física - Mecánica |
| Mineralogía y petrografía | Mineralogía y geología | Tecnología mecánica y eléctrica | Mineralogía y geología | Dibujo Topográfico | Mineralogía y petrografía |
| Conocimiento y fabricación de materiales | Conocimiento y fabricación de materiales | Ensayes para mecánico-electricistas | Conocimiento y fabricación de materiales | Topografía y prácticas parciales | Conocimiento y fabricación de materiales |
| Métodos generales de dibujo | Métodos generales de dibujo | Métodos generales de dibujo | Métodos generales de dibujo | Prácticas generales de topografía | Métodos generales de dibujo |
| Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | Geometría descriptiva | | Geometría descriptiva |
| Topografía y prácticas parciales | Topografía y prácticas parciales | Topografía y prácticas parciales | Topografía y prácticas parciales | | Topografía y prácticas parciales |
| Dibujo Topográfico | Dibujo Topográfico | Práctica y visita a talleres mecánicos | Dibujo Topográfico | | Dibujo Topográfico |
| Prácticas generales de topografía | Prácticas generales de topografía | | Prácticas generales de topografía | | Prácticas generales de topografía |
| <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> | <u>Segundo año</u> |
| Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral |
| Ecuaciones diferenciales | Ecuaciones diferenciales | Ecuaciones diferenciales | Ecuaciones diferenciales | Cálculo práctico | Ecuaciones diferenciales |
| Física - Acústica y óptica | Física - Acústica y óptica | Física - Acústica y óptica | Física - Acústica y óptica | Teoría de los errores | Física - Acústica y óptica |

⁶ Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935, pp. 9-14.

| Física - Fluidos, calor y termodinámica | Física - Fluidos, calor y termodinámica | Física - Fluidos, calor y termodinámica | Física - Fluidos, calor y termodinámica | Física - Acústica y óptica | Física - Fluidos, calor y termodinámica |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Geología física | Geología aplicada a las construcciones e hidrología | Física - Electricidad y magnetismo | Geología aplicada a las construcciones e hidrología | Física – Fluidos, calor y termodinámica | Geología física |
| Estática y nociones de estabilidad | Estática y nociones de estabilidad | Estática y nociones de estabilidad | Estática y nociones de estabilidad | Meteorología y climatología | Estática y nociones de estabilidad |
| Ensaye de materiales | Ensaye de materiales | Ensaye de materiales | Ensaye de materiales | Topología, hidrografía e hidromensura | Ensaye de materiales |
| Perspectiva | Perspectiva | Perspectiva | Perspectiva | Astronomía práctica | Perspectiva |
| Química inorgánica y análisis cualitativo | Visitas a fábricas de materiales y obras en construcción | Máquinas útiles | Visitas a fábricas de materiales y obras en construcción | Geodesia | Visitas a fábricas de materiales |
| Práctica de topografía subterránea | | Visitas a talleres | | Materia optativa | |
| | | | | Prácticas finales de hidromensura | |
| <u>Tercer año</u> | <u>Tercer año</u> | <u>Tercer año</u> | <u>Tercer año</u> | | <u>Tercer año</u> |
| Física - Electricidad y magnetismo | Cálculo práctico | Cálculo práctico | Cálculo práctico | | Cálculo práctico |
| Geología histórica y elementos de paleontología | Física - Electricidad y magnetismo | Cinemática y mecanismos | Física - Electricidad y magnetismo | | Física - Electricidad y magnetismo |
| Cinemática y mecanismos | Cinemática y mecanismos | Dinámica | Cinemática y mecanismos | | Geología histórica y elementos de paleontología |
| Dinámica | Dinámica | Estructuras de madera y metálicas y proyectos | Dinámica | | Cinemática y mecanismos |
| Estabilidad de las construcciones | Estabilidad de las construcciones | Hidráulica y prácticas | Estabilidad de las construcciones | | Dinámica |
| Hidráulica y prácticas | Hidráulica y prácticas | Máquinas térmicas y laboratorio | Hidráulica y prácticas | | Estabilidad de las construcciones |
| Concreto y laboratorio | Concreto y laboratorio | Proyecto de elementos de máquinas | Concreto y laboratorio | | Hidráulica y prácticas |
| Dibujo constructivo | Dibujo constructivo | Máquinas de corriente continua | Dibujo constructivo | | Concreto y laboratorio |
| Análisis cuantitativo y ensaye | Visitas a obras de ingeniería civil | Teoría de la corriente alterna | Visitas a obras de ingeniería civil | | Dibujo constructivo |
| Visitas a minas | | Mediciones eléctricas y laboratorio | | | Visitas a instalaciones petroleras |
| | | Visitas a plantas e instalaciones industriales | | | |
| <u>Cuarto año</u> | <u>Cuarto año</u> | <u>Cuarto año</u> | <u>Cuarto año</u> | | |
| Cálculo práctico | Procedimientos generales de construcción | Máquinas hidráulicas | Procedimientos generales de construcción | | <u>Cuarto año</u> |
| Geología aplicada a yacimientos minerales | Máquinas hidráulicas | Plantas de vapor | Máquinas hidráulicas | | Geología aplicada a yacimientos petrolíferos |

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------|
| Laboratorio de yacimientos minerales y de petróleo | Máquinas térmicas y laboratorio | Máquinas de combustión interna | Máquinas térmicas y laboratorio | | Laboratorio de yacimientos minerales y de petróleo |
| Máquinas hidráulicas | Ingeniería eléctrica y laboratorio | Dibujo para mecánico-electricistas | Ingeniería eléctrica y laboratorio | | Máquinas hidráulicas |
| Máquinas térmicas y laboratorio | Estructuras de madera y metálicas y proyectos | Máquinas de transporte y transmisiones | Estructuras de madera y metálicas y proyectos | | Máquinas térmicas y laboratorio |
| Ingeniería eléctrica y laboratorio | Ingeniería sanitaria, abastecimiento de aguas y proyectos | Construcción y organización de plantas y talleres | Ingeniería sanitaria, abastecimiento de aguas y proyectos | | Ingeniería eléctrica y laboratorio |
| Dibujo para mineros y petroleros | Química inorgánica y análisis cualitativo | Máquinas de corriente alterna | Puentes | | Dibujo para mineros y petroleros |
| 1° Explotación de minas | Microbiología y prácticas | Laboratorio de máquinas eléctricas | Visitas a obras de ingeniería civil | | Química petrolera |
| 1° Preparación mecánica de minerales, metalurgia y proyectos de instalaciones metalúrgicas | | Comunicaciones eléctricas | | | Laboratorio de petróleo y análisis de aguas |
| | | Visitas a plantas, talleres e instalaciones industriales | | | 1° Explotación del petróleo |
| | | | | | Prácticas de Geología Petrolera |
| <u>Quinto año</u> | <u>Quinto año</u> | <u>Quinto año</u> | <u>Quinto año</u> | | <u>Quinto año</u> |
| Métodos geofísicos de exploración | Dibujo de composición | Plantas hidroeléctricas | Dibujo de composición | | Métodos geofísicos de exploración |
| Contabilidad, costos y presupuestos | Contabilidad, costos y presupuestos | Contabilidad, costos y presupuestos | Contabilidad, costos y presupuestos | | Contabilidad, costos y presupuestos |
| Económica y organización | Económica, organización y legislación | Económica, organización y legislación | Económica, organización y legislación | | Económica y organización |
| Estructuras de madera y metálicas y proyectos | Análisis cuantitativo | Instalaciones industriales mecánicas y proyectos | Obras hidráulicas y proyectos | | Estructuras de madera y metálicas y proyectos |
| 2° Explotación de minas | Higiene industrial | Instalación, operación, conservación y prueba de maquinaria eléctrica | Puertos y vías fluviales y proyectos | | 2° Explotación del petróleo y proyectos de instalaciones petroleras |
| 2° Preparación mecánica de minerales, metalurgia y proyectos de instalaciones metalúrgicas | Ingeniería sanitaria y proyectos | Transmisión y distribución de energía eléctrica | Vías terrestres y proyectos | | Destilación, refinación y proyectos de plantas refinadoras |
| Materia optativa | Pavimentos y calzadas | Instalaciones industriales eléctricas y proyectos | Materia optativa | | Materia optativa |
| Prácticas generales | Iluminación, tránsito | Materia optativa | | | Prácticas de |

| | | | | | |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| de minas y metalurgia | y limpia | | | | geofísica y visitas a instalaciones petroleras |
| | Planeación de ciudades, parques y jardines | | | | |
| <u>Materias optativas</u> | <u>Materias optativas</u> | <u>Materias optativas</u> | <u>Materias optativas</u> | <u>Materias optativas</u> | <u>Materias optativas</u> |
| Economía minera | Fotografía | Combustibles y lubricantes | Operación de ferrocarriles | Topografía expeditiva (un término) | Explotación petrolera |
| Criaderos minerales no metálicos | Estructuras de concreto | Ingeniería mecánica de ferrocarriles | Explotación y administración de puertos | Fotogrametría (un término) | Refinación petrolera |
| Administración de minas | Higiene industrial | Curso superior sobre corriente alterna | Microbiología y plantas de saneamiento y purificación de aguas | Fotografía | Producción y transporte de petróleo |
| Trabajos de seguridad en las minas (un término) | | Mediciones eléctricas de precisión | Fotografía | Estructuras de concreto | Económica petrolera |
| Informes mineros y petroleros (un término) | | Electroquímica | Estructuras de concreto | Higiene industrial | Fotografía |
| Fotografía | | Fotografía | Higiene industrial | | Estructuras de concreto |
| Estructuras de concreto | | Estructuras de concreto | | | Higiene industrial |
| Higiene industrial | | Higiene industrial | | | |

A1.3. Sección de Ciencias de la Facultad de Filosofía y Letras

Tabla A1.3.1. 1932.⁷

| Maestro en ciencias físicas |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curso complementario de matemáticas (dos semestres) (no se exigía a los ingenieros civiles o de minas) |
| Matemáticas (cuatro semestres) (no se exigía a los ingenieros civiles o de minas) |
| Física (dos semestres) |
| Físico-Química (dos semestres) (no se exigía a los ingenieros de minas) |
| Química inorgánica (dos semestres) |
| Química orgánica (dos semestres) |
| Geografía física (un semestre) |
| Mineralogía (un semestre) |
| Geología (dos semestres) |
| Teoría de los errores (dos semestres) |
| <u>Materias optativas</u> |
| Cálculo de probabilidades (dos semestres) |
| Botánica (dos semestres) |
| Zoología (dos semestres) |
| Biología (dos semestres) |
| Estratigrafía y paleontología (dos semestres) |
| Topografía y geodesia (dos semestres) |
| Lógica y epistemología (dos semestres) |
| Metafísica (dos semestres) |

A1.4. Departamento de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Tabla A1.4.1. 1935⁸ (Las materias de carreras de ingeniería o de química aparecen en negritas, las de los estudios de matemáticas —del DCFM— aparecen en itálicas).

| Maestro en ciencias | Profesor de escuelas preparatorias | Profesor de escuelas secundarias y normales |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Primer ciclo</i> | Complementos de álgebra (dos semestres) | Complementos de álgebra (un semestre) |
| Complementos de álgebra (dos semestres) | <i>Trigonometría rectilínea y esférica (un semestre)</i> | <i>Trigonometría rectilínea y esférica (un semestre)</i> |
| <i>Trigonometría rectilínea y esférica (un semestre)</i> | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral (tres semestres) | Geometría analítica y cálculo diferencial e integral (tres semestres) |
| Geometría analítica y cálculo diferencial e integral (tres semestres) | Ecuaciones diferenciales (un semestre) | Física - Mecánica (un semestre) |
| Ecuaciones diferenciales (un semestre) | Cálculo práctico (dos semestres) | Física - Acústica y óptica (un semestre) |
| Cálculo práctico (dos semestres) | <i>Introducción al análisis matemático (dos semestres)</i> | Física - Fluidos, calor y termodinámica (un semestre) |

⁷ Julio Jiménez Rueda, "Los estudios universitarios en México y en el extranjero", pp. 355 y 356.

⁸ Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935, p. 11 bis.

| Física - Mecánica (un semestre) | Física - Mecánica (un semestre) | Física - Electricidad y magnetismo (dos semestres) |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Física - Acústica y óptica (un semestre) | Física - Acústica y óptica (un semestre) | Laboratorio de física (dos semestres) |
| Física - Fluidos, calor y termodinámica (un semestre) | Física - Fluidos, calor y termodinámica (un semestre) | |
| Física - Electricidad y magnetismo (dos semestres) | Física - Electricidad y magnetismo (dos semestres) | |
| Química orgánica (dos semestres) | Laboratorio de física (dos semestres) | |
| Español (dos semestres) | Historia de la física (dos semestres) | |
| Inglés (dos semestres) | Química orgánica (dos semestres) | |
| Francés o alemán (dos semestres) | Español (dos semestres) | |
| Materias optativas (cuatro semestres) | Inglés (dos semestres) | |
| | Francés o alemán (dos semestres) | |
| | Materias optativas (dos semestres) | |
| <u>Ciclo superior</u> | | |
| <i>Ecuaciones diferenciales (dos semestres)</i> | | |
| <i>Análisis vectorial (dos semestres)</i> | | |
| <i>Introducción al análisis matemático (dos semestres)</i> | | |
| Mecánica general (dos semestres) | | |
| Medidas físicas (dos semestres) | | |
| Introducción a la física teórica (cuatro semestres) | | |
| Historia de la física (dos semestres) | | |
| Idiomas (dos semestres) | | |
| Filosofía, literatura o ciencias naturales (cuatro semestres) | | |
| Materias optativas (ocho semestres) | | |

A1.5. Facultad de Ciencias

Tabla A1.5.1. 1939.⁹

| |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| Maestro en Ciencias |
| <u>Primer año</u> |
| Complementos de álgebra |
| Complementos de geometría y trigonometría |
| Geometría analítica y cálculo diferencial e integral |
| Física (1er. curso. Mecánica y calor) |
| Laboratorio de física (1er. curso) |
| Geometría descriptiva |
| <u>Segundo año</u> |
| Geometría analítica, cálculo diferencial e integral y ecuaciones diferenciales |
| Cálculo práctico |
| Física (2do. curso. Electricidad y óptica) |
| Laboratorio de física (2do. curso) |
| Electrónica |
| <u>Tercer año (cursos superiores)</u> |
| Análisis vectorial |
| Introducción al análisis matemático (I) |
| Historia de la física |
| Introducción a la física teórica (I) |
| Laboratorio de medidas físicas |
| <u>Cuarto año (cursos superiores)</u> |
| Introducción a la física teórica (II) |
| Física atómica |
| Métodos matemáticos de la física teórica |
| Dos materias electivas (cursos superiores de física o matemáticas) |

⁹ Leticia Plascencia Gaspar *et al.*, "La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudios", p. 164.

Tabla A1.5.2. 1941.¹⁰

| Maestro en Ciencias | Doctorado en Ciencias |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <u>Primer año</u> | Física nuclear |
| Complementos de álgebra | Vibración y sonido |
| Complementos de geometría y trigonometría | Teoría electromagnética |
| Geometría analítica y cálculo diferencial e integral | Mecánica analítica |
| Física (1er. curso. Mecánica y calor) | Mecánica cuántica |
| Laboratorio de física (1er. curso) | Teoría de la relatividad |
| <u>Segundo año</u> | |
| Geometría analítica, cálculo diferencial e integral y ecuaciones diferenciales | |
| Cálculo práctico | |
| Física (2do. curso. Electricidad y óptica) | |
| Laboratorio de física (2do. curso) | |
| Óptica geométrica y laboratorio | |
| <u>Tercer año</u> | |
| Análisis vectorial | |
| Introducción al análisis matemático (1er. curso) | |
| Historia de la física | |
| Electrónica y laboratorio | |
| Teoría de los circuitos eléctricos | |
| Introducción a la física teórica (1er. curso) | |
| <u>Cuarto año (cursos superiores)</u> | |
| Física atómica | |
| Termodinámica y teoría cinética | |
| Laboratorio de medidas eléctricas | |
| Introducción a la física teórica (2do. curso) | |
| Métodos matemáticos de la física teórica | |

¹⁰ Plascencia Gaspar *et al.*, *op. cit.*, p. 166.

APÉNDICE 2

Programas de materias de física

A2.1. Mecánica

A2.1.1. 1882. Mecánica¹

Cinemática

Consideraciones generales sobre la mecánica. Movimiento simple de un punto. Estudio de la ley del movimiento de éste, independiente de la naturaleza de la trayectoria. Teoría de los movimientos simultáneos. Teoría general de los movimientos simultáneos. Método de Roberval para trazar tangentes a las curvas. Aceleración en los movimientos simultáneos. Teoría general de la aceleración en el movimiento curvilíneo. Movimiento de un punto relativamente a un sistema móvil. Definición de movimiento relativo de un punto. Movimientos de traslación y rotación. Composición y descomposición de los movimientos. Composición de las velocidades. Composición de las aceleraciones. Movimiento de un cuerpo sólido alrededor de un punto fijo. Teorema fundamental de d'Alembert. Teorema de Poinsot. Movimiento de dos sólidos sujetos a permanecer en contacto. Movimiento general de un cuerpo sólido. Teorema de Julio Mozzi. Composición de los movimientos simples de un sólido. Composición y descomposición de las traslaciones y rotaciones.

Teoría de los mecanismos

Definición de máquina y enumeración de sus partes principales. Clasificación de las máquinas elementales según Rovertó Willis. Guías del movimiento circular y rectilíneo. Clase en la que la relación de las velocidades es constante. Su primer género. Engranajes cilíndricos exteriores. 2a, 3a y 4a solución práctica. Engranajes cilíndricos interiores. Engranajes cónicos. Engranajes hiperboloides. Tornillo sin fin. Detalles generales sobre los engranajes. Segundo y tercer género de la 1er clase, es decir, de aquella en que la relación de las velocidades es constante. Tercer género de la clase. Poleas locas, cuerdas y cadenas. Transmisión de movimiento por intermedio de un líquido. Primer género de la clase en que la relación de las velocidades es variable. Primer género de la clase en que varía periódicamente en el sentido de la transmisión. Órganos que sirven para iniciar y suspender el movimiento. Medios para modificar un enlace de éste. Medios de observación y aparatos adecuados para descubrir experimentalmente la ley de un movimiento.

Estática

Principios fundamentales de la estática y de la dinámica. Equilibrio de un punto material. Medida de las fuerzas. Definición de masa. Trabajo de las fuerzas. Teoría geométrica de los momentos. Nociones sobre la constitución de los cuerpos. Equilibrio de un punto material libre, no absolutamente libre, sujeto a permanecer sobre una superficie fija y sobre una curva fija. Equilibrio de un sistema cualquiera de puntos materiales. Diferentes principios de la estática. Teorema del trabajo virtual. Ecuaciones generales del equilibrio de un sistema material cualquiera. Casos particulares de ellas. Fuerzas equivalentes. Teoría de los pares. Composición de los pares. Condiciones del equilibrio. Reducción de las fuerzas a dos equivalentes. Equilibrio de un sólido que no está absolutamente libre. Máquinas. Equilibrio de los cuerpos pesados. Cuerdas y polígono funicular. Equilibrio de los sistemas de cuerpos rígidos articulados sin rozamiento. Introducción a la teoría de la resistencia de los materiales. Importancia de la noción del trabajo. Unidad de éste y sus fuentes. Principio del trabajo. Teoría de la transmisión de éste en las máquinas. Estudio que debe preceder a un proyecto de máquinas. Movimiento uniforme. Imposibilidad del movimiento perpetuo. Resistencias pasivas. Leyes del rozamiento. Observaciones relativas a estas leyes. Equilibrio de las máquinas simples teniendo en consideración el rozamiento. Equilibrio de la cuña y del tornillo. Resistencia en el rodamiento. Rozamiento mixto de los engranajes. Frotamiento en el tornillo sin fin. Cuerdas y correas. Rozamiento de las cuerdas y correas. Aparatos que sirven para medir el trabajo de las fuerzas. Indicador de Watt. Dinamitermos. Aparatos dinamométricos de Prony.

Dinámica

Ecuaciones diferenciales del movimiento. Movimiento de un punto material libre. Movimiento de un punto material no libre. Fuerza de inercia. Teoremas relativos al movimiento de un punto material. Teorema de las fuerzas vivas. Teoremas relativos a las cantidades de movimiento. Teoría de los movimientos relativos. Extensión de los teoremas generales de la dinámica al caso de los movimientos relativos. Caída de los cuerpos en el vacío. Movimiento del péndulo simple. Teorema de d'Alembert. Su aplicación a la determinación de las cargas dinámicas de los apoyos y soportes. Movimiento del centro de gravedad de un sistema cualquiera. Teoremas relativos a las cantidades de movimiento. Teorema de las fuerzas vivas. Extensión de los teoremas generales sobre el movimiento de los sistemas materiales al caso de los movimientos relativos. Teoría del choque. Aplicación de los teoremas generales al caso de un cuerpo sólido. Teoría de los momentos de inercia. Movimiento variado de las máquinas. Teoría de los volantes y cálculo de una máquina de simple efecto. Cálculo del volante de una máquina de doble efecto. Influencia de las masas excéntricas. Frenos y reguladores. Útil y transmisión.

Mecánica aplicada

Elementos del trabajo de las máquinas. Trabajo de los motores animados. Caracteres fundamentales del trabajo de los motores animados y todo lo que a él se refiere.

Hidráulica práctica

Derrame de los líquidos por orificios de diversos géneros. Orificios completos. Derrame con contracción completa. Derrame con contracción incompleta. Orificios rectangulares verticales alimentados por un guranreceptáculo y presentando las disposiciones ordinarias de las compuertas empleadas en la práctica. Coeficientes del grado teórico de los orificios circulares alimentados por un receptáculo y provistas de tubos aditicios de diversos géneros. Cálculo del gasto efectivo de los orificios rectangulares alimentados por un canal, produciéndose el derrame en las circunstancias ordinarias de la práctica. Orificios incompletos. Vertedores alimentados por un gran receptáculo y derramando libremente el agua. Las mismas pero derramando el agua en un líquido.

¹ María de la Paz Ramos Lara, *Historia de la física en México en el siglo XIX: Los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, pp. 212-214.

Cálculo del gasto de las compuertas vertedoras y de los diques transversales establecidos en un canal o en un curso de agua natural. Medida de las cargas del vertedor. Diques y vertedores de diversas formas establecidas en un curso de agua. Esguerramiento por orificios del tercer género. Leyes experimentales de las caídas superficiales. Derrame de los líquidos bajo una carga variable. Aplicaciones de la mecánica a las corrientes líquidas. Nociones sobre la resistencia de las paredes. Pérdidas de fuerza viva o de trabajo motor ocasionadas por las variaciones bruscas de sección. Velocidad de un fluido en la extremidad de un tubo conductor alimentado por un depósito. Observaciones relativas a los gases. Presiones en un punto cualquiera de un vaso o tubo. Altura a la que puede el agua elevarse en la extremidad de una cañería. Procedimiento para obtener la velocidad media en una sección cualquiera de una corriente descubierta. Expresión general de la potencia dinámica. Aforamiento de los cursos de agua. Derrame de gases y vapores. Trabajo motor gastado. Trabajo utilizado. Ecuación general de las ruedas hidráulicas. Investigación práctica del máximo de efecto útil. Ruedas hidráulicas de eje horizontal. Ruedas de paletas. Ruedas de Poncelet. Ruedas de paletas movidas por un lado. *Id.* de cajones. Turbina de Fourneyron. Turbina fontaine. Turbina Jonval y turbinas Girard. Ruedas de reacción. Hidropneumatisación de las ruedas hidráulicas. Máquinas de vapor. Nomenclatura de las partes principales de una máquina de émbolo. Máquinas de rotación inmediatas. Expansión, sus ventajas y progresos. Reglamentación de los tiradores. Operaciones relativas a la reglamentación de los tiradores y aplicaciones de las nociones relativas a ella. Marcha que hay que seguir para estudiar la reglamentación de una máquina en proyecto y de una ya existente. Generadores del vapor de agua. Los dos estados del vapor en las máquinas y valuación de la presión del vapor al estado de saturación y de expansión. Número de calorías necesarias para la producción del vapor de agua al estado de saturación. Densidades del vapor y cantidad de agua a una temperatura dada, necesaria para la condensación de un peso determinado de vapor. Cálculo de los efectos dinámicos. Comparación de los diversos sistemas de máquinas de vapor en uso. Límites de la potencia de una máquina de vapor. Cantidades prácticas de trabajo. Disposiciones principales y propiedades de los órganos distribuidores y reguladores. Órganos distribuidores. Máquinas motrices de hidrógeno. Aparatos reguladores.

A2.1.2. 1891. Mecánica Analítica²

Nociones geométricas. Sistemas de líneas. Definiciones. Equipotencias. Suma y diferencia geométricas. Línea media de un sistema. Resultante. Producto geométrico.

Momentos de líneas. Momento respecto de un punto. Momento resultante de un sistema cuya geométrica es nula. Relación entre los momentos de una línea o de un sistema respecto a diversos puntos del espacio. Momentos respecto de un eje. Momento de la resultante de un sistema. Momentos de una línea respecto de un eje cualquiera trazado por el origen. Momento de un sistema de líneas respecto a un eje. Momento medio de un sistema de líneas.

Equivalencias y composición de los sistemas de líneas. Sistemas equivalentes. Ejemplos. Composición de los sistemas de líneas. Caso general. Eje central de los momentos. Composición de las líneas situadas en el plano. Polígono funicular. Aplicaciones. Principales propiedades del polígono funicular. Polígono funicular de las fuerzas paralelas.

Centros de gravedad. Momentos de inercia. Centro de las distancias medias de un sistema de puntos. Centro de las líneas paralelas o centro de gravedad. Centro de gravedad de un sistema de dos grupos de puntos. Centro de gravedad de los volúmenes, superficies o líneas. Fórmulas simplificadas para determinar el centro de gravedad. El centro de gravedad se encuentra por su proyección. Fórmula para los espacios heterogéneos. Ejemplos de determinación del centro de gravedad. Teoremas de Guldin.

Momentos de inercia de un sistema de puntos. Radio de giración. Momentos de inercia de volúmenes, superficies y líneas. Momentos de inercia respecto á ejes paralelos y concurrentes. Elipsoide de inercia. Ejes principales de inercia. Determinación del momento de inercia de un sistema. Investigación del momento de inercia de los volúmenes.

Cinemática

Estudio general del movimiento de un punto. De la velocidad. Objeto de la cinemática. Movimiento de un punto. Trayectoria.

Representación gráfica de un movimiento. Movimiento uniforme, variado, periódico y periódicamente uniforme. Representación geométrica de la velocidad. Definición del movimiento por sus proyecciones. Movimientos simultáneos. Movimiento plano referido a coordenadas polares. Método de Roverbal para trazar tangentes á las curvas. Relación entre las velocidades de todos los puntos de una recta.

De la aceleración. Definición. Aceleración tangencial, normal y total. Aceleración de los movimientos proyectados y simultáneos. Uso de la aceleración para determinar el radio de curvatura. Ejemplo de la aplicación de las propiedades de movimiento proyectado. Caso en que la aceleración pasa constantemente por un punto fijo. Aplicación del movimiento de los planetas al derredor del Sol. Otra definición de la aceleración.

Determinación del movimiento de un punto. Leyes generales. Problema general de la determinación del movimiento de un punto. Primer teorema general, ejemplo. Segundo y tercer teoremas generales. Teoremas de las áreas. Cuarto teorema general. Aplicación del movimiento parabólico de los cuerpos pesados. Caso general del movimiento rectilíneo. Caso de una atracción central. Aplicación al movimiento de los cuerpos celestes.

Movimiento de un punto sujeto a ciertas condiciones. Definición de esas condiciones. Punto sujeto a moverse sobre una curva dada o una superficie dada. Aplicaciones al péndulo simple y al cónico. Péndulo cicloidal. Movimiento de un punto pesado sobre una recta inclinada. Braquistócrona de un punto pesado.

Sistemas invariables en movimiento. Movimientos instantáneos o elementales. Definición de los sistemas invariables. Movimiento de traslación y rotación. Movimiento elemental de una figura plana en su plano. Centro instantáneo de rotación para el trazo de tangentes a las curvas. Movimiento de un sistema invariable paralelamente á un plano fijo. Movimiento de una figura esférica en su esfera. Movimiento de un sistema invariable que tiene un eje fijo. Movimiento elemental más general de un sistema invariable. Eje instantáneo de rotación y deslizamiento.

Movimientos continuos. Deslizamiento de dos curvas una sobre otra. rodamiento de las mismas. Problema de Savary. Aplicación a la cicloide y a la epicloide. Deslizamiento y rodamiento de una superficie sobre otra. Movimiento continuo de una figura plana en su plano. Movimiento continuo de un sistema invariable.

Movimientos simultáneos y relativos

De la velocidad. Movimientos absolutos, relativo y de arrastre. Composición y descomposición de las velocidades. Composición de los movimientos simultáneos de los sistemas invariables. Movimiento de rotación al derredor de ejes concurrentes. Par de rotaciones.

² *Ibid.*, pp. 219-225.

Composición de un número cualquiera de traslaciones. Expresiones generales de las proyecciones sobre los ejes, de la velocidad de un punto que pertenece a un sistema invariable. Expresión de la velocidad relativa de un punto.

La aceleración. Composición de las aceleraciones. Representación y expresión de la aceleración complementaria. Aceleración en el movimiento relativo. Aceleraciones aparentes. Aceleración de un punto referido a coordenadas polares de un plano. Reposo relativo de un cuerpo pesado en la superficie de la tierra. Desviación al Este de la caída libre de un cuerpo pesado.

Leyes generales del movimiento de los sistemas. Sistemas cualesquiera. Generalidades. Velocidades y aceleración del centro de gravedad. Velocidades y desalojamientos traslatorios y no traslatorios. Aceleraciones recíprocas. Componentes de la aceleración media. Relación entre las velocidades y las aceleraciones. Teoremas generales. Principio de la conservación de las áreas. Sistema de ligas. Ecuaciones de las ligas. Asimilación a un sistema libre.

Sistemas invariables. Rotación alrededor de un eje. Expresión de las proyecciones y de los momentos de la velocidad y aceleración de un punto cualquiera. Suma de las proyecciones y de los momentos de las aceleraciones de todos los puntos. Discusión. Ley del movimiento. Ejes permanentes naturales de rotación. Sistemas en los que dos puntos deben quedar fijos. Condiciones para que las aceleraciones tengan una resultante única. Centro de percusión. Péndulo compuesto. Rotación al derredor de un punto fijo. Proyecciones sobre tres ejes móviles de la aceleración de un punto. Ecuaciones de Euler. Definición de la posición de los ejes móviles.

Mecánica

De las leyes físicas del movimiento. Condiciones para producirlo. Constitución de los cuerpos naturales. Punto material. Ley de continuidad. Circunstancias en las que se produce el movimiento. Aceleraciones independientes de las velocidades anteriores. Las aceleraciones sólo dependen de las posiciones relativas de los puntos. Comparación de velocidades ganadas por cuerpos puestos en relaciones mutuas. Definición de masa. Ley fundamental de la mecánica.

Las fuerzas y la inercia. Definiciones. Fuerzas, cantidad de movimiento, fuerza viva, impulsión y trabajo. Observación general sobre estas denominaciones.

Movimiento del centro de gravedad de un cuerpo. Medida de las masas. Peso de un cuerpo. Medida de las fuerzas. Unidad de fuerza y masa. Inercia. Principio de d'Alembert. Fuerza centrífuga.

Teoremas generales de la mecánica. Primer teorema general para un punto material. Segundo teorema general. Tercer teorema general. Teorema de las áreas. Cuarto teorema general. Introducción de la masa en las fórmulas relativas a los sistemas. Teorema del movimiento del centro de gravedad. Teorema de las cantidades de movimiento proyectadas sobre su eje. Teorema de los momentos de las cantidades de movimiento. Principio de la conservación de las áreas. Ejemplos familiares de la aplicación de estos teoremas. Movimiento del trompo. Efectos de una percusión sobre un cuerpo sólido. División en dos partes de la fuerza viva de un sistema. Teoremas de las fuerzas vivas y del trabajo. Trabajo de las fuerzas interiores.

De las fuerzas vivas y del trabajo. Del trabajo en general. Consecuencias del teorema de las fuerzas vivas aplicadas a un punto material. Propiedades de las superficies de nivel. Posiciones de equilibrio de un punto móvil. Potencial de una fuerza. Aplicaciones a la pesantez, a una fuerza central. Causa de una fuerza atractiva inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Potencial de atracción newtoniana. Energías. Potencial, actual y total. Aplicación a un ejemplo. Aplicación a un sistema en el que sólo hay fuerzas interiores. Función potencial. Principio de la conservación de la energía.

Valuación de las diversas clases de trabajo. Cálculo de los términos de la ecuación del trabajo. Trabajo del rozamiento. Resistencia al rozamiento. rigidez de las cuerdas. Choque de los cuerpos sólidos, fuerza viva y trabajo en el movimiento de rotación. Trabajo en las máquinas. Rendimiento de una máquina. Utilidad de los volantes. Trabajo de las fuerzas de ligas.

Del equilibrio y de las máquinas simples

Del equilibrio. Equilibrio de un punto material libre. Equilibrio de un punto sujeto a ligas. Equilibrio de un sistema de ligas. Condiciones de equilibrio entre las fuerzas exteriores. Casos en que están satisfechas y bastan. Fuerzas estáticamente equivalentes. Equilibrio de un hilo. Tensión. Hilo sometido a varias fuerzas aisladas. Hilo sometido a fuerzas continuas. Aplicaciones. Parábola. Catenaria. Condiciones de equilibrio de un sistema pesado. Aplicaciones. Balanzas. Aportes levadizos.

Máquinas simples. Generalidades sobre las máquinas simples. Palanca. Polea fija. Rozamiento de una cuerda sobre un cilindro. Polea móvil. Torno. Plano inclinado. Cuña isósceles. Tornillo. Rodillos de transportes.

Mecánica aplicada

Aplicación de los principios de la estática a las máquinas simples. Palanca, sus condiciones de equilibrio, presión sobre el punto de apoyo. Diferentes especies de palanca. Palancas múltiples. Balanzas. Condiciones de una buena balanza. Método de las dobles pesadas. Romana. Su graduación. Básculas. Condiciones de equilibrio. Polea fija y móvil. Equilibrio en ambas. Presión que sube el eje de una polea. Sistema de poleas móviles. Tróculas. Poleas diferenciales. Torno, sus condiciones de equilibrio. Presión sobre los muñones. Torno de los canteros. Cabrestante. Torno diferencial. Ruedas de engrane. Cric. Cabría. Guas. Condiciones de equilibrio de estas diversas especies de máquinas. Plano inclinado. Condiciones de equilibrio. Presión que sufre un plano inclinado. Usos del plano inclinado. Planos inclinados automotores. Aplicaciones. Cuña, sus condiciones de equilibrio y aplicaciones. Tornillos.

Transformación de movimientos. Transmisión por bandas y poleas. Ejes paralelos a gran distancia. Los ejes giran en el mismo sentido. Determinación de la longitud de la banda. Los ejes giran en sentido contrario. Longitud de banda. Tensores. Ancho de las correas. Reglas para establecer una transmisión de movimiento por medio de bandas. Forma de las poleas. Poleas locas. Poleas escalonadas. Caso de ejes no situados en el mismo plano. Caso de ejes situados en planos perpendiculares.

Teoría y trazo de los engranes

Ejes paralelos situados a corta distancia. Cilindros de fricción. Engranes planos. Definiciones. Problema general de los engranes. Paso y juego de los engranes. Espesor y ancho de los dientes. Cálculo del número de dientes. Curvas de perfil de los dientes. Trazo de los engranes planos. Engrane de linterna. Engrane de flancos. Achaflanamiento de los dientes. Límite de los dientes. Inconvenientes del engrane de los francos. Engranes epicicloidales. Engranes de devolutas. Límites de los dientes. Inconvenientes de estos engranes. Trazo práctico de los engranes. Trazo de los dientes por dos arcos de círculo. Rueda de muescas. Engranes interiores. Mosca de Lahire. Ruedas parásitas. Equipos de engrane. Casos particulares de los engranes planos, cremallera de flancos, rectos, curvos y oblicuos.

Ejes concurrentes. Conos de fricción. Engranes cónicos. Trazo práctico de los engranes cónicos. Ejes dirigidos de un modo cualquiera. Caso particular. Tornillo sin fin. Principio y trazo práctico. Tornillo tangente. Engrane helicoidal. Juntas. Junta de Oldham. Relación de las velocidades angulares. Junta universal. Junta doble de Hooke. Bielas y manzuelas. Relación de las velocidades. Representación gráfica de la ley de los espacios y de la ley de las velocidades. Manzuelas dobles, triples. Manzuela y varilla guiada por una corredera. Relación de las velocidades. Excéntricas. Sus distintas especies y ley del movimiento. Levas. Sus distintas especies y ley de movimiento. Paralelogramos articulados. Paralelogramos de Watt. Principio en que se funda. Disposición del paralelogramo. Establecimiento. Paralelogramo para máquinas de los buques. Rombo de Peaucellier. Principio en que se funda. Primero y segundo caso,

y su caso gráfico. Trinquetes y nudos. Estudio de los diferentes sistemas empleados. Guías de movimiento. Guías del movimiento rectilíneo. Guías del movimiento circular.

Resistencias pasivas: Resistencias de los cuerpos rígidos. Rozamiento. Sus leyes. Rozamiento de deslizamiento. Rozamiento al partir. Rozamiento durante el movimiento. Ángulo del rozamiento. Coeficiente de rozamiento. Rozamiento de los muñones. Rozamiento contra los tejuelos. Rozamiento de los engranes. Rozamiento de rodamiento. Sus leyes.

Resistencias de las cuerdas y correas. Rozamientos de cuerdas y correas. Rigidez de las cuerdas. Aplicaciones de las resistencias pasivas. Diferentes especies de frenos. Del trabajo en las máquinas simples, teniendo en cuenta el rozamiento y rigidez de las cuerdas. De los motores. Consideraciones generales. Freno de Prony. Dinamómetro de Morin y de tracción. Motores animados. Consideraciones sobre los motores animados. Empleo de los animales como motores. Malacates. Transporte horizontal de los fardos. Empleo del aire como motor. Navíos de vela. Molinos de viento. Anemómetros. Ventiladores.

Del agua como motor. Receptores hidráulicos. Consideraciones generales. Creación de una caída de agua. Determinación del trabajo de una caída de agua, o en una corriente. Ecuación general del trabajo en los receptores hidráulicos. Computas. Ruedas hidráulicas. Ruedas de paletas planas movidas por debajo. Fórmula del trabajo. Efecto útil. Efecto máximo. Efecto práctico. Caso en que las aspas tienen un juego considerable en el canal. Ruedas de aspas curvas o de Poncelet. Ecuación del trabajo. Efecto útil. Efecto teórico y práctico. Ancho de las coronas. Trazo de las aspas. Trazo de la parte del canal que queda bajo la rueda. Ruedas de costado. Rueda Sagebien. Ruedas de cajones o artesas que reciben el agua por el vértice superior. Fórmula del trabajo. Rendimiento teórico y práctico. Determinación de la velocidad relativa del agua. Trazo del perfil de los cajones. Forma de la superficie libre del líquido en los cajones. Ruedas de eje vertical. Rueda de cuchara. Rueda de cuba.

Turbinas. Consideraciones generales. Turbina Fourneyron. Su teoría. Trazo de las aspas y directrices. Turbina Fontaine, Jonval y Fossey. Su teoría. Trazo de las directrices en las turbinas Fossey. Turbinas Girard y J. Lefel. Máquina de columna de agua. Máquinas para elevar el agua. Cubos. Rosarios. Norias. Ruedas de cajones. Tornillo de Arquímedes. Ariete. Bombas, émbolos y válvulas. Bombas aspirantes. Su trabajo. Bombas aspirantes impelentes. Su trabajo teórico. Trabajo efectivo. Bombas centrífugas. Bombas rotorias de un eje, Ídem de dos ejes. Bomba Grundl. Aplicaciones de la presión hidráulica. Acumuladores y ascensores. Motores de vapor. Su historia. Clasificación de las máquinas de vapor. Fórmula general del trabajo en una máquina de vapor. Aplicación de los diferentes sistemas de máquinas. Trabajo debido a un kilogramo de combustibles. Trabajo debido a la evaporación de un kilogramo de agua. Comparación entre los diferentes sistemas de máquinas. Fórmulas prácticas.

Generadores de vapor. Aparatos de calefacción. Parrilla. Superficie de las parrillas. Superficie de calentamiento. Volumen de agua en la caldera. Volumen de vapor en la caldera. Estudio de diversos tipos de caldera. Chimeneas. Aparatos de seguridad en las máquinas de vapor. Manómetros. Indicadores de nivel. Flotadores de silbato y magnético. Válvulas de seguridad, etc. Órganos de las máquinas de vapor. Cilindro. Émbolos. Purgas. Distribución del vapor. Concha. Ángulo de montadura. Adelanto al escape. Adelanto a la admisión. Encubrimientos exterior e interior. Sistemas de expansión. Expansión fija, variable y de Mayer. Facot. Otros sistemas perfeccionados de expansión. Distribución en las máquinas de dos cilindros (Woolf y Compound). Arreglo de los distribuidores. Órganos para el cambio de marcha. Corredera Stephenson. Goock de Allen. Cambio de marcha de tornillo. Moderadores o reguladores de velocidad. Moderador de Watt, Farcot, Andrade.

Volante. Teoría del volante. Cantidad de trabajo que almacena un volante. Manivela de simple y doble efecto. Aparatos de alimentación. Bombas de alimentación. Inyectores Giffard. Su teoría. Otros tipos de inyectores. Aparatos de condensación. Condensación por inyección. Condensación por superficie. Sistemas diversos de máquinas de vapor: Máquinas fijas verticales. Watt, Woolf. Máquinas horizontales. Máquinas semifijas. Máquinas oscilantes. Máquinas de rotación. Locomóviles. Locomotoras. Diferentes partes que componen una locomotora. Diferentes clases de locomotoras. Marcha de las locomotoras. Frenos para locomotoras y vagones.

Máquinas marinas. Propulsores de los navíos de vapor. Aplicación del vapor directo para elevar los líquidos. Pulsómetros y eyectores. Máquinas de aire caliente y de gas. Principio de las máquinas de aire caliente. Máquinas de Ericson, Laubereau y Ridder. Inconvenientes de estas máquinas. Máquinas de gas. Principio de los gasómetros. Motor de Belou, de Hock. Principios de las máquinas de gas. Tipos diversos. Sucintas descripciones de motores eléctricos.

A2.1.3. 1905. Primer Curso de Mecánica (Mecánica Analítica)³

Objeto de la Mecánica. Su extensión y sus métodos. Lugar que le corresponde en la jerarquía de las ciencias. Su división.

Cinemática

Consideraciones generales. Diferencia entre la manera de estudiar el movimiento en Geometría y en Cinemática. El problema de la Cinemática y el de la Dinámica. Importancia del estudio geométrico del movimiento.

Movimiento de un punto. Ley del movimiento y su representación gráfica. Razón de variación de las cantidades y aplicación de esta noción a varias cantidades dinámicas. Velocidad.

Movimientos simultáneos: Composición y resolución de los movimientos.

Aceleración: Aceleración en el movimiento uniformemente variado. Aceleración en el movimiento rectilíneo variado en general. Aceleración en el movimiento curvilíneo.

Movimiento de traslación y de rotación de un sólido

Dinámica

Estudio experimental del choque de los cuerpos. El concepto de masa. La cantidad de movimiento o *momentum*.

Leyes generales del movimiento. Definición de fuerza de Newton. Los axiomas o principios fundamentales del movimiento según Newton. Análisis de la tercera ley y sus consecuencias más inmediatas. El trabajo y la energía. El principio de la conservación de la energía.

Aplicación de los principios anteriores: Movimiento de los proyectiles. Movimiento de un punto que no es libre. El péndulo

Estática

Consideraciones generales. El problema del equilibrio como caso particular de el del movimiento. La estática como rama independiente de la dinámica.

Los principios de la palanca y del plano inclinado. De la composición de las fuerzas. El principio del paralelogramo de las fuerzas

³ –Escuela Nacional de Ingenieros. Primer curso de Mecánica. Programa”, en *Boletín de Instrucción Pública*, tomo IV, núm. 1, 10 de diciembre de 1904, pp. 147-151.

según Newton. Demostración geométrica del mismo D. Bernoulli y análisis de esta demostración. Centro de gravedad y movimiento estático.

El principio de las velocidades virtuales: La demostración de este principio según Lagrange y por el teorema de las fuerzas vivas.

Aplicación del principio de las velocidades virtuales a la determinación de las ecuaciones de equilibrio de un sólido invariable y libre. Estudios de algunos casos particulares.

Fuerzas estáticamente equivalentes.

Teoría de las equipotencias y de las sumas geométricas.

Teoría geométrica de los movimientos y de la equivalencia de las líneas.

Proyecciones del movimiento sobre un plano y sobre una recta. Continuación del estudio de los movimientos compuestos.

Composición de las velocidades. Movimiento de un punto referido a un sistema de coordenadas rectilíneas. Movimiento de un punto referido a un sistema de coordenadas polares. Método de Roberbal para el trazado de las tangentes a las curvas.

Movimientos simultáneos de un sólido. Composición de los movimientos simultáneos elementales. Composición de las traslaciones. Composición de una traslación y una rotación. Composición de las rotaciones. Composición de los movimientos cualesquiera.

Descomposición de un movimiento elemental en tres traslaciones paralelas a tres ejes y en tres rotaciones alrededor de esos ejes.

Expresión general de las proyecciones sobre tres ejes de la velocidad de un punto de un sistema invariable.

Teoría de los movimientos relativos: Movimientos relativos de un punto con relación a un sistema de ejes animados de una traslación. Movimiento de un punto con relación a un sistema de ejes animados de una rotación. Movimiento de un punto con relación a un sistema que se desaloja de una manera cualquiera.

Movimiento relativo de dos sólidos que se desalojan de una manera cualquiera.

Teoría del rodamiento y del deslizamiento de los sólidos.

Aplicaciones. Aceleración tangencial y aceleración centrípeta. Aceleración en el movimiento proyectado sobre un plano fijo. Aceleración en el movimiento proyectado sobre un eje fijo. Aceleración en el movimiento de un punto referido a un sistema de coordenadas rectangulares. Otra expresión de la aceleración de un punto, según su desalojamiento en el espacio. Aceleración en un movimiento compuesto. El hodógrafo.

Dinámica

A qué se reduce el problema de la dinámica en el caso de una partícula o punto material.

Las ecuaciones generales del movimiento de un punto. Los teoremas generales del movimiento. Integración de las ecuaciones diferenciales del movimiento en el caso en que éste sea rectilíneo. Aplicación de los principios anteriores.

Movimiento de un punto material que no es libre. Consideraciones generales sobre el problema de la determinación del movimiento de un punto que está obligado a quedar sobre una superficie o sobre una curva. Hipótesis en que se resuelve este problema en Mecánica General. Establecimiento en esa hipótesis de las ecuaciones generales del movimiento en el caso de una curva y en el de una superficie. Aplicación de este problema del teorema de los momentos de las cantidades de movimiento y del de las fuerzas vivas. Ventajas de la aplicación de este último. Aplicación de las teorías anteriores.

Movimiento de un grupo cualquiera: Consideraciones generales: Algunos ejemplos para que se perciba claramente la diferencia entre el problema en el caso de un punto y de un cuerpo.

El problema del péndulo compuesto. Soluciones de Huygens y Jacobo Bernoulli. Las ideas emitidas por Bernoulli en la solución de ese problema generalizadas por d'Alembert en el teorema de su nombre. Importancia y carácter de este principio y sus relaciones con otros de la Mecánica. La solución de Huygens generalizada por J. Bernoulli en el teorema de las fuerzas vivas. Forma actual de este principio. Las fuerzas interiores y las fuerzas de liga. Los otros teoremas generales de la Mecánica. Independencia de la hipótesis de las fuerzas interiores y de las relativas a la constitución íntima de los cuerpos.

Consecuencia del principio de las fuerzas vivas: La función fuerza y la función potencial. El principio de la conservación de la energía. Carácter de este principio en su forma más general.

Equilibrio

El problema del equilibrio como caso particular de el del movimiento resuelto por el principio de las fuerzas vivas. Equilibrio de un sistema material libre. Equilibrio de un sistema de ligas. Aplicación al caso de un sistema pesado. Equilibrio de un hilo: Catenaria.

Movimiento de un sólido invariable: Teoría general de los momentos de inercia. Movimiento de un sólido enteramente libre. Movimiento de un sólido que tiene un eje fijo; péndulo compuesto. Centro de percusión.

Movimiento de los sólidos naturales. El choque de los cuerpos: El choque por la aplicación de los principios de Newton. Informaciones que hay que tomar experimentalmente para la aplicación de esos principios. Solución del problema por la aplicación de los principios de la conservación del *momentum* y de la energía.

Deslizamiento y rodamiento de dos sólidos uno sobre otro.

Ejemplos de movimiento de sólidos naturales.

A2.1.4. 1908. Primer Curso de Mecánica⁴

Cinemática

El problema del movimiento bajo el punto de vista geométrico. Movimiento del punto. Ley del movimiento o movimiento uniforme. Velocidad en el movimiento uniforme. Movimiento variado, representación gráfica del movimiento. Extensión del concepto de velocidad en el movimiento uniforme a un movimiento variado cualquiera. Determinación geométrica y analítica de la velocidad. Relación entre la velocidad y el espacio recorrido. Velocidad angular.

Movimientos simultáneos. Definiciones. Composición de dos o más desalojamientos. Composición de dos movimientos rectilíneos uniformes. Composición de dos movimientos rectilíneos uniformes. El problema de la composición de los movimientos considerado

⁴—Programas de la Escuela N. De Ingenieros, aprobados provisionalmente por la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para que rijan en el año escolar de 1908”, *Boletín de Instrucción Pública*, tomo IX, núms. 4, 5 y 6, abril, mayo y junio de 1908, pp. 974-979.

analíticamente. Composición de las velocidades de dos o más movimientos simultáneos.

Las magnitudes geométricas o vectores. Definiciones. Sumas geométricas o composición de vectores. Aplicación a la determinación de las relaciones algebraicas que existen entre la velocidad resultante y la componente.

La aceleración. Movimiento rectilíneo uniformemente variado. Movimiento rectilíneo cualquiera. Movimiento curvilíneo variado. El hodógrafo. Las componentes tangencial y centrípeta de la aceleración.

Movimiento de un punto referido a coordenadas rectilíneas y polares. Progresión del movimiento. Velocidad y aceleración en los movimientos proyectados.

Cinemática del sólido

Movimientos elementales simples de un sólido. Traslación y rotación. Composición de esos movimientos. Casos particulares. Movimiento elemental de una figura plana en su plano, y de un sólido que tiene un punto fijo. Aplicaciones geométricas de estas teorías. Reducción de un movimiento elemental cualquiera de un sólido a una traslación y una rotación simultáneas.

Movimientos continuos. Deslizamiento y rodamientos de dos curvas, una sobre otra, y aplicaciones geométricas. Movimiento continuo de una figura plana en su plano. Deslizamiento y rodamiento de dos sólidos. Movimiento continuo de un sólido.

Composición de las aceleraciones. En qué el movimiento de arrastre es una traslación. Caso general.

Movimientos periódicos. Movimiento periódico simple. Composición de los movimientos del mismo período; empleo de los vectores giratorios. Composición de dos movimientos vibratorios paralelos de períodos desiguales.

Mecanismos. Consideraciones generales. Engranajes. Excéntricas. Balancines. Bielas y manubrios. Correas.

Mecánica propiamente dicha

Sus principios

Estática

El principio de la palanca de Arquímedes. Análisis de la demostración de Arquímedes. Las máquinas simples explicadas por el principio de la palanca. Las fuerzas consideradas como presiones. Teorema de los momentos de Varignon. Estática de Varignon. El centro de gravedad.

El principio de las velocidades virtuales. *Ídem* de Stevin y Galileo. Generalización del principio por J. Bernoulli. Demostración de Lagrange y análisis de la misma. El trabajo mecánico.

Dinámica

Trabajos de Galileo sobre la caída de los graves. El principio de la inercia. Relación entre las presiones y las aceleraciones. Trabajos de Huygens: la fuerza centrífuga. Movimiento de los proyectiles.

Trabajos de Newton: Ley de la gravitación universal. La noción de masa. Generalización del concepto de fuerza. Relaciones entre las fuerzas medidas como presiones y las aceleraciones que toman las masas sobre las cuales obran. La ley de la acción y de la reacción.

Las acciones o leyes fundamentales del movimiento. Ejemplos de aplicación de estas leyes. Consecuencias generales más inmediatas de las mismas.

De la medida de las fuerzas y de las masas; principios en que se fundan; los dos sistemas de unidades empleados en mecánica y las tres unidades fundamentales en cada uno de ellos. Homogeneidad en el sistema de longitud, masa y tiempo. Dimensiones de las unidades derivadas.

Desarrollo formal de la Estática. Generalización de la noción del momento. Teoría general de los momentos.

Valuación del trabajo en un desalojamiento elemental cualquiera de un sólido. Los teoremas de la composición de las fuerzas deducidas del principio del trabajo virtual.

Generales de equilibrio de un sólido libre.

Casos particulares.

Equivalencia de los sistemas de fuerza. Teoría de los pares. Reducción de un sistema de fuerzas a otro más sencillo.

Equilibrio de los cuerpos en el caso en que haya ligas. Método general. Cuerpo que tiene un punto fijo. Cuerpo que tiene un eje fijo. Cuerpo en el que algunos de sus puntos están obligados a quedar sobre un plano. Reacciones de los apoyos. Equilibrio de los cuerpos pesados. Cuerpos pesados con un punto fijo. Cuerpos pesados con un eje fijo. Cuerpos apoyados sobre un plano. Reacciones de los apoyos.

Teoría general del centro de gravedad. Determinación del centro de gravedad de una figura cualquiera. Aplicaciones geométricas de los centros de gravedad.

Equilibrio de los sistemas deformables. Principio de la solidificación; sistemas articulados. Condiciones de equilibrio de una barra. Determinación de los esfuerzos longitudinales en las barras de un sistema articulado. Método de los nodos y de las secciones. Sistemas funiculares; condiciones de equilibrio de un cordón; determinación de las tensiones de los cordones de un sistema funicular. Forma de equilibrio de un cable de un puente suspendido. Equilibrio de un hilo pesado homogéneo.

Método gráfico para la composición de las fuerzas situadas en un plano. Polígono de las fuerzas y polígono funicular. Composición de las fuerzas por medio del polígono funicular. Suma de los momentos de un sistema de fuerzas. Propiedades geométricas de los polígonos funiculares. Determinación gráfica de los esfuerzos longitudinales de las barras de un sistema articulado por los métodos de los nodos y de las secciones.

Equilibrio de los sólidos naturales. Consideraciones generales y nuevos elementos que hay que pedir a la experiencia para la solución del problema. Resistencia de un sólido prismático a la extensión y a la compresión. Equilibrio de un sólido por fuerzas que tienden a flexionarlo. Determinación de la forma de equilibrio y de los esfuerzos en un punto cualquiera valiéndose de la hipótesis de Bernoulli. Casos particulares del problema anterior. Equilibrio de un sólido pesado sobre un plano horizontal. Determinación de las presiones en un punto cualquiera del plano que sirve de apoyo.

Desarrollo formal de la Dinámica

Problema general de la determinación del movimiento de una partícula. Ecuaciones diferenciales el movimiento. Movimiento rectilíneo de una partícula material. Movimiento curvilíneo de una partícula; los cuatro teoremas generales de la dinámica del punto; teoremas relativos a las cantidades de movimiento, teoremas de los arcos y teoremas de las fuerzas vivas. Algunos ejemplos clásicos de movimientos rectilíneos y curvilíneos. Fuerzas centrales; como ejemplo, movimiento de un punto atraído en razón inversa del cuadrado de las distancias.

Movimiento de un punto material que no es libre. Datos que deben pedirse a la experiencia para la solución del problema. Solución en el caso límite en que el frotamiento sea nulo. Ejemplos: Movimiento de una partícula pesada en un plano o en una línea inclinados; péndulo circular y cicloidal; péndulo cónico; Braquistocrono de un punto pesado.

Equilibrio y movimientos relativos. Fuerzas aparentes en el movimiento relativo. Equilibrio del movimiento relativo de un punto

material. Ecuaciones diferenciales del movimiento relativo y aplicación al movimiento relativo de los teoremas generales del movimiento. Movimientos relativos de dos puntos que no están sometidos más que a sus acciones mutuas. Aplicación de las teorías generales a los movimientos de los planetas y al equilibrio y movimientos de los cuerpos en la superficie de la tierra.

Dinámica del sólido. Trabajos de Huygens y de Bernoulli. Exposición del problema general de la Dinámica. Solución por d'Alembert generalizando la solución de Bernoulli del problema del péndulo compuesto. Análisis del principio de D'Alembert. Aplicación del principio a algunos casos particulares.

El problema de la dinámica resuelto por S. Venant y Poisson según las ideas de Laplace. Constitución molecular de los cuerpos, fuerzas interiores, sólido invariable. Los teoremas generales del movimiento de un sólido. Teoremas relativos a las cantidades de movimiento del centro de gravedad. Relaciones entre el principio de d'Alembert y los tres primeros teoremas arriba mencionados. Teorema de los arcos, plano invariable. Extensión de los teoremas generales al cono de movimientos relativos en general y en particular. Cuándo los ejes móviles pasan por el centro de gravedad. Los teoremas generales en el caso en que existan ligas.

Movimiento del sólido invariable. Teoría general de los movimientos de inercia. Movimiento del sólido libre. Ecuación de Euler. Movimiento de un sólido que tiene un eje fijo. Ecuación del movimiento y reacciones de los apoyos. Péndulo compuesto. Centro de percusión. Teoría del potencial. Consecuencia del principio de las fuerzas vivas aplicada a un punto material. Superficies de nivel. Potencial de una fuerza. Aplicación a la gravedad y al caso de una fuerza central. Potencial de atracción Newtoniana. Energía, sus diversas formas. Principio de la conservación de la energía. Sistemas conservativos.

Choque de los cuerpos: Las leyes del choque estudiadas por los principios de Newton y por la aplicación del principio de la conservación de la energía. Pérdida de energía en el choque de los cuerpos no elásticos.

El frotamiento. Leyes empíricas del frotamiento en el deslizamiento de dos sólidos uno sobre otro. Coeficiente de frotamiento y ángulo de frotamiento. Deslizamiento de un cuerpo pesado sobre un plano inclinado teniendo en cuenta el frotamiento. Equilibrio de un cuerpo pesado colocado sobre un plano considerando frotamiento. Equilibrio de dos sólidos que se tocan. Leyes empíricas del frotamiento en el rodamiento de un sólido sobre otro. Movimiento de un cilindro pesado en un plano inclinado. Aplicaciones de las leyes del frotamiento a algunos casos prácticos.

A2.1.5. 1916

A2.1.5.1. Primer Curso de Física (cuestionario para los exámenes)⁵

Noción de momento. Explicación del tornio y del plano inclinado fundándose en el principio de los momentos. Fenómenos capilares. Tensión superficial. Fórmula de Laplace. Ascensión o depresión de un líquido en los tubos capilares. Influencia de los fenómenos capilares sobre la profundidad a la que se sumergen los aerómetros.

Principio del paralelogramo de las fuerzas como consecuencia del principio de los momentos. Teorema de Varignon. Explicación del tornio y del plano inclinado por el principio de la composición de las fuerzas. Propiedades generales de los gases. Presión atmosférica; barómetros. Medida de las alturas con el barómetro.

Velocidad en el movimiento uniforme y en el variado. Movimiento uniformemente variado. Aceleración en este movimiento. Principio de Torricelli y de Bernoulli. Valor de la presión en un punto cualquiera en el interior de un vaso del que escurre un líquido.

Movimiento circular, velocidad y aceleración angulares. Expresión del trabajo de las fuerzas aplicadas a un sólido que gira alrededor de un eje. Propiedades generales de los líquidos. Principios de Arquímedes y de Pascal; su interpretación mecánica. El teorema fundamental de la hidrostática.

Composición y descomposición de las fuerzas paralelas. Centros de gravedad. Pares. El principio de Pascal como consecuencia del fundamental de la hidrostática. Empuje de un líquido sobre las paredes del vaso.

Caída de los cuerpos. Movimiento sobre un plano inclinado. Relación entre las aceleraciones, las fuerzas y las masas. Variación de la presión con la profundidad. Superficie libre de un líquido en equilibrio. Equilibrio de líquidos superpuestos. Empuje total del líquido sobre las redes.

Aceleración en el movimiento rectilíneo variado. Movimiento armónico simple. Péndulo simple y compuesto. Determinación de la longitud del péndulo compuesto. Ley de Mariotte. Mezcla de gases y vapores. Bomba.

Medida de las masas basándose en el estudio del choque. Cantidad de movimiento. Relación entre la cantidad de movimiento y el impulso. Máquina de Atwood. El principio de Arquímedes como consecuencia del fundamental de la hidrostática. Corrección a las pesadas hechas en el aire.

Trabajo. El principio del trabajo y de la fuerza viva. El principio del trabajo virtual. Su aplicación al estudio de algunas máquinas simples. Determinación de la densidad de los líquidos por el método de la balanza hidrostática y del frasco. Frotamiento de un líquido que corre en un tubo. Influencia del frotamiento en las presiones.

Aceleración en un movimiento circular uniforme y en un movimiento curvilíneo cualquiera. Energía. Sistemas conservadores. Escurrimiento de los gases. Fórmula de Saint-Venant.

Teoría general de las máquinas. Masa específica de los cuerpos por medio de los aereómetros. Escurrimiento isotérmico de los gases.

Choque. Presión ejercida por un chorro de agua sobre la superficie. Presión del viento. Ruedas hidráulicas.

Estudio geométrico de los movimientos de traslación y de rotación. Composición de los movimientos. Relación entre la aceleración angular y el momento de las fuerzas aplicadas a un cuerpo que gira alrededor de un eje. Condiciones de equilibrio de un sistema de poleas.

Frotamiento. Resistencia al deslizamiento. Resistencia al rodamiento. Condiciones de equilibrio de la polea fija teniendo en cuenta el frotamiento. Movimiento de deslizamiento de un cuerpo sobre un plano inclinado teniendo en cuenta el frotamiento. Resistencia al frotamiento. Tracción de los vehículos.

Movimiento de los proyectiles. Expresión general del momento de una fuerza con respecto a un eje. Balanzas. Condiciones de exactitud y sensibilidad de la balanza. Doble pesada. Máquina neumática. Masa específica y densidad de los gases.

⁵ -Cuestionario para los exámenes de primer curso de física”, AHPM, 1916, III-336, exp. 17.

A2.1.5.2. Mecánica General (Dinámica) y Mecánica Aplicada a las Máquinas⁶

Las divisiones generales de la mecánica: la estática y la dinámica.

La cinemática independientemente de la mecánica propiamente dicha; sus relaciones de la dinámica.

La mecánica racional y la aplicada; sus características.

Partes de que consta el curso: cinemática pura, dinámica. Mecanismos y transmisiones. Los mecanismos como transmisiones del movimiento y de la energía.

Cinemática pura

Cinemática del punto.

Movimiento de un punto material. Trayectoria. Ley del movimiento. Movimiento proyectado sobre tres ejes rectangulares. Ecuación del movimiento de un punto.

La velocidad y la aceleración: su representación gráfica, unidades, componentes y expresiones analíticas. Hodógrafo.

Gráficas espacio-tiempo, velocidad-tiempo, aceleración-tiempo, aceleración-tiempo, espacio-velocidad, etc. Sus propiedades.

Estudio de los movimientos, uniforme, uniformemente variado de los cuerpos graves, de los proyectiles en el vacío y del movimiento armónico simple.

Composición de los movimientos simultáneos de un punto material. Movimientos relativos, de arrastre y absoluto. Relaciones entre los desalojamientos, velocidades y aceleraciones, respectivas. Movimientos aparentes. Composición de los movimientos armónicos colineales, en ángulo recto y cualesquiera. Métodos gráficos y analíticos.

Cinemática del sólido.

Movimiento de traslación.

Movimiento de rotación. Desalojamiento angular. Ley del movimiento. Velocidad y aceleración angulares. Unidades respectivas. Relación entre las leyes del movimiento del sólido y las del movimiento de uno cualquiera de sus puntos.

Movimiento de una figura plana en un plano. Desalojamiento, velocidad y aceleración angulares. Movimiento plano considerado como una traslación seguida de una rotación alrededor de un punto cualquiera del plano, o como una sucesión alrededor de los centros instantáneos sucesivos. Movimiento de la curva centroidal móvil sobre la curva fija o base.

Movimiento plano de un sólido invariable. Propiedades deducidas de los movimientos de una figura plana en su plano. Movimiento de una figura esférica sobre su esfera. Propiedades.

Movimiento de un sólido invariable que tenga un punto fijo.

Movimiento de un sólido libre. Movimiento elemental helicoidal. Eje instantáneo de rotación y deslizamiento. El movimiento de un sólido libre considerado como resultante del rodamiento y del deslizamiento de una superficie reglada sobre otra.

Composición de las traslaciones y de las traslaciones con las rotaciones.

Dinámica pura

Leyes generales de la dinámica. Su origen y consecuencias.

La noción de masa.

Sistemas de unidades mecánicas. Sistemas absolutos y gravitacionales.

Teoría de los momentos y productos de inercia. Elipsoide y ejes principales de inercia. Cálculo y medida de los momentos de inercia. Radio de giración.

Definición y medida del trabajo de las fuerzas. Expresión analítica del trabajo de una fuerza y de un sistema de fuerzas en los casos más usuales. Nociones elementales acerca del potencial. Superficies de nivel.

Dinámica de la partícula

Ecuaciones diferenciales del movimiento de una partícula libre. El teorema de d'Alembert en el caso de una partícula libre. Fuerzas de inercia.

Los principios del impulso y de la cantidad de movimiento, de sus momentos, el teorema de las áreas y el de las fuerzas vivas.

Movimiento de una partícula sujeta a permanecer sobre una línea o una superficie dadas. Rección de la curva o de la superficie.

Presión de la partícula.

Movimiento de rotación de una partícula. Ecuaciones del movimiento. Péndulo simple.

Movimiento absoluto relativo y de arrastres.

Dinámica del sólido.

La resolución del problema general de la dinámica; por medio del principio de d'Alembert.

Movimiento del centro de gravedad de un sistema de partículas. Generalización de los teoremas de la cantidad de movimiento, de su momento y de las fuerzas vivas. Casos en que deben aplicar estos principios y ventajas que no presentan.

Movimiento de traslación de un cuerpo rígido. Ecuaciones del movimiento. Determinación de las reacciones.

Movimiento de rotación de un cuerpo rígido. Ecuaciones del movimiento. Determinación de las reacciones. Condiciones para que los componentes dinámicos de las reacciones sean nulas. Péndulo compuesto. Balanza de torsión. Centro de percusión. Péndulo cónico. Compensación de las masas ligadas al eje de una máquina para que las reacciones dinámicas sean nulas.

Movimiento plano de un sistema de partículas. Ecuaciones del movimiento.

El frotamiento. Sus diversas clases y leyes a que se encuentra sujeto. Frotamiento de deslizamiento y de rodamiento.

El trabajo y la energía. Energía potencial y energía dinámica. Sistemas conservadores. El principio de la conservación de la energía.

Diversas clases de energía. El principio del trabajo virtual. Deducción de las fuerzas vivas.

Choque de los cuerpos. Pérdida de energía en el choque.

Cinemática y dinámica aplicada a las máquinas

Definición y clasificación de las máquinas. Motores y máquinas útiles. Partes de que consta una máquina. Las máquinas consideradas desde el punto de vista cinemático y como transmisores del trabajo.

Teoría general de las máquinas, deducida del principio de las fuerzas vivas.

Definición y medida de la potencia. Rendimiento mecánico. Cómo se valúa. Influencia del frotamiento, de los choques y de las vibraciones.

⁶ –Programa para la clase de Mecánica General (Dinámica) y Mecánica Aplicada a las Máquinas (primera parte)”, AHPM, 1916, III-336, exp. 16, fo. 1-5.

Teoría general de los reguladores. Cálculo de los volantes y los reguladores de fuerza centrífuga. Los mecanismos y sus clasificaciones. Clasificación de Willis.

Mecanismos y transmisiones

Transmisiones por contacto directo. Relación constante de las velocidades angulares. Principios generales. Condición para que no haya deslizamiento. Cilindros y conos primitivos.

Cilindros y conos de frotamiento. Engranajes cilíndricos. Engranajes cónicos. Engranajes helicoidales. Tornillo o rueda sin fin. Trenes de ruedas. Trenes epicíclicos.

Transmisiones por medio de intermediarios flexibles. Bandas. Cuerdas de cáñamo, cables metálicos, cadenas, etc.

Transmisiones por contacto directo, siendo variable la relación de las velocidades angulares. Transmisiones por frotamiento con cilindros de bases elípticas, espirales, logarítmicas, etc. Engranajes elípticos. Mecanismos para transformar un movimiento circular continuo en otro rectilíneo o circular alternativo. Camas, leva y excéntricas. Mecanismo de bielas, manivela y balancín.

Sistemas articulados. Mecanismos de manivelas, bielas y balancines. Mecanismos de Watt, Peaucellier, Scott-Russell y Evans. Pantógrafos. Planímetro polar. Junta universal de Hooke. Mecanismos para producir movimientos intermitentes. Trinquetes. Escapes.

Acoplamiento de ejes. Embrolladores fijos, de tope, de frotamiento, epicíclicos.

Tornillos y tuercas. Tornillos diferenciales. Tornillos micrométricos. El palmer. Tornillos de red múltiple.

Se considerarán los sistemas de transmisión enumerados desde el punto de vista cinemático y como medios para transmitir el trabajo, calculándose en cada caso la relación entre la forma, naturaleza y dimensiones de los mecanismos y de la potencia que es capaz de transmitir.

A2.1.6. 1917. Estática y Primer Curso de Mecánica Aplicada a las Construcciones (cuestionario para los exámenes)⁷

Lista de temas de estática

Diferentes especies de esfuerzos repartidos y diversos sistemas de fuerzas concentradas que pueden presentarse. Representación.

La noción de momento y la eficacia de una fuerza. Equivalencia de dos sistemas juzgada por la igualdad de los momentos totales con relación a varios puntos o ejes del espacio: diversos casos de sistemas. Momento de un par de fuerzas.

Resultante de dos fuerzas concurrentes o paralelas y teoremas de Varignon con relación a un punto o con relación a un eje.

Pares. Definición y representación. Equivalencia. Composición y descomposición de pares.

Simplificación de un sistema cualquiera de fuerzas; reducción de él a dos fuerzas perpendiculares entre sí, imponiendo cierta dirección a una fuerza obligada a pasar por determinado punto y a un par.

Composición gráfica y analítica de fuerzas coplanares, concurrentes en el mismo punto o que se cortan dos a dos. Empleo de funiculares cuando sucede en el último caso que las fuerzas se cortan bajo ángulos pequeños. Reducción del sistema, a una fuerza y a un par. Condiciones de equilibrio.

Composición gráfica y analítica de fuerzas coplanares paralelas. Empleo de funiculares. Caso en que el sistema se reduce a un par. Condiciones de equilibrio de los sistemas apuntados.

Condición analítica y gráfica de fuerzas no coplanares concurrentes en el mismo punto o que se cortan dos a dos en distintos puntos. Condiciones de equilibrio.

Composición analítica y gráfica de fuerzas paralelas no coplanares. Caso en que el sistema es equivalente a un par. Condiciones de equilibrio.

Composición analítica y gráfica de fuerzas que se cruzan en el espacio. Eje central. Casos en que el sistema es equivalente a una fuerza o a un par. Condiciones de equilibrio.

Descomposición analítica y gráfica de una fuerza en dos coplanares concurrentes o paralelas de líneas de acción dadas. Descomposición de una fuerza en tres no coplanares, concurrentes o paralelas siendo conocidas las líneas de acción.

Centros de gravedad. Centroide de fuerzas paralelas. Centro de gravedad de un cuerpo. Centro de gravedad en las líneas: con definición en geometría analítica; de contornos poligonales.

Centro de gravedad de una superficie: superficies planas cuyo contorno es definible en geometría analítica; superficies de revolución; superficies poligonales planas; superficies planas de contorno irregular.

Centros de gravedad de volúmenes: sólidos definibles en geometría analítica, en especial las de revolución.

Posición de equilibrio de una cuerda flexible sometida a cargas concentradas. Catenaria.

Fricción. Ángulo de reposo; ángulo, cono y coeficiente de fricción. Fricción en las bandas.

Poleas y polipastos, gato.

⁷ –Cuestionario de exámenes para la clase de Estática y Primer Ciclo de Mecánica Aplicada a las Construcciones”, AHPM, 1917, I-338, exp. 2.

A2.1.7. 1935

A2.1.7.1. Física — Mecánica⁸

Noción de fuerza. Composición, descomposición, equivalencia y equilibrio de fuerzas. Centros de gravedad. Frotamiento.

Nociones de velocidad y de aceleración. Movimiento de un punto. Movimiento de un sólido rígido.

Noción de masa. Leyes fundamentales de la Dinámica. Principios generales. Trabajo y energía. Potencia. Teoría de las máquinas.

A2.1.7.2. Estática y Nociones de Estabilidad⁹

Composición, descomposición, equivalencia y equilibrio de los sistemas de fuerzas; métodos algebraicos y gráfico. Momentos estáticos; momentos y productos de inercia. Centros de gravedad. Equilibrio de los sistemas flexibles. Mecánica de los sistemas articulados planos; condiciones de apoyo, reacciones, esfuerzos en los miembros. Frotamiento.

Deformaciones por extensión, compresión, torsión, flexión y cizalleo. Teoría de las vigas y flexión de prismas comprimidos. Determinación del grado de seguridad de una estructura o de una máquina, de las dimensiones de sus diversos órganos y la magnitud, clase y distribución de las fatigas o fuerzas elásticas correspondientes, en relación con la naturaleza de los materiales empleados.

A2.1.7.3. Cinemática y Mecanismos¹⁰

Descripción general del curso

Estudio de las diversas clases de vectores que servirán para representar algunas de las magnitudes físicas de que se valdrá el resto del curso.

Cinemática del punto y del sistema, estudio que servirá tanto para los mecanismos como para la dinámica.

Mecanismos y transmisiones, estudio de los mecanismos usuales desde el punto de vista cinemático.

Programa condensado

Magnitudes Vectoriales. Diversas clases de vectores. Vectores libres. Vectores deslizantes. Momento vectorial. Vectores fijos.

Cinemática del punto. Ley del movimiento. Movimientos proyectados. Ecuaciones generales.

Velocidad y aceleración. Representación geométrica. Proyecciones. Descomposición.

Composición de los movimientos simultáneos de un punto.

Cinemática del sólido. Traslación. Rotación. Representación geométrica de la velocidad angular. Aceleración angular.

Composición de rotaciones.

Movimiento plano.

Movimiento de un sólido con un punto fijo y de un sólido libre.

Mecanismos y transmisiones. Clasificación. Transmisiones entre ejes. Acoplamientos fijos. Embragues. Juntas.

Transmisiones por contacto directo sin deslizamiento.

Transmisiones por intermediario flexible.

Camas. El mecanismo de las cuatro barras. Inversores.

Transmisiones por contacto directo. Perfiles de los engranes. Trenes de engranes.

A2.1.7.4. Dinámica¹¹

Descripción general del curso

Estudio de la dinámica general para ampliar y precisar los conocimientos adquiridos en cursos anteriores.

Aplicaciones directas a la elasticidad y al funcionamiento de las máquinas.

Programa condensado

Las leyes generales de la dinámica. La ley de la gravitación. La noción de masa.

Trabajo de una fuerza. Expresión analítica. Nociones sobre el potencial.

Ecuaciones generales del movimiento de una partícula. Teorema de d'Alembert. Cantidad de movimiento. Fuerza viva.

Movimientos particulares de un punto material.

Dinámica del sistema. Sistemas de fuerzas que se consideran. Teorema de d'Alembert para el sistema. Teoremas del centro de masa, de la cantidad de movimiento y de la fuerza viva.

Teoremas de Castigliano y de Maxwell.

Energía. Conservación y degradación.

El trabajo virtual.

Movimiento de traslación, de rotación y movimiento plano de un cuerpo rígido.

Reacciones dinámicas. Péndulo compuesto. Balanza de torsión.

Motores y máquinas. Teoría general. Volantes y reguladores.

⁸ Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935, p. 27.

⁹ *Ibid.*, p. 33.

¹⁰ AHPM, 1935, VII-531, exp. 20.

¹¹ AHPM, 1935, VII-531, exp. 26, ejemplar 1.

A2.1.8. 1937

A2.1.8.1. Física — Mecánica y Fluidos (profesor Mariano Hernández)¹²

Mecánica

Estática

Objeto y divisiones de la mecánica. Noción de fuerza. Caracteres de las fuerzas. Diversas maneras de medirlas. Unidades. Representación de las fuerzas por medio de vectores. Clasificación de las fuerzas.

Composición de dos fuerzas concurrentes. Descomposición de una fuerza en dos concurrentes.

Momento de una fuerza. Teorema de Varignon. Pares. Representación de un par por medio de un vector.

Descomposición de una fuerza en otra y un par. Métodos que se siguen en la resolución de los problemas de mecánica. Ecuaciones de dimensiones.

Determinación de la resultante de un sistema de fuerzas.

Fuerzas colineales.

Fuerzas concurrentes coplanas. Métodos gráfico y algebraico.

Fuerzas paralelas en un plano. Determinación de su resultante por métodos gráficos, y algebraicamente por la aplicación del teorema de Varignon.

Teoría de los pares. Resultante de dos o más pares.

Fuerzas coplanas no concurrentes ni paralelas. Polígonos funiculares.

Fuerzas concurrentes en el espacio.

Fuerzas paralelas en el espacio.

Pares en el espacio.

Equilibrio de los sistemas de fuerzas. Condiciones gráficas y algebraicas del equilibrio.

Fuerzas colineales.

Fuerzas concurrentes en un plano.

Fuerzas paralelas en un plano.

Fuerzas coplanas no concurrentes ni paralelas.

Solución gráfica de problemas típicos sobre composición o descomposición de fuerzas en los diferentes casos que pueden ocurrir.

Equilibrio de armaduras. Método de los nodos. Método de las secciones.

Fuerzas concurrentes en el espacio.

Fuerzas paralelas en el espacio.

Fuerzas no concurrentes ni paralelas en el espacio. Frotamiento. Coeficiente de frotamiento. Ángulo de frotamiento. Cono de frotamiento. Leyes del frotamiento. Condiciones de equilibrio en el plano inclinado teniendo en cuenta el frotamiento. Condiciones de equilibrio para la cuña, el tornillo y la polea. Frotamiento de un eje. Círculo de frotamiento.

Frotamiento en los pivotes. Resistencia al rodamiento.

Centroides. Principio que simplifica su determinación. Métodos analítico y gráfico. Teorema de Pappus y Guldin. Centro de gravedad y centro de masa. Determinación experimental del centro de gravedad.

Momentos de inercia. Momento de inercia de un área con respecto a un eje contenido en ella. Momento polar de inercia. Teorema relativo a los momentos de inercia con respecto a ejes paralelos. Determinación analítica de los momentos de inercia. Radio de giración.

Cinemática

Movimiento de un punto. Sus diferentes especies. Desalojamiento lineal. Desalojamiento angular. Relación entre los dos. Velocidad lineal. Velocidad angular. Relación entre una y otra. Representación gráfica de los movimientos. Determinación de sus componentes normal y tangencial. Alteración lineal. Aceleración angular. Cálculo. Relación entre ambas especies de aceleración. Movimiento de los proyectiles en el vacío. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Movimiento armónico simple. Movimiento relativo. Movimiento de los cuerpos rígidos. Traslación y rotación. Movimiento plano. Centro instantáneo de rotación.

Cinética

El problema general de la Cinética. Inercia y masa. Principios o leyes de Newton sobre el movimiento. Medida de las fuerzas por sus efectos cinéticos. Sistema de unidades. Ecuaciones del movimiento de un punto material. Cinética de los cuerpos rígidos en traslación o rotación. Péndulo circular simple. Trabajo y energía. Expresión algebraica del trabajo de una fuerza. Medida y unidades de trabajo. Cálculo y representación gráfica del trabajo. Trabajo de un sistema de fuerzas. Potencia. Unidades de potencia. Energía mecánica, sus diferentes formas. Energía cinética de una partícula. Energía cinética de un cuerpo. Energía potencial. Principio de la conservación de la energía. Sistemas conservadores. Relaciones entre la energía potencial y la cinética en esos sistemas. Disipación de la energía. Rendimiento de las máquinas. Teorema relativo al impulso lineal. Choque de los cuerpos blandos. Pérdida de energía en el choque. Choque de los cuerpos perfectamente elásticos. Choque de los cuerpos imperfectamente elásticos. Coeficiente de restitución.

Hidrostática

Principio fundamental de la hidrostática. Principio de Pascal. Principio de Arquímedes. Presión total ejercida por un líquido sobre un área plana. Centro de presión.

Calor

Magnitudes mesurables. Magnitudes que no son mesurables. Nociones de temperatura y cantidad de calor. Cómo se miden las temperaturas. Dilataciones de los cuerpos. Dilatación lineal de los cuerpos sólidos. Coeficientes y binomio de dilatación. Cómo se miden las dilataciones en los sólidos y en los líquidos. Dilatación aparente. Dilataciones en los gases. Las leyes de Mariotte y Gay-Lussac. Ecuación característica de los gases perfectos.

Calorimetría

Capacidad calorífica y calor específico de los cuerpos sólidos y líquidos. Calorímetros.

¹² AHPM, 1937, VII-551, exp. 33, fo. 1 y 2.

A2.1.8.2. Física — Mecánica (profesor Basilio Romo)¹³

Descripción general del curso.

Las nociones de masa, fuerza, velocidad y aceleración. Los principios fundamentales de la estática. Caracteres y leyes de los movimientos. Los principios de la dinámica.

Fuerzas y momentos y su representación.

Composición de fuerzas en el espacio. Centros de gravedad.

Condiciones para que un sistema de fuerzas esté en equilibrio. Frotamiento.

Movimiento de un punto. Trayectoria, velocidad, aceleración. Hodógrafo.

Movimiento circular de un punto. Movimiento armónico.

Movimiento de un cuerpo rígido. Traslación, rotación, movimiento plano.

Los principios generales de la dinámica. Teoremas del impulso y de la fuerza viva.

La ley de la gravitación. El trabajo. La energía. Sistemas conservadores.

Movimiento de rotación de un cuerpo. Momentos de inercia.

Teoría de las máquinas. Potencia y su medida.

A2.2. Física

A2.2.1. 1891. Física Matemática¹⁴

Propiedades generales del movimiento de los sistemas. Fuerza. Trabajo. Masa. Fuerza viva. Movimiento del centro de gravedad. Movimiento de los sistemas. Momentos de las cantidades de movimiento. Teorema de las fuerzas vivas. Fuerzas interiores. Conservación de la energía. Energía de los movimientos vibratorios. Influencia del movimiento vibratorio sobre la energía potencial.

Termodinámica

Temperatura: Líneas isotérmicas. Superficies isotérmicas. Distribución y equilibrio de temperaturas en cuerpos y sistemas de diversas formas. Cambios de estado. Ciclos y teoremas de Carnot. Temperaturas absolutas. 0 absoluto. Relaciones entre las propiedades físicas de una sustancia. Leyes experimentales de las propiedades físicas de las fases. Medidas de las temperaturas absolutas. Coeficientes de dilatación. Calores específicos. Elasticidades. Equivalente mecánica del calor. Calores latentes en los cambios de estado. Hipótesis fundamental acerca de la teoría mecánica de los gases. Explicación de la presión. Transformación del trabajo en calor y recíprocamente. Velocidad de translación de las moléculas. Energía total de un gas. Aplicaciones de la termodinámica a la física celeste.

Óptica

Reflexión y refracción, sus leyes. Reflexión de la luz en los espejos planos. Campo de un espejo. Desviación del espejo y de la imagen. Espejos angulares y paralelos. Reflexión de la luz en los espejos curvos. Casos particulares de los espejos esféricos elípticos, parabólicos, cicloidalas, etc. Fórmula de Newton para los espejos esféricos. Discusión de las fórmulas, ejes secundarios, magnitud de las imágenes. Cálculo de la aberración longitudinal y transversal. Ecuación general de la generatriz de la superficie cáustica. Ecuación de la superficie. Discusión de dichas ecuaciones.

Refracción por las superficies planas indefinidas, índices de refracción, construcción del rayo refractado, reflexión total, líneas focales, cáustica. Refracción por láminas de caras paralelas. Prismas, sus fórmulas, discusión, condiciones de emergencia, desviación mínima, focos, distancias focales. Refracción por las superficies curvas, superficie esférica, relación entre las magnitudes de la imagen y del objeto. Refracción en los medios limitados por dos superficies curvas.

Lentes: Ecuación general de las lentes. Casos particulares en que no teniéndose en cuenta el espesor de las lentes, las dos caras están en contacto con un mismo medio o en contacto con dos medios diferentes. Casos particulares en que se tiene en cuenta el espesor de las lentes, las dos caras están en contacto con un mismo medio o con medios diferentes. Refracción por un número cualquiera de superficies curvas. Sistemas ópticos. Efectos exteriores de un sistema óptico. Aberraciones de la esfericidad y refrangibilidad en las lentes.

Aplicaciones de todos los principios anteriores a los diversos instrumentos de óptica.

Teoría ondulatoria de la luz

Expresión algebraica de las ondulaciones. Reflexión, refracción. Diferencias de refrangibilidad. Interferencias. Franjas coloridas de interferencia. Interferencia por los prismas. Paso de la luz por aberturas de distintas formas y a través de láminas y lentes. Polarización de la luz. Leyes. Doble refracción. Vibraciones transversales. Vicefracción en los cristales de un eje y de dos ejes. Refracción cónica en los cristales de dos ejes. Polarización por reflexión. Reflexión de la luz polarizada. Polarización circular y elíptica. Franjas coloridas por polarización. Franjas coloridas por los cristales de uno y de dos ejes.

A2.2.2. 1899. Física Matemática¹⁵

Caracteres diferentes de los métodos experimentales y de los métodos matemáticos. Observación. Experimentación. Leyes físicas. Teorías matemáticas. Sistemas. Objeto de la Física Matemática.

Instrumentos de medida. Unidades. Sistemas de unidades. Dimensiones de las unidades. Medidas de longitud. Patrón de longitud. Instrumentos para la medida de los ángulos. Medida de las masas y de las fuerzas. Medida del tiempo. Aparatos para la medida de las fuerzas y de los tiempos.

Física molecular

Fenómenos capilares. Figura de los líquidos sustraídos a la acción de la pesantez. Trabajo de las fuerzas moleculares. Fórmula de Laplace. Experiencia y aplicaciones diversas. Figura de equilibrio de los líquidos pesados. Ángulo de un líquido y un sólido. Fórmula de un líquido pesado al contacto con una pared plana. Medida del ángulo de un líquido y un sólido. Tubos capilares. Experiencias de Gay-Lussac, de Edmundo de Sains, de Quet y de Seguin. Influencia de la temperatura. Cálculos de Quet. Teoría de Gauss.

¹³ AHPM, 1937, VII-551, exp. 34, fo. 1.

¹⁴ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 230 y 231.

¹⁵ *Ibid.*, pp. 231-237.

Difusión. Difusión libre. Medida de los coeficientes de difusibilidad. Endósmosis. Equivalentes osmométricos. Diálisis. Difusión de los gases. Escorrimento de los líquidos. Regla de Torricelli. Contracción de la vena. Escorrimento por tubos capilares. Frotamiento interior de los líquidos. Leyes de las presiones y de las velocidades. Medida del frotamiento. Escorrimento de los gases. Leyes y teoremas relativos. Escorrimento de los gases al través de los cuerpos porosos. Compresibilidad. Experiencias de Colladon, Sturm, Regnault, Jamis, Descamps. Elasticidad y sus leyes. Tracción. Sus leyes. Equilibrio del paralelepípedo elástico, del tetraedro y de un cuerpo elástico de una forma cualquiera. Flexión. Sus leyes. Límite de la elasticidad. Tenacidad, dureza, ductilidad, maleabilidad.

Calor

Hechos generales y definiciones. Efectos generales producidos por el calor. Dilatación. Cambios de estado. Efectos mecánicos. Temperatura. Coeficientes de dilatación. Dilatación absoluta y aparente. Termómetros de mercurio. Dilatómetros. Dilatación absoluta de los líquidos. Dilatación absoluta del mercurio. Máximo de densidad del agua. Dilatación de los sólidos. Métodos del termómetro de peso, de Laplace y de Lavoisier y método diferencial. Aparato de Ramsden. Dilatación de los gases. Experiencias y leyes de Gay-Lussac. Crítica de estas experiencias. Experiencias de Regnault. Determinación de α , α_1 a α_2 . Dilatación de diferentes gases. Influencia de la presión. Monclusiones.

Termometría. Elección de una sustancia termométrica. Termómetros. Altas temperaturas. Comparación de los termómetros de gas y de mercurio. Termómetros de precisión. Ley de Mariotte. Experiencias de Despretz, Pouillet, Dulong, Arago y Regnault. Compresibilidad bajo débiles y fuertes presiones. Estudio de la compresibilidad a las temperaturas elevadas. Fórmulas de M. van der Waals.

Calorimetría. Calor específico de los sólidos y de los líquidos. Método de las mezclas de Dulong y Petit; aparato de Regnault. Calor específico del agua. Leyes de Dulong y Petit, de Neuman, de Woestyn. Calor específico de los gases. Experiencias de Laroche y Bérard y de Regnault. Aplicaciones de la ley de Dulong y Petit a los gases.

Termodinámica

Preliminares. Elección de variables. Transformaciones isotermas y adiabáticas. Relaciones entre los coeficientes c y C , l y b . Teorema de Teech. Aplicación. Medida de la experiencia de Clement y Defectos. Estudio térmico de los gases perfectos. Ecuaciones de las líneas isotérmicas y adiabáticas. Expansión adiabática de un gas. Ciclos. Representación geométrica del trabajo.

Principio de equivalencia. Hechos experimentales. Experiencias de Joule y de Hirn. Cálculo del equivalente por medio de los gases perfectos. Transformación inversa del calor en trabajo. Extensión del principio de la equivalencia a los ciclos abiertos. Expresión analítica del principio de la equivalencia. Energía interior. Experiencias de Edlund. Unidad de calor.

Principio de Carnot. Condiciones de funcionamiento de un motor térmico. Rendimiento máximo. Ciclo de Carnot. Expresión del rendimiento máximo. Rozamiento de Clausius. Nueva definición de temperatura. Temperatura absoluta. Expresión analítica del principio de Carnot. Entropía. Aplicaciones. Cálculo del calor de dilatación. Estudio del coeficiente h . Modificaciones experimentales. Experiencias de Joule. Termodinámica y teoría mecánica del calor. Estudio de los gases reales. Expresión completa de J en el caso de los gases reales. Principio de la conservación de la energía.

Cambios de estado

Generalidades. Sustancias refractarias. Gases permanentes. Fusión, sufusión, solidificación, disolución de cristalización. Calor, fusión. Caso general. Método de Person. Métodos calorimétricos basados sobre la fusión del hielo. Calor de disolución y mezclas refrigerantes. Formación de los vapores. Ley de Dalton. Formación de los vapores en la masa de líquidos. Ebullición. Calefacción. Fuerzas elásticas de los vapores. Experiencias de Dulong, de Arago y de Rignault. Fórmulas. Higrometría. Densidad de los gases y de los vapores y peso del litro de aire. Métodos de Gay-Lussac, Hoffman, Dumas y Meier. Variación de la densidad con la temperatura y la presión. Liquefacción de los gases. Calores de vaporización. Propagación del calor. Irradiación y sus leyes. Leyes del enfriamiento. Conductibilidad térmica. Resumen de la teoría de Fourier. Regímenes variable y constante. Problema del muro. Caso de un muro indefinido. Problema de la barra. Ley de Biot y de Lambert. Caso del muro en el régimen variable. Consecuencias de la ecuación de Fourier. 1ª ley del cuadrado de las longitudes; 2ª ley de los coeficientes de conductibilidad. Estudio experimental de la conductibilidad térmica. Experiencias fundadas sobre el régimen permanente. Medida de las conductibilidades relativas. Método del muro. Variación del coeficiente f con la temperatura. Conductibilidad de los metales, de los cristales y de los líquidos.

Electricidad

Primera parte. Electricidad estática. Experiencias fundamentales. Fenómenos eléctricos. Conductores. Aisladores. Dos especies de electricidad. Hipótesis de los dos fluidos. Influencia. Leyes de Coulomb. Correcciones. Ley de las atracciones; método de la balanza; método de las oscilaciones. Distribución. Pérdida. Estudio experimental. La electricidad está en la superficie de los cuerpos conductores. Densidad ó espesor eléctricos. Densidad cúbica. Distribución y conservación de la electricidad. Estudio experimental de la distribución. Plano de prueba. Pérdida de la electricidad. Definiciones. Teorema de Gauss. Definiciones: campo eléctrico, línea de fuerza, superficies de nivel, tubo de fuerza, flujo de fuerza. Potencial. Definición de potencial; cálculo de la intensidad del campo por medio del potencial. Propiedades de la derivada primera del potencial; forma del potencial en algunos casos particulares. Propiedades de la derivada segunda; caso del punto exterior; ecuación Poisson. Superficies equipotenciales ó de nivel; fuerza electromotriz. Aplicación de los teoremas generales. Distribución. Influencia. La electricidad en la superficie de los conductores. Teorema de Coulomb. Elementos correspondientes. Presión electrostática. Poder de las puntas. Teorema de Faraday; verificación experimental del teorema. Pantallas eléctricas. Capacidad. Condensadores esféricos, planos, cilíndricos y de forma cualquiera. Reparto de las cargas entre varios condensadores. Energía eléctrica de un sistema de condensadores y de un condensador. Asociación en superficie y en cascada.

Dieléctricos. Propiedades de los cuerpos aisladores. Poder inductor específico. Diferencia entre una lámina conductora y una dieléctrica. Carga residual. Polarización de los dieléctricos. Relación entre la polarización y el poder inductor específico. Modificaciones pasajeras que sufren los dieléctricos. Medida de las cantidades y de los potenciales con la balanza de Coulomb. Electrómetros absolutos del señor William Thomson y de M. G. Lipmann. Electrómetros de cuadrante de Thomson, de Hankel y Bohnenberger. Medida de las capacidades; patrones. Medida de los poderes inductores específicos; experiencias de M. Negreano. Máquinas eléctricas. Máquinas de rozamientos de Ramsden y diversas. Máquinas de influencia; Electróforo; replenisher de W. Thompson; máquinas de Holtz y diversas. Rendimiento. Botella de Leyden. Efectos de la descarga. Experiencias de Riess. Relación entre la longitud de la chispa y la diferencia de la potencial.

Electricidad dinámica

Corrientes eléctricas. Leyes de los contactos. Experiencias de Galvani, de Volta y explicación de Fabroni. Ley del contacto o de Volta. Pila seca. Debilitamiento de la pila. Corrientes eléctricas. Leyes de las corrientes. Ley de Ohm. Conductor lineal homogéneo y heterogéneo. Densidad de la corriente. Circuito cerrando un elemento de pila.

Pila de n elementos. Agrupamiento y efectos máximo de una pila. Corrientes derivadas. Leyes de Kirchhoff. Lema de Kirchhoff.

Cálculo de la intensidad en una derivación. Corolarios de M. Boesch. Analogías del potencial. Analogías térmicas e hidráulicas. Presión y fuerza automotriz. Termoelectricidad. Calor desprendido ó transportado por las corrientes. Ley de Joule. Elevación de la temperatura del circuito. Tensión del hilo. Efecto Peltier. Fuerza electromotriz de contacto. Verificación experimental de M. Le Rous. Corrientes producidas por el calor. Experiencias de Seebeck. Series termoeléctricas. Leyes de Becquerel. Influencia de la temperatura. Punto de inversión. Experiencias de Gaugain. Poder termoeléctrico. Punto neutro. Diagramas. Termoeléctricos de Tait. Teoría de los fenómenos termoeléctricos. Pilas termoeléctricas de Noe y diversas. Medidas de las temperaturas. Electrólisis. Ley general de la electrólisis; electrólisis del agua acidulada. Acciones secundarias. Leyes de Faraday, Ohm y Joule. Transporte de los iones. Fenómenos mecánicos. Polarización de los electrodos. Trabajo gastado en la electrólisis, trabajo químico en el interior de las pilas. Pilas reversibles. Estudio de la polarización. Experiencias de M. Bouty. Capacidad de polarización. Teoría de Helmholtz. Fenómenos electrocapilares.—Trabajos de M. Lippman. Interpretación de estos fenómenos. Electrómetro capilar. Retardo de la electrólisis. Pilas y acumuladores. Condiciones que debe llenar una pila perfecta. Zinc amalgamado. Pilas constantes. Tipo de Daniell; cálculo de su fuerza electromotriz, disposición práctica; modificaciones del elemento de Daniell. Pilas diversas. Condiciones y rendimiento de las pilas hidroeléctricas.

Pila de gas. Pila Planté. Acumuladores del género Faure. Rendimiento. Capacidad. Experiencias de M. M. Munier y Guitton. Observaciones prácticas. Agrupamiento de los acumuladores.

Magnetismo

Imanes. Campo magnético. Imanes naturales. Polos. Experiencias y leyes de Coulomb. Masa y campo magnético. Momentos. Potencial producida partida por un imán elemental. Constitución de los imanes. Hipótesis de Coulomb, y de Ampère. Intensidad de imanación. Solenoides y hojas magnéticas. Cuerpos magnéticos y diamagnéticos. Influencia magnética. Coeficientes de imanación. Resistencia magnética. Construcción de las barras imanadas. Magnetismo terrestre. Diversos métodos de la medida del magnetismo terrestre.

Electromagnetismo

Experiencia de Oerstedt. Regla de Ampère. Acción de una corriente sobre un polo magnético. Experiencias de Biot y Savart. Potencial electro-magnético. Equivalencia de una corriente cerrada y de una hoja magnética. Acciones electrodinámicas. Electrodinámica: Energía relativa de dos corrientes; energía intrínseca de una corriente cerrada; acción de los elementos de corrientes d. s. y d.' s.'. Verificaciones experimentales. Tabla de Ampère. Leyes elementales. Rotación de las corrientes por las corrientes. Acción de la tierra sobre las corrientes. Solenoide electromagnético; caso particular. Acciones electromagnéticas. Fórmula de Laplace. Acción de una corriente circular cerrada sobre un polo colocado en un punto de su eje. Rotación de los imanes por las corrientes. Experiencias de Faraday. Rotación de las corrientes por los imanes; rueda de Barlon. Electro-imanos. Teoría del magnetismo de Ampère. Fenómeno de Hall. Inducción. Corrientes de inducción. Experiencias de Faraday. Leyes experimentales de las corrientes inducidas. Teoría de los fenómenos de inducción. Coeficientes de inducción. Inducción electrodinámica. Corriente durante el régimen variable. Extra-corriente de clausura; extra-corriente de ruptura; corriente debida á la descarga de un conductor. Ley general de inducción de los circuitos sin resistencia. Casos particulares: corriente continua; Corrientes alternativas; corrientes de inducción instantánea; medida de un campo magnético cualquiera. Inducción en toda la masa de un conductor cualquiera. Corrientes inducidas de orden superior. Aplicaciones de la inducción. Máquinas de inducción. Máquinas de Gromme. Característica. Líneas isodinámicas. Transporte eléctrico de la energía. Transformadores. Carrete de Ruhmkorff; carretes tabicados; condensador de Fizeau.

Unidades. Unidades eléctricas. Dimensiones de las unidades eléctricas en el sistema electromagnético. Unidades prácticas. Determinación de Ohm. Método de la Asociación Británica. Método de Weber. Discusión de los métodos precedentes; método de Lorenz. Método de Lippman. Experiencias del Dr. Wuilleumier. Unidad de tiempo absoluto de Lippmann. Determinación del número v.; Método de Weber y Tochlausch; Método de W. Thomson; método de Stoleton. Principio de la conservación de la electricidad. Medidas A. Intensidades. Galvanómetros. Brújula de las tangentes. Brújula de los senos. Galvanómetros ordinarios. Angulo de sensibilidad máxima.

Construcción de los galvanómetros de gran sensibilidad. Diminución del efecto de H; sistemas estáticos; imanes compensadores. Shunt. Poder multiplicador. Resistencia de compensación. Galvanómetros diversos. Constante y fórmula del mérito de un galvanómetro. Medidas de las corrientes instantáneas. Galvanómetro balístico. Electro-dinamómetros. Electro-dinamómetro de Weber. Electro-dinamómetro absoluto de Pellat, Ampère, patrón. Medida de las corrientes por la electrólisis. Voltímetros. Medida absoluta de las intensidades. Experiencias de Pouillet. Medidas B. Resistencias. Patrones y aparatos. Patrones de resistencia. Ohms. Reóstatos. Cajas de resistencias. Medida de las resistencias de los conductores metálicos y de las pilas. Métodos diversos. Cajas dispuestas en puente. Llave de los contactos sucesivos. Resistencia de un galvanómetro. Puente de cuerda. Medida de las resistencias muy débiles. Método de Kirchhoff. Medida de las resistencias muy grandes. Método de Shmit. Resistencias de la pila. Método de Wheatstone. Método de Mauce. Empleo del electrometro. Medida de las resistencias líquidas. Electro-dos sin polarización. Método de Lippmann. Disposición de Bouty. Ley de las conductibilidades moleculares. aplicaciones de la medida de las resistencias líquidas. Resultados. Medidas C. Fuerzas electro-motrices. Unidad de la fuerza electro-motriz. Volt. Pilas patrones. Métodos galvanométricos. Método de oposición. Método de Wheatstone. Método de Poggendorff o de compensación; modificación del de Bois Raymond. Métodos electrométricos. Electrómetro periódico de G. y C. Curie. Pila de carga. Graduación del instrumento. Verificación de las leyes de Volt y de Ohm. Electricidad atmosférica. Fuerza electromotriz del contacto. Experiencias de Pellat. Medida de las fuerzas electromotrices de contacto verdaderas; caso de un metal y un líquido; caso de dos líquidos. Medidas de las capacidades. Método del puente. Método del galvanómetro balístico. Medidas industriales. Voltímetros. Amperímetros. Aparato de Despretz y Carpentier; reductores. Instrumentos de W. Thompson; amperímetro voltámetro. Amperímetro de Lippman. Experiencias, los voltímetros y amperímetros. Electro-dinamómetro de Siemens y Halake. Voltámetro de Carden.

Acústica

Estudio analítico de un movimiento vibratorio. Ecuaciones del movimiento vibratorio: vibraciones longitudinales; vibraciones transversales. Composición de las vibraciones paralelas; interferencias. Composición de las vibraciones rectangulares; vibraciones de igual período; vibraciones de períodos desiguales. Producción y propagación del sonido. Naturaleza del sonido. Propagación del sonido en el aire. Fórmula de Newton. Fórmula de Laplace; medida indirecta de C/c. Medida experimental de la velocidad del sonido en el aire. Medida de la velocidad del sonido en los líquidos y en los sólidos. Reflexión, refracción é interferencias del sonido. Altura. Timbre.

Óptica

Óptica geométrica

Reflexión. Leyes de la reflexión. Espejos planos. Espejos esféricos. Refracción. Índices de refracción. Refracción total. Refracción a través de las láminas de caras paralelas. Refracción al través de un prisma, fórmulas del prisma; minimum de desviación; construcción del rayo convergente, condiciones de emergencia; foco del prisma. Lentes. Lentes esféricas. Refracción al través de las superficies esféricas; lentes gruesos. Centros ópticos; puntos nodales. Cálculos de las constantes de una lente. Caso en que los medios extremos son los mismos. Lentes infinitamente delgadas. Refracción al través de más de dos superficies esféricas; sistemas de lentes. Estudio

experimental de las lentes esféricas; aberración de la esfericidad. Disposición. Espectro; producción de un espectro puro; rayas del espectro; espectro infra-rojo; espectro ultra violeta. Espectroscopio. Espectroscopio de visión directa. Espectros de emisión; análisis espectral. Espectro de absorción. Inversión de las rayas; origen de las rayas del espectro solar. Acromatismo.

Instrumentos de óptica. Lentes. Microscopio simple; aumento; poder. Oculares; anteojos, aumento, diafragma, campo, retícula; anillo ocular, estudio experimental de los telescopios; nitidez y poder óptico de los anteojos; telescopio.

Óptica física

Interferencia. Espejos de Fresnel. Leyes del fenómeno. Medida de l y cálculo de T . Disposición experimental. Franjas en la luz blanca; espectros acanalados. Necesidad de emplear haces que provengan de un solo foco. Otras experiencias: semilentes de Villet; biprisma de Fresnel; lámina de Bourbourg. Anillos de Newton. Experiencias de Fizeau; medida de las dilataciones. Reflexión y refracción. Teoría de Fresnel. Difracción. Principio de Huygens.—Doble refracción. Cristales birrefringentes de uno y de dos ejes. Experiencias de Huygens y construcciones que de ellas se deducen.

Electro-óptica

Paralización rotativa magnética. Experiencias de Faraday. Consideraciones teóricas. Dispersión rotativa magnética. Teorías de Maxwell; torbellinos moleculares. Corriente eléctrica. Leyes de Ampère. La relación de la unidad electrostática á la unidad electromagnética de electricidad, es igual á la velocidad de la luz. El poder inductor específico es igual al cuadrado del índice de refracción. Los cuerpos conductores son opacos. Rotación magnética del plano de polarización. Verificaciones experimentales. Descargas oscilatorias. Experiencias del Dr. Hertz. Experiencias del profesor O. Lodge. Fenómenos antinoeléctricos. Fotometría. Intensidad luminosa total. Unidad de luz. Fotómetros. Espectrofotómetros.

A2.2.3. 1908. Física Matemática¹⁶

La Energía

Principio de la conservación de la energía. Diferentes formas de la energía. Sus propiedades y transformaciones. Generadores y receptores. Su definición y clasificación.

Unidades mecánicas

Definiciones y equivalencias. Erg. Kilográmetro; Joule; watt; caballo-vapor, kilowatt; caballo-hora, watt-hora. Caloría; su equivalencia.

La corriente eléctrica

Conductores, aisladores. Nociones y unidades prácticas de potencial, cantidad de electricidad, intensidad de corriente, resistencia y potencia de la corriente. Leyes cuantitativas: de Ohm, de Joule y de Kirchhoff. Efecto Peltier.

Generadores y receptores

Propiedades comunes. Fuerza electromotriz, fuerza contraelectromotriz. Rendimiento. Ley de Ohm generalizada.

La pila eléctrica

Principio. Clasificación y descripción. Fuerza electromotriz de una pila. Rendimiento. Potencia máxima exterior. Montaje de elementos de batería; en tensión; en cantidad; mixto. Leyes de Faraday. Problemas sobre pilas. Ley de Lord Kelvin (electrólisis).

Acumuladores

Nociones generales. Principio. Acumulador Plantó. Formación artificial de acumuladores. Diversos tipos industriales. Agrupación de acumuladores: tensión, cantidad, mixto. Carga y descarga. Constantes de los acumuladores. Aplicaciones

Magnetismo

Fenómenos. Definiciones de magnitudes magnéticas. Imanes. Inducción magnética. Líneas, campo y flujo de inducción. Influencia magnética. Permeabilidad.

Electromagnetismo

Experiencia de Oersted. Relación entre las corrientes e imanes. Reglas de Ampère y Maxwell. Leyes de Biot y Laplace. Trabajo de un circuito bajo la acción de un polo: Reglas de Maxwell y Faraday. Energía relativa de dos corrientes (coeficiente de mutua inducción). Solenoide. Caso de una bobina anular. Rotaciones electromagnéticas. Ruedas de Barlow.

Electroimanes

Definición. Coeficiente de permeabilidad magnética, curvas de magnetismo del hierro y similares. Propiedades magnéticas de diversos cuerpos. Inducción magnética. Saturación. Problema: Producción de una inducción determinada en el interior de una bobina. Cálculo de un electroimán. Forma y construcción.

Circuito magnético

Fuerza magnetomotriz y reluctancia magnética. Flujo de inducción. Ley del circuito magnético (caso general). Circuitos magnéticos derivados. Fenómenos de histéresis. Fórmula de Steinmetz.

Inducción electromagnética

Fenómeno de la inducción. Ley fundamental (Kelvin & Helmholtz). Reglas de Maxwell y Faraday sobre el sentido de la corriente inducida. Ley de Lenz. Valor de la fuerza electromotriz inducida. Fenómenos de selfinducción. Coeficientes de self y mutua inducción. Flujo de fuerza debido a la inducción. Cantidad de electricidad inducida.

Aplicación de las leyes de inducción

Pérdida de energía por histéresis. Conductor móvil en un campo uniforme. Disco de Faraday. Medida de la intensidad de un campo magnético. Energía intrínseca de una corriente. Mutua inducción de dos circuitos fijos.

Inducción en las masas metálicas

Experiencia de Foucault. Corrientes de Foucault. Fórmula de Picou para valorizar las pérdidas por corrientes de Foucault.

Electrostática

Fenómeno de electrización. Influencia eléctrica. Experiencia de Faraday. Ley de Coulomb. Potencial eléctrico. Campo eléctrico. Potencial de un conductor en equilibrio. Potencial del suelo. Teorema de Coulomb. Presión electrostática. Efecto de las puntas. Pantalla eléctrica. Pararrayos Franklin y Melsens. Máquinas electrostáticas. Replenisher. Aplicaciones. Cuerpos buenos y malos conductores. Aisladores.

¹⁶ —Programas de la Escuela N. De Ingenieros, aprobados provisionalmente por la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes para que rijan en el año escolar de 1908”, *Boletín de Instrucción Pública*, tomo IX, núms. 4, 5 y 6, abril, mayo y junio de 1908, pp. 984-991.

Condensadores

Definición de capacidad. Condensadores. Expresión de la capacidad de diversos condensadores. Botella de Leyden. Asociación de condensadores. Energía de un sistema de condensadores. Poder inductor específico de los dieléctricos. Condensadores industriales.

Dinamos. –Corriente continua”

Definición de dinamos. Principio de la acción de un dinamo. Principio del conmutador. Tipos de armaduras. Inductores. Capacidad de un dinamo. Corrientes de Foucault en las armaduras. Potencia de un dinamo.

Bobinajes de armaduras

Definiciones de elementos de bobinado. Bobinado de armaduras. Anillo. Bobinado de armaduras. Tambor. Realización práctica de bobinajes.

Conmutadores

Principio. Construcción. Diversos artificios. Árboles. Chumaceras. Aceiteras. Poleas.

Inductores

Sus partes. Material magnético; forma del campo magnético. Diversos modos de excitación de los dinamos. Bobinas inductoras. Pérdidas magnéticas. Polos. Zapatas.

La conmutación

Procedimiento de conmutación. Influencia de la self en la conmutación. Distorsión del campo magnético. Efecto desmagnetizante de la corriente de la armadura. Chispas en el conmutador. Pérdidas de energía en las armaduras.

Rendimiento de los dinamos

Definición. Coeficiente de conversión y coeficiente económico. Caso de los dinamos serie, shunt y compund. Excitación separada. Magnetos. Características. Líneas de potencia.

Dinamos en la distribución de potencial constante

Usos de la distribución a potencial constante. Modos de obtener la constancia de diferencia de potencial. Regulación de mano; reóstatos de campo. Auto-regulación. Teoría de la auto-regulación. Coeficiente económico de un dinamo Compund. Rendimiento de Compoudajae. Tipos de generadores para alumbrado.

Dinamos en la distribución a intensidad constante

Usos. Generadores para alimentación de lámparas de arco. Tipos diferentes.

Electromotores

Principio del motor. Sentido de la rotación. Velocidad. Fuerza contraelectromotriz. Reacción de la armadura. Rendimiento. Características. Arranque de motores. Reóstatos de arranque. Artificios de regulación.

Motor serie

Uso. Propiedades. Descripción de motores de tracción. Reóstato. Controllers.

Generadores especiales

Dinamotres: Definición y aplicación. Sistema Bullock. Motores. Generadores: definición y aplicación. Elevador de tensión: definición y aplicación. Batería Tampón.

Manejo de dinamos y motores

Asociación de motores y dinamos. Defectos de dinamos y motores. Manera de corregirlos.

Proyectos de máquinas

Diferentes métodos para proyectar. Cálculos de la armadura, de los inductores y del conmutador. Resumen especificativo de un dinamo.

Distribución

Diversos sistemas. Sus aplicaciones. Cálculos de líneas de transmisión.

Funciones periódicas. –Corriente alternada”

Periodo, frecuencia, alternancia y amplitud de una función armónica. Fase, diferencia de fase, decalaje, avance y retardo de una función armónica.

Diversos modos de representación de las funciones armónicas: representación geométrica, cinemática y de Fresnel.

Medida de fases.

Diagramas

Aplicaciones gráficas de los diversos modos de representación. Caso de una o varias funciones. Adición y sustracción de funciones. Caso de una función y su derivada.

Cantidades imaginarias

Representación de una función simple por una cantidad imaginaria. Aplicaciones. Valores instantáneos, valores medios, valores máximos y valores eficaces de una función armónica.

Propiedad de las corrientes alternadas

Definición de una corriente alternada. Frecuencias usuales. Forma senoidal. Potencia de una corriente alternada. Cambio de potencia en las diferentes partes de un circuito. Factor de potencia.

Self-inducción

Valores prácticos de selfinductancias. Ecuación fundamental de la inducción. Energía intrínseca de la corriente. Definiciones: reactancia, impedancia. Circuito con self y resistencia. Bobinas de reacción.

Capacidad

Condensadores industriales. Capacitancia. Circuito con condensadores: Relaciones de fase; relación entre la corriente y la fuerza electromotriz. Circuito con resistencia, self y capacidad. Resonancia.

Problemas sobre corrientes alternadas

Definición de términos usuales. Fuerzas electromotrices en serie. Polígono de impedancias. Aplicaciones numéricas. Polígono de admitancias.

Alternadores

Alternadores mono y polifásicos. Fuerza electromotriz de un alternador. Bobinado de armaduras. Reacción e inductancia de la armadura. Reactancia síncrona.

Marcha de alternadores

Regulación de marcha de alternadores. Rendimiento. Inductores de alternadores: diferentes tipos. Descripción de diversos alternadores.

Transformadores

Definiciones. Valor del flujo magnético. Relación entre la tensión primaria y la secundaria. Relación entre la intensidad primaria y la

secundaria. Reactancia y resistencia equivalente de un transformador. Pérdidas en el hierro y en el cobre. Rendimiento. Regulación de transformadores.

Teoría gráfica del transformador

Diagrama del transformador. Conexión de transformadores. Tipos de transformadores para el alumbrado. Métodos de enfriamiento de transformadores. Transformadores de corriente constante.

Cálculo de un transformador

Especificaciones. Método de cálculo.

Motores

Campos rotativos. Motor de inducción: principio. Definición de slip. Teoría. Rendimiento.

Marcha de motores de inducción

Artificios de arranque. Motores polifásicos de circuito monofásico. Motores de inducción en monofásicos. Sistema monocíclico. Cambiadores de frecuencia. Regulación de la velocidad.

Motores síncronos

Principio. Diagrama. Rendimiento.

Motores síncronos en marcha

Influencia del motor síncrono en un circuito de corriente alterna. La fuerza electromotriz del motor. Curva en V. Motores síncronos polifásicos. Artificio para el arranque. Marcha de alternadores en paralelo.

Conmutatrices

Definición y descripción. Relaciones de fuerza electromotriz. Relaciones de intensidad de corrientes. Rendimiento y capacidad. Arranque de una conmutatriz. Regulación de marcha.

Transmisión de potencia

Discusión de la naturaleza de la corriente. Frecuencia. Voltaje. Número de fases. Línea. Resistencia, inductancia y capacidad de la línea.

Plantas hidroeléctricas

Su importancia y comparación con otras plantas. Su desarrollo en nuestro país y en el extranjero. Utilización de una caída; parte hidráulica.

Motores hidráulicos

Clasificación y principio de acción. Datos prácticos sobre turbinas y ruedas. Colocación. Cimientos.

Generadores eléctricos

Estación generadora. Consideraciones generales. Elección racional. Conexiones con el motor hidráulico.

Tablero de marcha y distribución

Estaciones de distribución. Subestaciones. Composición del tablero. Colocación. Conexiones eléctricas del tablero. Barras de distribución. Marcha de los diferentes elementos de una planta.

Transformación

Elección de transformadores. Su disposición y ventilación. Pararrayos de protección. Tipos diversos.

Línea

Conductores. Postes aisladores. Pérdidas de transmisión.

Plantas de acción

Descripción de las principales plantas del país. Datos prácticos. Resultados de explotación. Precio de la energía: tarificación.

(Medidas eléctricas) Unidades

Unidades absolutas y derivadas. Sistema absoluto de unidades. (Sistema c. g. s.). Ecuación de dimensiones de una magnitud física. Cambio de sistema de unidades. Aplicaciones.

Sistema c. g. s. electromagnético práctico

Definición y ecuación de dimensiones. Ecuación de definición. Equivalencias. Problemas.

Galvanómetros

Teoría. Descripción.

Galvanómetros

Aplicaciones.

Electrómetros

Teoría. Descripción. Montajes usuales.

Voltímetros, Amperímetros

Principio. Construcción. Tipos industriales, de corriente continua y corriente alternada. Corrección y calibración.

Wáttmetros

Principio. Descripción de tipos usuales para corrientes alternadas (mono y polifásicas)

Contadores

Principio. Tipos usuales. Revisión de contadores.

Conferencias

Tracción eléctrica

Diversos sistemas. Material. Vía.

Alumbrado eléctrico

Tipos de lámparas incandescentes. Fabricación. Características. Fotometría.

Alumbrado eléctrico

Proyecto de alumbrado de un edificio. Proyecto de alumbrado de una ciudad pequeña.

Aplicación de la electricidad á la explotación de minas

Separación de minerales por electroimanes. Electromotores para minas.

Electrometalurgia

Métodos por vía seca y vía húmeda. Producción del cobre y aluminio.

Telefonía. Telegrafía

Sistemas modernos. Telefonía y telegrafía. Telegrafía sin hilos.

A2.2.4. 1911. Física¹⁷

Calor

Distinción entre calor y temperatura. El calor. Forma de energía. La temperatura determinante de los cambios caloríficos. Efectos del calor.

Dilataciones. Variaciones de temperatura. Cambios de estado. Termometría. Dilataciones de los sólidos y líquidos. Métodos de medida. Leyes de Mariotte y Gay Lussac. Temperatura absoluta. Aplicaciones de las leyes de Gay Lussac y Mariotte. Medidas de las cantidades de calor. Calorímetros, calores específicos. Calores específicos de los gases. Cambios de estado. Fusión y solidificación. Punto de fusión. Calor de fusión. Evaporación. Valor de vaporización. Ebullición. Densidad de los vapores. Transmisión del calor. Conducción. Convección. Irradiación.

Termodinámica

Calor y movimiento. Principio de Mayer. Ideas de Mayer. Equivalente mecánico del calor. Trabajo interno y trabajo externo. Diagrama de Clapeyron. Ideas de Carnot. Principio de Carnot. Entropía. Gases perfectos. Ecuaciones fundamentales de los gases perfectos. Líneas isotérmicas y adiabáticas. Esguerramiento de los gases. Aplicaciones. Vapores. Propiedades de los vapores. Tensión de los vapores. Calor del líquido y calor de vaporización. Calor latente interno y externo. Ecuaciones de los vapores isotérmicas y adiabáticas. Aplicaciones.

Electricidad y magnetismo

Magnetismo

Imanes. Atracción y repulsión magnética. La teoría de los dos fluidos y de la acción a distancia. Campo magnético. Tubos de fuerza. Concepción de Faraday. Ley de Coulomb. Unidad del polo magnético. Intensidad del campo magnético. Momento magnético de un imán. Imán colocado en un campo magnético uniforme. Par que obra sobre él. Par debido a la acción de un imán sobre otro. Tiempo de oscilación de un imán suspendido en un campo magnético uniforme. Medida de la intensidad de un campo magnético. Inducción magnética. Fuerza magnetizante. Susceptibilidad. Permeabilidad. Efecto de la temperatura sobre las propiedades magnéticas de los metales. Histéresis. Cuerpos paramagnéticos y diamagnéticos.

Magnetismo terrestre

Elementos magnéticos. Medida de la declinación. Medida de la inclinación. Medida de la intensidad del campo magnético terrestre. Cartas magnéticas. Curvas isógonas. Curvas isóclinas. Curvas de igual intensidad.

Electrostática

Atracción y repulsión eléctricas. Experiencias. Electroscopios. Electrización por influencia. Ley de Coulomb. Unidad de cantidad de electricidad. Teoría de los dos fluidos. Teoría de un fluido. Las ideas de Faraday. Campo eléctrico. Líneas de fuerza. Tensión longitudinal y presión lateral en las líneas de fuerza. Tubos de Faraday. Teoremas de Gauss y de Coulomb. Teoría de la potencial. Superficies equipotenciales. Capacidad de los conductores. Capacidad inductiva específica. Condensadores. Condensador esférico y de láminas paralelas. Condensador cargado. Los dieléctricos según Faraday y Maxwell. Electroscopios. Máquinas eléctricas. Medidas electrostáticas. Unidades electrostáticas.

Corriente eléctrica

Principio de Volta. Fuerza electro-motriz de contacto entre metales y entre metales y líquidos. Pila de volta. Diferentes clases de pilas. Debilitamiento de la pila. Polarización. Corriente eléctrica. Intensidad. Fuerza electro-motriz. Propiedad de la corriente. Ley de Ohm. Calentamiento de los hilos. Ley de Joule. Resistencia. Resistencia de un sistema de conductores. Puente de Wheatstone. Corrientes derivadas. Reglas de Kirchhoff. Circuitos múltiples. Manera de agrupar las pilas.

Electromagnetismo

Experimento de Oersted. Regla de Ampère. Campo magnético de las corrientes. Intensidad de campo en una corriente rectilínea. Unidades electromagnéticas. Galvanómetros de tangente y seno. Acción de un campo magnético sobre una corriente eléctrica. Acción de un campo magnético sobre un circuito rectangular. Hoja magnética. Potencial de una hoja magnética. Campo magnético de una corriente cerrada. Equivalencia de la hoja magnética y la corriente cerrada. Ley de Laplace. Acción de una corriente circular. Acción de una corriente indefinida. Solenoides. Imantación por las corrientes. Electroimanes. Inducción. Corrientes de inducción. Teoría de los fenómenos de inducción. Fuerza electro-motriz elemental. Ley de Lenz. Ecuación general de la inducción. Casos de inducción. Corrientes constantes. Disco de Faraday. Corrientes producidas por el movimiento de un imán frente a un circuito. Corrientes producidas por la sección de otra corriente. Corrientes alternadas. Máquinas de corriente continua y alternada.

A2.2.5. 1928. Laboratorio de Electricidad y Magnetismo para Mecánicos Electricistas¹⁸

Programa o sea: lista de los principales ejercicios experimentales que cada alumno debe esmerarse en desarrollar solo, lo más completo y correctamente posible durante el año escolar:

Electrostática

Comprobación de varios fenómenos y leyes; los dieléctricos, determinación de su constante; los condensadores, medición de su capacidad; distribución de la carga; carga por influencia; propiedad de las máquinas electrostáticas y modo de emplearlas; los instrumentos electrostáticos de medida; la rigidez dieléctrica y su determinación, etc.

Magnetismo en general y el electromagnetismo

Comprobación de varios fenómenos y leyes; fabricación de imanes permanentes y medición de su grado de saturación; trazado de curvas de magnetización, determinación de la permeabilidad y de los valores de B y H de distintos materiales, con el permeámetro; trazado del nudo de histéresis; determinación de las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas en el hierro mediante el aparato de Epstein; comprobación de los distintos fenómenos de inducción electromagnética y de la ley de Lenz; aplicación práctica de las corrientes parásitas, los frenos de inducción, etc.

La electricidad dinámica o en movimiento

Comprobación de varios fenómenos y leyes; descarga, chispa y arco; conocimiento práctico de los distintos manantiales de corriente: los pares químicos, los pares térmicos y las máquinas magneto —y dinamo— eléctricas. Los diversos efectos de la corriente eléctrica y sus aplicaciones. Fabricación y calibración de termoelementos para pirometría; investigaciones calorimétricas, la influencia de la superficie

¹⁷ —Programa del curso de Física”, pp. 126-128.

¹⁸ —Laboratorio de Electricidad y Magnetismo para Mecánicos Electricistas”, AHPM, 1928, VII-416, exp. 4.

de los cuerpos sobre la dispersión y absorción calórica. Calibración de instrumentos de medida —como voltímetros, amperímetros, vatímetros y contadores, según varios métodos. Mediciones de resistencia eléctrica según varios métodos prácticos. Determinación de la resistencia interna de elementos galvánicos y de la conductibilidad de líquidos. Determinación de la autoinducción. Comparación de fuerzas electromotrices según varios métodos. Carga y descarga de acumuladores, determinación de su capacidad y rendimiento; gráfica de carga y de descarga. Medición de cantidades de calor; comprobación de la ley de Joule. Determinación del coeficiente de temperatura y del rendimiento de casos eléctricos. Localización de faltas en cables subterráneos. Experimentos con voltímetros, comprobación de las leyes de Faraday relativas a la electrólisis; trabajos típicos electroquímicos. Fabricación y calibración de derivadores (shunts). Mediciones fotométricas y oscilográficas. Mediciones de velocidades angulares y frecuencias según distintos métodos, etc.

A2.2.6. 1935

A2.2.6.1. Física - Acústica y Óptica¹⁹

Acústica. Movimiento vibratorio. Ondas estacionarias. Propagación del sonido en los sólidos, en los líquidos y en los gases. Vibraciones de las cuerdas. Cualidades del sonido. Reflexión, resonancia, difracción e interferencias del sonido. Aparatos de producción y para la medida del sonido. Acústica de teatros, salas de concierto, estudios de radio, etc.

Óptica. Principios generales. Astigmatismo y aplanetismo. Reflexión y refracción. Espejos, lentes, instrumentos ópticos. Fotometría. Teorías acerca de la naturaleza de la luz. Espectroscopios y espectrógrafos. Difracción, dispersión, doble refracción. Polarización rectilínea y rotatoria. Polarímetros.

A2.2.6.2. Física - Fluidos, Calor y Termodinámica²⁰

Hidrostática e Hidrodinámica. Mecánica de los gases.

Calores específicos. Equivalencia entre el calor y el trabajo. Trabajo desarrollado por la presión de un gas. Diversas clases de procesos o transformaciones. Ciclos. Ciclo de Carnot. Entropía. Segundo principio de la Termodinámica. Propiedades de los vapores. Máquinas de vapor y de combustión interna.

A2.2.6.3. Física - Electricidad y Magnetismo²¹

Estudio de las leyes fundamentales de la Electrostática. Dieléctricos y conductores. Leyes fundamentales de magnetostática. Corrientes continuas: principios fundamentales. Efectos químicos y termoeléctricos. Campo magnético de una corriente eléctrica. Inducción electromagnética: Ley de Faraday. Medidas absolutas y sistemas de unidades.

¹⁹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 27.

²⁰ *Loc. cit.*

²¹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 27 y 28.

APÉNDICE 3

Libros de texto

Tabla A3.1. Libros de texto de las materias de física de la Escuela de Ingenieros.

| Materia | Año | Autor | Título |
|--------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Mecánica Analítica y Aplicada ¹ | 1882-1884 | Edmond Bour | <i>Mecánica y máquinas</i> |
| | | A. Faffé | <i>Mecánica aplicada a las máquinas</i> |
| | 1886 | Edmond Bour | <i>Cours de mécanique et machines</i> |
| | 1887 | Charles-Eugène Delaunay | <i>Mecánica Analítica</i> |
| | 1889-1892 | Alfred-Aimé Flamant | <i>Mécanique générale</i> |
| | 1891-1892 | Fustegueras y Hergot | <i>Cours de mécanique théorique et appliquée</i> |
| Electricidad ² | 1890-1895 | F. Joubert | <i>Electricidad</i> |
| Primer Curso de Electricidad ³ | 1896 | Ganot | <i>Física</i> |
| | 1896 | Garibay y Díaz | <i>Apuntes de Magnetismo⁴</i> |
| Mecánica Analítica ⁵ | 1896-1905 | Alfred-Aimé Flamant | <i>Mécanique générale</i> |
| | 1898 | Franz Reuleaux (parte correspondiente a los estudios elementales de cinemática de los mecanismos) | |
| | 1904-1907 | Richard Tetley Glazebrook | <i>An Elementary Text-Book Theoretical and Practical Mechanics</i> |

¹ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, pp. 101, 118, 119 y 216.

² Libertad Díaz Molina y Juan José Saldaña, "Contra la corriente. La institucionalización de la enseñanza de la ingeniería eléctrica en México, 1889-1930", p. 156; *RIPM*, vol. I, núm. 21, p. 643.

³ *Loc. cit.*

⁴ *RIPM*, vol. I, núm. 21, p. 643.

⁵ *RIPM*, vol. I, núm. 21, p. 643; "Libros de texto para las Escuelas Nacionales Superiores", en *RIPM*, vol. II, núm. 23, p. 694; Agustín Verdugo (editor), *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, Distrito Federal y territorios*, tomo XXXI, año de 1899, parte primera, p. 10; Agustín Verdugo (editor), *op. cit.*, tomo XXXI, año de 1899, parte segunda, p. 899; AHUNAM, ENI. Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 443; "Lista de obras de texto aprobadas provisionalmente por la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública, para que rijan en la Escuela Nacional de Ingenieros, durante este año", *BIP*, tomo I, núm. 4, 25 de febrero de 1903, pp. 245 y 246; "Programas y textos para la Escuela Nacional de Ingenieros en el año de 1905", en *BIP*, tomo IV, núm. 1, 10 de diciembre de 1904, pp. 151 y 152; "Programas y textos para la Escuela Nacional de Ingenieros para el año de 1905", en *BIP*, tomo IV, núm. 1, 10 de diciembre de 1904, pp. 142 y 143; "Programas y textos para la Escuela Nacional de Ingenieros en el año de 1905", en *BIP*, tomo IV, núm. 1, 10 de diciembre de 1904, pp. 151 y 152; "Programas y textos para la Escuela Nacional de Ingenieros para el año de 1905", en *BIP*, tomo IV, núm. 1, 10 de diciembre de 1904, pp. 142 y 143; Milada Bazant, "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfiriato", 1984, p. 291; "Lista de Textos aprobados por la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, para que rijan en la Escuela Nacional de Ingenieros en 1906", en *BIP*, tomo V, núm. 8, 20 de marzo de 1906, p. 786; "Obras de texto para los cursos de la Escuela Nacional de Ingenieros para el año escolar de 1908, aprobados provisionalmente por la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes", *BIP*, tomo IX, núms. 4, 5 y 6, abril, mayo y junio de 1908, p. 1040; "Textos para la Escuela N. de Ingenieros en el año escolar de 1909 a 1910", en *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XLI, primera parte, pp. 323 y 324; Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 200 y 202; "Lista de textos para el año escolar de 1915", AHPM, 1915, II-332, exp. 7; "Programa para la clase de Mecánica General (Dinámica) y Mecánica Aplicada a las Máquinas (Primera Parte)", AHPM, 1916, III-336, exp. 16.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 1906-1907 | Charles-Eugène Delaunay | <i>Traité de mécanique rationnelle</i> |
| | 1908-1916 | Edward Rose Maurer | <i>Technical Mechanics</i> |
| Física Matemática ⁶ | 1898 | Aimé Witz | <i>Thermodynamique</i> |
| | | Eric Mary Gerard | <i>L'Electricité</i> (primer tomo) |
| | 1899-1903 | James Chappuis y Alphonse Berget | <i>Leçons de physique générale</i> |
| | 1903 | Monlau | <i>Cours de Mécanique</i> |
| | 1909-1915 | Paul André Marie Janet | <i>Premiers principes d'électricité industrielle</i> |
| | | Samuel Sheldon y Hobart Mason | <i>Dynamo Electric Machinery</i> |
| Samuel Sheldon y Hobart Mason | | <i>Alternating-Current Machines</i> | |
| Mecánica General (Dinámica) y Mecánica Aplicada a las Máquinas (Primera Parte) ⁷ | 1916 | Peter Schwamb, Allyne Litchfield Merrill y Walter Herman James | <i>Elements of Mechanism</i> |
| | | Andrew Jamieson | <i>A Text-Book of Applied Mechanics and Mechanical Engineering, Vol. V: Theory of Machines and Practical Mechanisms</i> |
| Física - Mecánica ⁸ | 1935-1937 | Georges Papelier | <i>Précis de mécanique</i> |
| | 1937 | Daries | <i>Mécanique, Hydrostatique et Thermodynamique</i> |
| <i>Bibliothèque du Conducteur des Travaux Publics</i> | | | |
| Estática y Nociones de Estabilidad ⁹ | 1935-1937 | M. Désiré Mathieu | <i>Curso de resistencia de materiales y estabilidad de las construcciones</i> |
| | | Fred B. Seely | <i>Resistance of Materials</i> |
| | | E. Müller Breslau | <i>La ciencia de la construcción</i> |
| | | Charles Edward Fuller y William Atkinson Johnston | <i>Mecánica aplicada</i> |
| Cinemática y Mecanismos ¹⁰ | 1935 | | <i>Apuntes de la Sociedad Editora de Apuntes de la Escuela N. de Ingenieros</i> |
| | | Peter Schwamb, Allyne Litchfield Merrill y Walter Herman James | <i>Elements of Mechanism</i> |
| | | Rufus Benjamin Felten | <i>Problems in Machine Drawing</i> |
| | | Paul Appell | <i>Précis de mécanique rationnelle</i> (libro de consulta) |
| | | Henri Poincaré | <i>Cinématique et Mécanismes</i> (libro de consulta) |
| | | C. H. C. Harmann | <i>Les mécanismes</i> (libro de consulta) |
| Dinámica ¹¹ | 1935 | | <i>Apuntes de la Sociedad Editora de Apuntes de la</i> |

⁶ –Libros de texto para las Escuelas Nacionales Superiores”, en *RIPM*, vol. II, núm. 23, p. 694; Agustín Verdugo (editor), *op. cit.*, tomo XXXI, año de 1899, parte primera, p. 10; Agustín Verdugo (editor), *op. cit.*, tomo XXXI, año de 1899, parte segunda, p. 899; AHUNAM, ENI. Dirección. Informes y reglamentos, caja 8, exp. 15, fo. 443; –Lista de obras de texto aprobadas provisionalmente por la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública, para que rijan en la Escuela Nacional de Ingenieros, durante este año”, *BIP*, tomo I, núm. 4, 25 de febrero de 1903, pp. 245 y 246; –Textos para la Escuela N. de Ingenieros en el año escolar de 1909 a 1910” *Colección legislativa completa de la República Mexicana con todas las disposiciones expedidas para la Federación, el Distrito y los Territorios Federales*, tomo XLI, primera parte, pp. 323 y 324; Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 200 y 202; –Lista de textos para el año escolar de 1915”, AHPM, 1915, II-332, exp. 7

⁷ –Programa para la clase de Mecánica General (Dinámica) y Mecánica Aplicada a las Máquinas (Primera Parte)”, AHPM, 1916, III-336, exp. 16.

⁸ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 28; AHPM, 1937, VII-551, exp. 34, fo. 1.

⁹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 33; –Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13.

¹⁰ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 34; AHPM, 1935, VII-531, exp. 20.

¹¹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 34.

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| | | | <i>Escuela N. de Ingenieros</i> (libro de consulta) |
| | | Paul Appell | <i>Précis de mécanique rationnelle</i> (libro de consulta) |
| | | Charles-Jean de la Vallée Poussin | <i>Leçons de Mécanique Analytique</i> (libro de consulta) |
| | | Edward Rose Maurer | <i>Technical Mechanics</i> |
| Física - Acústica y Óptica ¹² | 1935 | Henri Bouasse | <i>Acoustique générale</i> |
| | | Alfred Horace Davis y George William Clarkson Kaye | <i>The Acoustics of Buildings</i> |
| | | Jean Baptiste Tourriol | <i>Cours d'optique géométrique</i> |
| | | Orest Danilovich Khvolson | <i>Física</i> |
| Física - Fluidos, Calor y Termodinámica ¹³ | 1935 | John Edward Emswiler | <i>Thermodynamics</i> |
| | | Forrest E. Cardullo | <i>Practical Thermodynamics</i> (libro de consulta) |
| | | Lecon | <i>Thermodynamics</i> (libro de consulta) |
| Física - Electricidad y Magnetismo ¹⁴ | 1935 | Leigh Page y Norman Isley Adams, Jr. | <i>Principles of Electricity</i> |
| | 1935-1937 | William Thomas Alder Emtage | <i>Electricity and Magnetism</i> (libro de consulta) |
| | | Sydney George Starling | <i>Electricity and Magnetism</i> (libro de consulta) |
| | | James Hopwood Jeans | <i>The Mathematical Theory of Electricity and Magnetism</i> (libro de consulta) |
| Cinemática y Mecanismos y Dinámica ¹⁵ | 1937 | | <i>Apuntes de la Sociedad Editora de Apuntes de la Escuela N. de Ingenieros</i> |
| | | Peter Schwamb, Allyne Litchfield Merrill y Walter Herman James | <i>Elements of Mechanism</i> |
| | | Rufus Benjamin Felten | <i>Problems in Machine Drawing</i> |
| | | Paul Appell | <i>Précis de mécanique rationnelle</i> (libro de consulta) |
| | | C. H. C. Harmann | <i>Les mécanismes</i> (libro de consulta) |
| | | Charles-Jean de la Vallée Poussin | <i>Leçons de Mécanique Analytique</i> (libro de consulta) |
| | | Edward Rose Maurer | <i>Technical Mechanics</i> |
| Física – Acústica y Óptica, Calor y Termodinámica ¹⁶ | 1937 | Henri Bouasse | <i>Acoustique générale</i> |
| | | Alfred Horace Davis y George William Clarkson Kaye | <i>The Acoustics of Buildings</i> |
| | | Jean Baptiste Tourriol | <i>Cours d'optique géométrique</i> |
| | | Orest Danilovich Khvolson | <i>Física</i> |
| | | John Edward Emswiler | <i>Thermodynamics</i> |
| | | Forrest E. Cardullo | <i>Practical Thermodynamics</i> |
| | | Lecon | <i>Thermodynamics</i> |

¹² *Ibid.*, p. 28.

¹³ *Loc. cit.*

¹⁴ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 29; –*Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937*”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13.

¹⁵ –*Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937*”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13; *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 34.

¹⁶ –*Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937*”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13.

APÉNDICE 4

Profesores

Tabla A4.1. Profesores de materias de mecánica.¹

| Profesor | Año | Materia |
|------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Miguel Bustamante (padre) | 1867-1881 | Mecánica racional y aplicada ² |
| Eduardo Garay | 1882 | Mecánica analítica y aplicada ³ |
| Francisco Rodríguez Rey (falleció en 1904) | 1883-1904 | Mecánica analítica y aplicada ⁴ |
| Valentín Gama y Cruz (1868-1942) | 1904-1916 | Mecánica general ⁵ |
| Juan Mateos (nacido en 1868) (interino) | 1905 | Mecánica general ⁶ |
| Sotero Prieto Rodríguez (1884-1935) (interino) | 1912 | Mecánica general ⁷ |
| Manuel Stampa | 1916 | Mecánica general (estática) y mecánica aplicada a las construcciones ⁸ |
| José Antonio Cuevas (nacido en 1891) | 1916-1922 | Mecánica general (estática) y mecánica aplicada a las construcciones ⁹ |
| Ignacio Avilez Serna (1890-1962) | 1916-1922 | Mecánica general (dinámica) y mecánica aplicada a las máquinas ¹⁰ |
| Valentín Gama | 1917-1922 | Física (nociones de mecánica y estática y dinámica de los fluidos y calor) ¹¹ |
| Basiliso Romo (1872-1942) | 1917-1933 | Física (nociones de mecánica y estática y dinámica de los fluidos y calor) ¹² |
| José A. Cuevas | 1923-1928 | Estática y primer curso de estabilidad ¹³ |

¹ Cuando en las fuentes no es común que aparezca el segundo apellido de un profesor, sólo se registra la primera vez que se escribe su nombre.

² AHPM, 1900, II-272, exp. 19, fo. 10; Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, pp. 101 y 199.

³ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 201.

⁴ AHPM, 1901, II-272, exp. 19, fo. 3; AHPM, 1900, II-268, exp. 1, fo. 7; AHPM, 1903, I-277, exp. 2, fo. 5; AHPM, 1904, II-281, exp. 15, fo. 7.

⁵ AHPM, 1904, II-281, exp. 5, fo. 8; “Listas de faltas de los Sres. Profesores”, AHPM, 1906, I-284, exp. 2, fo. 2; AHPM, 1908, I-292, exp. 2; AHPM, 1911, IV-309, exp. 13; AHPM, 1913, I-321, exp. 1, fo. 9; Rebeca de Gortari Rabiela, “Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la revolución mexicana”, p. 141; “Lista del personal docente y administrativo de la Escuela Nacional de Ingenieros que se presentó el día 16 de abril próximo pasado al reanudarse las labores escolares del Establecimiento”, AHPM, 1915, I-331, exp. 5; AHPM, 1916, I-334, exp. 1.

⁶ AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 3 y 60 o 70.

⁷ “Noticia de las faltas de asistencia de los Señores Profesores y Empleados de esta Escuela, correspondiente al mes de junio de 1912”, AHPM, 1912, I-314, exp. 1, fo. 5; María de la Paz Ramos Lara, “De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México”, p. 146.

⁸ David Martín Baptista González, *La creación de la primera carrera de ingeniero petrolero en la Universidad Nacional*, p. 54.

⁹ AHPM, 1916, II-335, exp. 17; “Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9; David Martín Baptista González, *op. cit.*, p. 54; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 198; Tamayo, *op. cit.*, p. 69.

¹⁰ AHPM, 1916, II-335, exp. 16; “Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9; AHPM, 1920, I-351, exp. 1, fo. 2; David Martín Baptista González, *op. cit.*, p. 54.

¹¹ “Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9; AHPM, 1920, I-351, exp. 1, fo. 5; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 197.

¹² “Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9; AHPM, 1920, I-351, exp. 1, fo. 5; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 197; “Física”, AHPM, 1928, III-412, exp. 6; “Física y sus Ejercicios”, AHPM, 1933, I-497, exp. 4; María de la Paz Ramos Lara, “Los ingenieros promotores de la física académica en México (1910-1935)”, 2007, p. 1256; Baptista González, *op. cit.*, p. 89; *Anuario. 1931-1932*, p. 164.

¹³ AHPM, 1916, II-335, exp. 17; Baptista González, *op. cit.*, p. 89; “Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a

| | | |
|-----------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ignacio Avilez | 1925 | Dinámica y mecanismos ¹⁴ |
| Mariano Hernández Barrenechea (1900-1978) | 1928 | Ejercicios de Física ¹⁵ |
| Mariano Hernández | 1928-1931 | Dinámica y mecanismos ¹⁶ |
| Mariano Hernández | 1931-1933 | Física (nociones de mecánica y estática y dinámica de los fluidos y calor) ¹⁷ |
| Claudio Castro (falleció en 1940) | 1931 | Estática y primer curso de estabilidad ¹⁸ |
| Basiliso Romo | 1935 | Física – Mecánica ¹⁹ |
| Mariano Hernández | 1935 | Física – Mecánica ²⁰ |
| Claudio Castro | 1935-1939 | Estática y nociones de estabilidad ²¹ |
| Ignacio Avilez | 1935 | Estática y nociones de estabilidad ²² |
| Mariano Hernández | 1935 | Cinemática y mecanismos ²³ |
| Mariano Hernández | 1935 | Dinámica ²⁴ |
| Carlos Vallejo Márquez (1902-1986) (adjunto) | 1935 | Dinámica ²⁵ |
| Carlos Graef Fernández (1911-1988) (ayudante) | 1935 | Laboratorio de electricidad y magnetismo ²⁶ |
| Basiliso Romo | 1936-1939 | Física – Mecánica y fluidos ²⁷ |
| Mariano Hernández | 1936-1939 | Física – Mecánica y fluidos ²⁸ |
| Luis Vargas Varela | 1933-1939 | Ejercicios de Física – Mecánica ²⁹ |
| Rodrigo Castelazo | 1937-1942 | Física – Mecánica y fluidos ³⁰ |
| Mariano Hernández | 1937-1942 | Cinemática, mecanismos y dinámica ³¹ |

los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4.

¹⁴ AHPM, 1925, I-382, exp. 13.

¹⁵ –Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4.

¹⁶ –Dinámica y Mecanismos”, AHPM, 1928, VI-415, exp. 6; Baptista González, *op. cit.*, p. 89; *Anuario. 1931-1932*, p. 163; –Mariano Hernández Barrenechea”, en *100 Años UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 1910-2010*, en <http://www.100.unam.mx/images/stories/universitarios/dhc/PDF/herandez-barrenechea-mariano.pdf>, consultado el 31 de octubre de 2013.

¹⁷ *Anuario. 1931-1932*, p. 163; –Física y Ejercicios de Física”, AHPM, 1933, I-497, exp. 4.

¹⁸ *Anuario. 1931-1932*, p. 162; AHPM, 1940, IX-583, exp. 1.

¹⁹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 28.

²⁰ *Loc. cit.*

²¹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 33; –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1936, IV-539, exp. 4; ‘Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –A’”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

²² *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 33.

²³ *Loc. cit.*

²⁴ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 34.

²⁵ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 34; *Cronología del Instituto Politécnico Nacional y de sus Escuelas, Centros y Unidades de Enseñanza y de Investigación. Siglo XIX, siglo XX, siglo XXI hasta 2006*, p. 13.

²⁶ AHPM, 1935, VIII-532, exp. 2.

²⁷ –Física – Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1936, I-536, exp. 24 y 26; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1937, III-547, exp. 13; –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 357.

²⁸ –Física – Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1936, II-537, exp. 9; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1937, I-545, exp. 18; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 358.

²⁹ –Física y sus Ejercicios”, AHPM, 1933, I-497, exp. 6; –Ejercicios de Física”, AHPM, 1936, II-537, exp. 25 –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 354.

³⁰ –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1937, II-546, exp. 18; –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1940, V-579, exps. 2 y 4; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 365; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1941, I-586, exp. 13; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1942, I-593, exp. 17.

³¹ –Cinemática, Mecanismos y Dinámica”, AHPM, 1937, I-545, exp. 15; –Cinemática, Mecanismos y Dinámica”, AHPM, 1940, IV-578, exp. 22; –Cinemática, Mecanismos y Dinámica”, AHPM, 1941, IV-589, exp. 33; –Cinemática, Mecanismos y Dinámica”, AHPM, 1942, IV-596, exp. 2.

| | | |
|------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Claudio Castro | 1938 | Ejercicios de estática y nociones de estabilidad ³² |
| Luis Cabrera Cosío | 1939 | Ejercicios de estática y nociones de estabilidad en las construcciones ³³ |
| Héctor Uribe Martínez | 1938-1942 | Física – Mecánica y fluidos ³⁴ |
| Luis Vargas | 1940-1942 | Física – Mecánica y fluidos ³⁵ |
| Rodrigo Castelazo | 1940-1942 | Estática y nociones de estabilidad y ejercicios ³⁶ |
| Óscar Vega Argüelles (1914-2010) | 1940-1942 | Estática y nociones de estabilidad y ejercicios ³⁷ |
| Ernesto Uriegas Sánchez de la Vega | 1940 | Estática y nociones de estabilidad ³⁸ |
| Guillermo Salazar Polanco | 1942 | Estática y nociones de estabilidad y ejercicios ³⁹ |
| Aurelio Torres | 1942 | Estática y nociones de estabilidad y ejercicios ⁴⁰ |
| Leonardo Zeevaert Wiechers | 1942 | Cinemática, dinámica y mecanismos ⁴¹ |

³² –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

³³ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 354.

³⁴ –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1940, I-575, exp. 19; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1941, IV-589, exp. 19; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1942, II-594, exp. 1.

³⁵ –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1940, I-575, exp. 2; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1941, I-586, exp. 4; –Física - Mecánica y Fluidos”, AHPM, 1942, I-593, exp. 8.

³⁶ –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1940, V-579, exp. 1; –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1941, I-586, exp. 14; –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1942, II-594, exp. 15.

³⁷ –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1940, II-576, exp. 6; –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1942, II-594, exp. 20; Carlos Martín del Castillo (coord. general), *op. cit.*, p. 130.

³⁸ –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1940, IV-578, exp. 21.

³⁹ –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1942, III-595, exp. 5.

⁴⁰ –Estática y Nociones de Estabilidad”, AHPM, 1942, III-595, exp. 7.

⁴¹ –Cinemática, Mecanismos y Dinámica”, AHPM, 1942, IV-596, exp. 11.

Tabla A4.2. Profesores de materias de física

| Profesor | Año | Materia |
|---------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------|
| Agustín Zamora | 1867-1868 | Física ⁴² |
| José Bustamante | 1869 | Hidrografía y física del globo ⁴³ |
| José Bustamante | 1881 | Cálculo de probabilidades y física del globo ⁴⁴ |
| Miguel Pérez | 1886-1889 | Cálculo de probabilidades y física matemática ⁴⁵ |
| Miguel Pérez | 1891-1892 | Física matemática ⁴⁶ |
| Mariano Villamil (falleció en 1906) | 1892 | Primer curso de electricidad ⁴⁷ |
| Alberto Best | 1890-1897 | Segundo curso de electricidad ⁴⁸ |
| Mariano Villamil | 1898-1906 | Física matemática ⁴⁹ |
| Francisco Garibay | 1906 | Física matemática ⁵⁰ |
| Manuel L. Stampa (interino) | 1908 | Física matemática ⁵¹ |
| Francisco Urquidi | 1908-1913 | Física matemática ⁵² |
| Carlos Prieto R. (preparador) | 1911-1913 | Laboratorio de electricidad ⁵³ |
| Salvador E. Altamirano Moya (nacido en 1885) (interino) | 1913 | Física matemática ⁵⁴ |
| Daniel Olmedo (nacido en 1871) | 1913-1916 | Física matemática ⁵⁵ |
| Antonio Gamboa (encargado) | 1916-1917 | Gabinete de física ⁵⁶ |
| Daniel Olmedo | 1917-1920 | Electricidad ⁵⁷ |
| Carlos Luca (preparador) | 1917 | Electricidad ⁵⁸ |
| Daniel Olmedo | 1920 | Electricidad para ingenieros civiles y mineros ⁵⁹ |
| Daniel Olmedo | 1922 | Segundo curso de electricidad ⁶⁰ |
| Carlos Luca Marín | 1922 | Electricidad para civiles y mineros ⁶¹ |

⁴² Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, pp. 118 y 199.

⁴³ AHUNAM, ENI, Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, caja 19, exp. 1, fo. 5.

⁴⁴ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 118.

⁴⁵ *Ibid.*, p. 202.

⁴⁶ *Ibid.*, pp. 202 y 205.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 119.

⁴⁸ AHPM, 1901, II-272, exp. 19, fo. 3.

⁴⁹ AHPM, 1901, II-272, exp. 19, fo. 3; Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 205; AHPM, 1900, II-268, exp. 1, fo. 8; –Distribución de los días y horas de las clases, en la Escuela Nacional de Ingenieros, para el año de 1904”, en *BIP*, tomo III, núm. 2, 29 de febrero de 1904, p. 199; Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, p. 73.

⁵⁰ –Lista de faltas de los Sres. Profesores”, AHPM, 1906, I-284, exp. 2, fo. 2.

⁵¹ AHPM, 1908, I-292, exp. 2; AHPM, 1908, IV-295, exp. 5.

⁵² –Informe que presenta a la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes el Sr. Ing. D. Francisco Urquidi, Profesor de Física Matemática en la Escuela N. De Ingenieros, sobre la excursión técnica que hicieron a Necaxa los alumnos de dicha clase”, en *BIP*, tomo XI, núm. 2, diciembre de 1908, p. 516; AHPM, 1911, IV-312, exp. 17; –Noticia de las faltas de asistencia de los Señores Profesores y Empleados de esta Escuela, correspondiente al mes de junio de 1912”, AHPM, 1912, I-314, exp. 1, fo. 5.

⁵³ Tamayo, *op. cit.*, Anexo 6.

⁵⁴ AHPM, 1911, IV-312, exp. 17.

⁵⁵ AHPM, 1908, IV-295, exp. 4, fo. 1; Rebeca de Gortari Rabiela, –Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la revolución mexicana”, p. 141; –Lista del personal docente y administrativo de la Escuela Nacional de Ingenieros que se presentó el día 16 de abril próximo pasado al reanudarse las labores escolares del Establecimiento”, AHPM, 1915, I-331, exp. 5; AHPM, 1916, I-334, exp. 1.

⁵⁶ AHPM, 1916, III-336, exp. 6; –Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9.

⁵⁷ AHPM, 1908, IV-295, exp. 4; –Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9; AHPM, 1920, I-351, exp. 1.

⁵⁸ –Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9.

⁵⁹ *Loc. cit.*

⁶⁰ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 198.

⁶¹ *Loc. cit.*

| | | |
|--------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|
| Guillermo A. Keller Bergamini | 1922-1931 | Laboratorio de electricidad ⁶² |
| Carlos Luca | 1922 | Prácticas de electricidad ⁶³ |
| Carlos Luca | 1928-1931 | Electricidad y magnetismo ⁶⁴ |
| Eduardo Luque Díaz | 1928 | Electricidad y Magnetismo ⁶⁵ |
| Carlos Steiner | 1928 | Laboratorio de Electricidad ⁶⁶ |
| Efrén Fierro y Camargo | 1935 | Física – Acústica y óptica ⁶⁷ |
| Basiliso Romo | 1935 | Física – Fluidos, calor y termodinámica ⁶⁸ |
| Alfredo Baños, Jr. (1905-1995) | 1935-1937 | Física – Electricidad y magnetismo ⁶⁹ |
| Efrén Fierro | 1936-1940 | Física – Acústica, óptica, calor y termodinámica ⁷⁰ |
| Basiliso Romo | 1937-1940 | Física – Acústica, óptica, calor y termodinámica ⁷¹ |
| Efrén Fierro | 1936-1942 | Física – Electricidad y magnetismo ⁷² |
| Luis Mascott López | 1936-1938 | Física – Electricidad y magnetismo ⁷³ |
| Héctor Uribe Martínez | 1938 | Física – Electricidad y magnetismo ⁷⁴ |
| Jorge Graf Garduño | 1939-1942 | Física – Electricidad y magnetismo ⁷⁵ |
| Vicente Guerrero y Gama | 1941-1942 | Física – Calor y termodinámica ⁷⁶ |
| Efrén Fierro | 1942 | Física – Calor y termodinámica ⁷⁷ |

⁶² Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 198; *Anuario. 1931-1932*, p. 163.

⁶³ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 198.

⁶⁴ –Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4; Baptista González, *op. cit.*, p. 89; *Anuario. 1931-1932*, p. 163.

⁶⁵ –Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4.

⁶⁶ –Laboratorio de Electricidad”, AHPM, 1928, II-411, exp. 1.

⁶⁷ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 28.

⁶⁸ *Loc. cit.*

⁶⁹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 29; –Escuela Nacional de Ingenieros. Año de 1937”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 13; Francisco Collazo Reyes y Gerardo Herrera Corral, –Alfredo Baños y el surgimiento de la física y la investigación académica en México”, p. 6.

⁷⁰ –Física – Acústica, Óptica, Calor y Termodinámica”, AHPM, 1936, I-536, exp. 11; ‘Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –A’”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; ‘Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –B’”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 361; –Física – Acústica, Óptica, Calor y Termodinámica”, AHPM, 1940, II-576, exp. 2.

⁷¹ AHPM, 1937, VII-551, exp. 36; Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1940, II-576, exp. 1.

⁷² –Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1936, I-536, exp. 12; ‘Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –A’”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 361; –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; –Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1941, III-588, exp. 33; –Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1942, IV-596, exp. 5.

⁷³ –Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1936, III-538, exp. 1; ‘Horario para las materias del segundo año de todas las carreras en el año escolar de 1937. Grupo –B’”, AHPM, 1937, VII-551, exp. 19; –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

⁷⁴ –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

⁷⁵ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 361; –Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1940, I-575, exp. 13; –Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1941, IV-589, exp. 5; –Física – Electricidad y Magnetismo”, AHPM, 1942, III-596, exp. 18.

⁷⁶ –Física – Calor y Termodinámica”, AHPM, 1941, III-588, exp. 16; –Física – Calor y Termodinámica”, AHPM, 1942, II-594, exp. 13.

⁷⁷ –Física – Calor y Termodinámica”, AHPM, 1942, II-594, exp. 13.

Tabla A4.3. Formación académica de profesores de física y otras materias impartidas por ellos.

| Profesor | Carrera y año de graduación | Institución | Otras materias impartidas | Año | Institución |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------|
| Salvador Altamirano | Ingeniero electricista (1909) | Instituto Tecnológico de Massachusetts ⁷⁸ | | | Escuela Nacional Preparatoria (ENP) ⁷⁹ |
| | | | Mecánica Aplicada a las Máquinas | | Escuela de Artes y Oficios para Hombres ⁸⁰ |
| | | | Física, Mecánica y Cosmografía | | Internado Nacional ⁸¹ |
| | | | Mecánica Aplicada a las Máquinas (interino) | 1911-1913 | Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) ⁸² |
| Ignacio Avilez | Ingeniero civil (1914)/ Especialidad (1941) | ENI/ Universidad de Syracuse ⁸³ | | 1913-1917 | Escuela de Artes y Oficios para Hombres ⁸⁴ |
| | | | Mecánica Aplicada a las Máquinas | 1917-1920 | ENI ⁸⁵ |
| | | | Procedimientos de Construcción | 1922 | ENI ⁸⁶ |
| | | | Máquinas Térmicas | 1928-1931 | ENI ⁸⁷ |
| | | | Complementos de Máquinas Térmicas | 1931 | ENI ⁸⁸ |
| | | | Plantas de Vapor y Laboratorio | 1939 | ENI ⁸⁹ |
| | | | Máquinas Térmicas y Laboratorio | 1939 | ENI ⁹⁰ |
| | | | | | Escuela de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (EIME) ⁹¹ |
| | | | | | Escuela Nacional de Ciencias Químicas (ENCQ) ⁹² |
| Alfredo Baños, Jr. | Ingeniero electricista (1928)/ Doctor en ingeniería (1936)/ Doctor en física teórica (1938) | Universidad de Texas/ Universidad Johns Hopkins (títulos de ingeniero y doctor en ingeniería)/ Instituto Tecnológico | | 1933 | Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica ⁹⁴ |
| | | | Teoría de la Corriente Alterna | 1939-1942 | ENI ⁹⁵ |
| | | | Teoría de los Circuitos Eléctricos | 1942 | Facultad de Ciencias (FC) ⁹⁶ |

⁷⁸ –Hoja de servicios de Ing. Salvador E. Altamirano”, AHPM, 1911, IV-312, exp. 17.

⁷⁹ Javier Garciadiego Dantan, *Rudos contra científicos. La Universidad Nacional durante la revolución mexicana*, p. 134.

⁸⁰ –Hoja de servicios de Ing. Salvador E. Altamirano”, AHPM, 1911, IV-312, exp. 17.

⁸¹ *Loc. cit.*

⁸² AHPM, 1911, IV-312, exp. 17; AHUNAM, ENI. Asuntos escolares. Listas de Asistencia e inscripción, caja 29, exp. 1-bis, fo. 20.

⁸³ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 47; –Ignacio Avilez y Serna”, en *100 Años UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 1910-2010*, en <http://www.100.unam.mx/images/stories/universitarios/dhc/PDF/avilez-serna-ignacio.pdf>, consultado el 1 de noviembre de 2013.

⁸⁴ AHPM, 1916, II-335, exp. 16.

⁸⁵ AHPM, 1916, II-335, exp. 16; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 168.

⁸⁶ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 198.

⁸⁷ –Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4; *Anuario. 1931-1932*, p. 162.

⁸⁸ *Loc. cit.*

⁸⁹ Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 361 y 365.

⁹⁰ *Ibid.*, pp. 361 y 365.

⁹¹ *Loc. cit.*

⁹² *Loc. cit.*

| | | | | | |
|---------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------|
| | | de Massachusetts ⁹³ | | | |
| Alberto Best | Ingeniero topógrafo e hidrógrafo (1885) | ENI ⁹⁷ | | | |
| José Bustamante | Ensayador (1859) | Escuela Especial de Ingenieros ⁹⁸ | Cálculo de las probabilidades aplicado a las ciencias de observación, hidrografía y física del globo | 1867-1881 | Escuela Especial de Ingenieros ⁹⁹ |
| | | | Cálculo de las probabilidades, hidrografía y física del globo | 1868 | Escuela Especial de Ingenieros ¹⁰⁰ |
| Miguel Bustamante (padre) | Topógrafo (1856)/ Ingeniero de minas (1856) | Escuela Especial de Ingenieros ¹⁰¹ | Mineralogía | 1870 | ENI ¹⁰² |
| | | | Mecánica Industrial | 1885-1892 | ENI ¹⁰³ |
| | | | Mecánica Práctica e Industrial | 1900 | ENI ¹⁰⁴ |
| Luis Cabrera | Ingeniero civil (1941) | ENI ¹⁰⁵ | | | |
| Rodrigo Castelazo | Ingeniero civil (1934) | ENI ¹⁰⁶ | Complementos de Álgebra | 1937-1942 | ENI ¹⁰⁷ |
| | | | Topografía General | 1942 | ENI ¹⁰⁸ |
| Claudio Castro | Ingeniero de minas y metalurgista (1892) | ENI ¹⁰⁹ | Estabilidad de las Construcciones | 1907-1939 | ENI ¹¹⁰ |
| | | | Mecánica Aplicada a las Construcciones | 1917-1928 | ENI ¹¹¹ |
| | | | Ejercicios de Estabilidad | 1928-1936 | ENI ¹¹² |
| José A. | Ingeniero civil | ENI ¹¹³ | Geometría Descriptiva | 1912-1931 | ENP ¹¹⁴ |

⁹⁴ *Ibid.*, p. 39.

⁹⁵ Navarro Robles, *Antecedentes de la investigación y de los altos estudios de física y matemáticas en México (fines del siglo XIX principios del siglo XX)*, p. 161; “Teoría de la corriente alterna”, AHPM, 1940, III-577, exp. 15; “Teoría de la corriente alterna”, AHPM, 1942, IV-596, exp. 8.

⁹⁶ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 161.

⁹⁷ Carolina Medrano Pérez, “Entrevista a Alfredo Baños”, pp. 39 y 40.

⁹⁸ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 48.

⁹⁹ *Loc. cit.*

¹⁰⁰ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 200.

¹⁰¹ *Loc. cit.*

¹⁰² Iván Rubén Lara Mimblera, *Reacciones, colaboraciones y proyectos científicos. Los ingenieros de Minería durante la Intervención Francesa y el Segundo Imperio en México (1862-1867)*, p. 40.

¹⁰³ AHPM, 1900, II-272, exp. 19, fo. 10.

¹⁰⁴ AHPM, 1900, II-272, exp. 19, fo. 10; Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 206.

¹⁰⁵ AHPM, 1900, II-268, exp. 1, fo. 7.

¹⁰⁶ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 48.

¹⁰⁷ *Ibid.*, p. 49.

¹⁰⁸ “Complementos de Álgebra”, AHPM, 1937, II-546, exp. 19; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 357; “Complementos de Álgebra”, AHPM, 1941, I-586, exp. 15; “Complementos de Álgebra”, AHPM, 1942, I-593, exp. 19.

¹⁰⁹ “Topografía General”, AHPM, 1941, I-586, exp. 16; “Topografía General”, AHPM, 1942, I-593, exp. 17.

¹¹⁰ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 49.

¹¹¹ “Antigüedad de varios profesores”, AHPM, 1926, I-393, exp. 8, fo. 349; “Horario para el curso semestral de 1911”, AHPM, 1911, I-309, exp. 2, fo. 1; “Relación de los diferentes empleos que desempeñan los CC. Profesores y Empleados de esta Escuela”, AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 16; AHPM, 1913, I-321, exp. 1, fo. 9; “Lista del personal docente y administrativo de la Escuela Nacional de Ingenieros que se presentó el día 16 de abril próximo pasado al reanudarse las labores escolares del Establecimiento”, AHPM, 1915, I-331, exp. 5; AHPM, 1916, I-334, exp. 1; Rebeca de Gortari Rabiela, “Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la revolución mexicana”, p. 141; “Estabilidad de las Construcciones”, AHPM, 1928, III-412, exp. 3; *Anuario. 1931-1932*, p. 162; *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, p. 34; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 361; “Estabilidad de las construcciones y sus ejercicios”, AHPM, 1936, IV-539, exp. 5; “Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

¹¹² “Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9; AHPM, 1920, I-351, exp. 1, fo. 2; “Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4.

¹¹³ “Horario de la Facultad Nacional de Ingeniería”, AHPM, 1928, VII-416, exp. 6; *Anuario. 1931-1932*, p. 162 *Anuario. 1931-1932*, p. 162; “Estabilidad de las construcciones y sus ejercicios”, AHPM, 1936, IV-539, exp. 5.

¹¹⁴ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 50.

¹¹⁵ Gabriel Auvinet Guichard, *Doscientos años en la historia de la ingeniería en México*, p. 30.

| | | | | | |
|-------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------|
| Cuevas | (1916) | | Trabajos Prácticos de Estereotomía | 1922 | ENI ¹¹⁵ |
| | | | Mecánica Aplicada a las Construcciones | 1920-1922 | ENI ¹¹⁶ |
| | | | Máquinas Térmicas | 1922 | ENI ¹¹⁷ |
| | | | Concreto Armado | 1923-1928 | ENI ¹¹⁸ |
| | | | Mecánica de Suelos | 1930-1933 | Colegio Militar ¹¹⁹ |
| Efrén Fierro | Profesor universitario (ingresó en 1926) | Escuela Normal Superior ¹²⁰ | Física Superior (primer curso) y laboratorio | 1931 | ENP ¹²¹ |
| | | | Física Superior (segundo curso) y laboratorio | 1931 | ENP ¹²² |
| | | | Hidrostática y Calor | 1935 | ENCQ ¹²³ |
| | | | Óptica | 1935 | ENCQ ¹²⁴ |
| | | | Termodinámica | | ENCQ ¹²⁵ |
| Valentín Gama | Ingeniero geógrafo (1891) | ENI ¹²⁶ | Mecánica Aplicada | 1904 | ENI ¹²⁷ |
| | | | Fototopografía | 1928 | ENI ¹²⁸ |
| | | | Hidrografía e Hidromensura y Topografía Expeditiva | 1931 | ENI ¹²⁹ |
| | | | Puentes | 1935-1936 | ENI ¹³⁰ |
| | | | Topología e Hidrografía | 1939 | ENI ¹³¹ |
| Eduardo Garay | Ensayador (1868) | Escuela Especial de Ingenieros ¹³² | Clase de Preparatoria | 1867 | Escuela Especial de Ingenieros ¹³³ |
| | | | Geometría Descriptiva | 1868-1881 | ENI ¹³⁴ |
| | | | 2° Curso de Matemáticas | 1873 | ENP ¹³⁵ |
| | | | Física | 1885 | ENP ¹³⁶ |
| Francisco Garibay | Ingeniero topógrafo e | ENI ¹³⁷ | Conservador del gabinete de topografía | 1897 | ENI ¹³⁸ |
| | | | Aplicaciones de la Electricidad | 1898-1906 | ENI ¹³⁹ |

¹¹⁵ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 168.

¹¹⁶ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 168; AHPM, 1920, I-351, exp. 1.

¹¹⁷ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 168.

¹¹⁸ AHPM, 1916, II-335, exp. 17; “Horario de la Facultad Nacional de Ingeniería”, AHPM, 1928, VII-416, exp. 6; *Anuario. 1931-1932*, p. 162.

¹¹⁹ Auvinet Guichard, *op. cit.*, p. 30.

¹²⁰ AHUNAM, Expedientes de Alumnos, Efrén Fierro, Número de cuenta 42326.

¹²¹ *Anuario. 1931-1932*, p. 194.

¹²² *Loc. cit.*

¹²³ AHPM, 1935, VI-530, exp. 41.

¹²⁴ *Loc. cit.*

¹²⁵ Leopoldo García Colín Scherer, “La paradoja de Gibbs”, p. 145.

¹²⁶ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 52.

¹²⁷ “Valentín Gama”, en *200 Años. Palacio de Minería*, en

http://www.palaciomineria.unam.mx/recorrido/dir_valentin_gama.htm, consultado el 1 de noviembre de 2013.

¹²⁸ “Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4.

¹²⁹ *Anuario. 1931-1932*, p. 163.

¹³⁰ “Puentes”, AHPM, 1935, III-527, exp. 23; “Puentes”, AHPM, 1936, III-538, exp. 12.

¹³¹ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 364.

¹³² Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 52.

¹³³ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 200.

¹³⁴ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 199; Tamayo, *op. cit.*, p. 47.

¹³⁵ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 28.

¹³⁶ Núñez, *op. cit.*, p. 107.

¹³⁷ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 52.

¹³⁸ AHPM, 1897, III-259, exp. 5, fo. 2.

¹³⁹ AHPM, 1898, II-262, exp. 1, fo. 55; AHPM, 1900, I-268, exp. 1, fo. 7; AHPM, 1901, I-271, exp. 2, fo. 5; AHPM, 1903, III-279, exp. 4, fo. 6; AHPM, 1904, II-281, exp. 15; “Informe rendido por la Dirección de la Escuela N. de Ingenieros, relativo al año de 1906”, *BIP*,

| | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| | hidrógrafo (1890) | | | | |
| Jorge Graf | Ingeniero de minas y metalurgista (1937) | ENI ¹⁴⁰ | Ingeniería Eléctrica y Laboratorio | 1938 | ENI ¹⁴¹ |
| | | | Instalaciones Industriales Eléctricas y Proyectos | 1938 | ENI ¹⁴² |
| | | | Laboratorio de Ingeniería Eléctrica | 1938-1939 | ENI ¹⁴³ |
| | | | Talleres y Laboratorios de Electricidad (preparador) | 1939 | ENI ¹⁴⁴ |
| Vicente Guerrero y Gama | Ingeniero civil (1936) | ENI ¹⁴⁵ | Complementos de Álgebra | 1942 | ENI ¹⁴⁶ |
| Mariano Hernández | Ingeniero civil (1924) | ENI ¹⁴⁷ | Hidráulica y Complementos de Hidráulica | 1928-1931 | ENI ¹⁴⁸ |
| | | | Complementos de Álgebra | 1935 | ENI ¹⁴⁹ |
| | | | Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral | 1935 | ENCQ ¹⁵⁰ |
| | | | Hidráulica y sus Prácticas | 1935-1942 | ENI ¹⁵¹ |
| | | | Obras Hidráulicas y Proyectos | 1939-1940 | ENI ¹⁵² |
| Guillermo A. Keller | Ingeniero | Escuela Real Industrial Alejandro Volta/ Escuela Superior de Ingenieros de Nápoles; hizo estudios de perfeccionamiento en la Escuela de Ingenieros de Dresde y en la Escuela de Ingenieros de | | 1920 | EIME ¹⁵⁵ |
| | | | Máquinas de Corriente Alterna | 1922 | ENI ¹⁵⁶ |
| | | | | 1922 | Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (EPIME) ¹⁵⁷ |
| | | | Primer Curso de Laboratorio Eléctrico | 1931 | ENI ¹⁵⁸ |
| | | | Segundo Curso de Laboratorio Eléctrico | 1931 | ENI ¹⁵⁹ |
| | | | Máquinas de Corriente Continua y Alterna | 1928-1931 | ENI ¹⁶⁰ |
| | | | Proyectos de Plantas Hidroeléctricas | 1928 | ENI ¹⁶¹ |
| | | | Operación y Montaje de Máquinas | 1931 | ENI ¹⁶² |
| | | | Proyectos de Dinamos y Motores | | EIME ¹⁶³ |
| | | | Electricidad y Magnetismo | | EIME ¹⁶⁴ |

tomo VII, núm. 1, 20 de junio de 1907, p. 317.

¹⁴⁰ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 53.

¹⁴¹ –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

¹⁴² *Loc. cit.*

¹⁴³ Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 361 y 366; –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

¹⁴⁴ Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 361 y 366.

¹⁴⁵ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 53.

¹⁴⁶ –Complementos de Álgebra”, AHPM, 1942, I-593, exp. 3.

¹⁴⁷ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 53.

¹⁴⁸ –Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4; *Anuario. 1931-1932*, p. 163.

¹⁴⁹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 21 y 35.

¹⁵⁰ AHPM, 1935, VI-530, exp. 41.

¹⁵¹ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 21 y 35; –Hidráulica y prácticas”, AHPM, 1936, II-537, exp. 10; –Hidráulica y sus Prácticas”, AHPM, 1937, I-545, exp. 16; –Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; AHPM, 1940, IV-578, exp. 23; –Hidráulica”, AHPM, 1941, IV-589, exp. 31; –Hidráulica”, AHPM, 1942, IV-596, exp. 1.

¹⁵² Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 358; –Hidráulica y Prácticas”, AHPM, 1940, IV-578, exp. 23.

¹⁵³ –Mariano Hernández Barrenechea”, en *100 Años UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 1910-2010*, en <http://www.100.unam.mx/images/stories/universitarios/dhc/PDF/hernandez-barrenechea-mariano.pdf>, consultado el 31 de octubre de 2013.

¹⁵⁵ *Loc. cit.*

¹⁵⁶ Domínguez Martínez, *op. cit.*, pp. 198 y 199.

¹⁵⁷ *Loc. cit.*

¹⁵⁸ *Anuario. 1931-1932*, p. 163

¹⁵⁹ *Loc. cit.*

¹⁶⁰ –Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre

| | | | | | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------|
| | | Charlottenburg ¹⁵⁴ | Máquinas de Corriente Continua y Alterna | | EIME ¹⁶⁵ |
| | | | Matemáticas Elementales (inspector) | | |
| | | | Máquinas Eléctricas | | |
| | | | Máquinas y Aparatos Eléctricos | | EIME ¹⁶⁶ |
| | | | Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (preparador) | | EIME ¹⁶⁷ |
| | | | Proyectos de Máquinas y Aparatos Eléctricos | | EIME ¹⁶⁸ |
| Carlos Luca | Ingeniero electricista (1914) | ENI ¹⁶⁹ | Electricidad Corriente Continua | 1922 | ENI ¹⁷⁰ |
| | | | Distribución y Transmisión de Energía Eléctrica | 1928-1931 | ENI ¹⁷¹ |
| | | | Plantas Hidroeléctricas | 1938 | ENI ¹⁷² |
| | | | Teoría y Máquinas de Corriente Continua | 1938 | ENI ¹⁷³ |
| | | | Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica | 1938-1939 | ENI ¹⁷⁴ |
| Eduardo Luque | | | Fotometría y Mediciones | 1928 | ENI ¹⁷⁵ |
| | | | Ingeniería Eléctrica para Ingenieros Civiles | 1928 | ENI ¹⁷⁶ |
| | | | Procedimientos de Construcción | 1928 | ENI ¹⁷⁷ |
| Luis Mascott | Ingeniero mecánico electricista (1937) | ENI ¹⁷⁸ | Ingeniería Eléctrica y su Laboratorio | 1937-1939 | ENI ¹⁷⁹ |
| Juan Mateos | Ingeniero topógrafo (1886)/ Ingeniero de caminos, puertos y canales (Ingeniero civil) (1889)/ Ingeniero geógrafo | ENI; pensionado en Europa para perfeccionar sus estudios (1889 y 1890) ¹⁸⁰ | Vías de Comunicación Fluviales y Obras Hidráulicas de toda especie | 1900 | ENI ¹⁸¹ |
| | | | Cálculo de probabilidades | 1900 | ENI ¹⁸² |
| | | | Procedimientos de Construcción | 1901 | ENI ¹⁸³ |
| | | | Hidráulica | 1906 | ENI ¹⁸⁴ |
| | | | Matemáticas Superiores | 1908-1916 | ENI ¹⁸⁵ |
| | | | Geodesia, Astronomía y Teoría de los | 1907-1912 | ENI ¹⁸⁶ |

1928)", AHPM, 1928, IV-413, exp. 4; *Anuario. 1931-1932*, p. 163.

¹⁶¹ "Horario de la Facultad Nacional de Ingeniería", AHPM, 1928, VII-416, exp. 6; *Anuario. 1931-1932*, p. 162.

¹⁶² *Anuario. 1931-1932*, p. 163.

¹⁶³ *Loc. cit.*

¹⁶⁴ *Loc. cit.*

¹⁵⁴ Andrés Ortiz Morales, *De la ciencia aplicada a la investigación científico-tecnológica: la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN (1935-1961)*, p. 94.

¹⁶⁵ *Loc. cit.*

¹⁶⁶ *Loc. cit.*

¹⁶⁷ *Loc. cit.*

¹⁶⁸ *Loc. cit.*

¹⁶⁹ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 55.

¹⁷⁰ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 198.

¹⁷¹ "Distribución y Transmisión de Energía Eléctrica", AHPM, 1928, II-411, exp. 6; *Anuario. 1931-1932*, p. 163.

¹⁷² "Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros", AHPM, 1938, VI-559, exp. 3.

¹⁷³ *Loc. cit.*

¹⁷⁴ "Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros", AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 363.

¹⁷⁵ "Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)", AHPM, 1928, IV-413, exp. 4.

¹⁷⁶ *Loc. cit.*

¹⁷⁷ *Loc. cit.*

¹⁷⁸ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 55.

¹⁷⁹ "Ingeniería Eléctrica y su Laboratorio", AHPM, 1937, I-545, exp. 8; "Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros", AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 362.

¹⁸⁰ "Hoja de servicios de C. Ingeniero Juan Mateos", AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 3.

¹⁸¹ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 205; "Hoja de servicios de C. Ingeniero Juan Mateos", AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 4.

¹⁸² *Loc. cit.*

¹⁸³ AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 44.

¹⁸⁴ AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 27, 67 o 154.

¹⁸⁵ Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, pp. 70 y 75; De Gortari Rabiela, *op. cit.*, p. 141; "Hoja de servicios de C. Ingeniero Juan Mateos", AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 4; AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 91; "Horario para el curso semestral de 1911", AHPM, 1911, I-309, exp. 2, fo. 1; "Relación de los diferentes empleos que desempeñan los CC. Profesores y Empleados de esta Escuela", AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 16.

¹⁸⁶ AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 75 u 86; "Hoja de servicios de C. Ingeniero Juan Mateos", AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 4; "Relación de los diferentes empleos que desempeñan los CC. Profesores y Empleados de esta Escuela", AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 16.

| | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------|
| | y astrónomo (1891) | | Errores | | |
| | | | Topografía | | ENI ¹⁸⁷ |
| | | | Prácticas de Topografía y Geodesia | | ENI ¹⁸⁸ |
| | | | Economía Política | | ENI ¹⁸⁹ |
| | | | Astronomía y Teoría de los Errores | | ENI ¹⁹⁰ |
| Daniel Olmedo | Topógrafo (1894) | ENI ¹⁹¹ | Electricidad | 1901-1913 | Colegio Militar ¹⁹² |
| | | | Electrometría | 1901-1912 | Escuela Nacional de Telegrafía ¹⁹³ |
| | | | | 1915 | Escuela de Artes y Oficios ¹⁹⁴ |
| | | | | 1922 | EPIME ¹⁹⁵ |
| | | | Electricidad Aplicada | | ENI ¹⁹⁶ |
| | | | Matemáticas Superiores | | ENI ¹⁹⁷ |
| | | | Mediciones Eléctricas | 1931 | ENI ¹⁹⁸ |
| | | | Electrotecnia | 1928-1931 | ENI ¹⁹⁹ |
| | | | Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral | 1935 | ENI ²⁰⁰ |
| | | | Ecuaciones Diferenciales | 1935 | ENI ²⁰¹ |
| | | | Cálculo Integral | 1935 | ENCQ ²⁰² |
| | | | Ecuaciones Diferenciales | 1935 | ENCQ ²⁰³ |
| Miguel Pérez | | | Física | 1884 | ENP ²⁰⁴ |
| Sotero Prieto | Ingeniero civil (no se tituló) | ENI ²⁰⁵ | Funciones Analíticas | 1912 | Escuela Nacional de Altos Estudios (ENAE) ²⁰⁶ |
| | | | Matemáticas Superiores | 1913-1915 | ENI ²⁰⁷ |
| | | | Matemáticas | 1918 | ENP ²⁰⁸ |
| | | | Matemáticas, Segundo Ciclo | 1917-1922 | ENI ²⁰⁹ |
| | | | Matemáticas, Primer Curso | 1928 | ENI ²¹⁰ |
| | | | Complementos de Matemáticas | 1928-1931 | ENI ²¹¹ |
| | | | Matemáticas Técnicas | 1928-1931 | ENI ²¹² |
| Francisco Rodríguez Rey | Ensayador (1872)/ Ingeniero topógrafo | Escuela Especial de Ingenieros ²¹³ | Conservador de Gabinetes | 1877 | Escuela Especial de Ingenieros ²¹⁴ |
| | | | Topografía | 1887 | ENI ²¹⁵ |

¹⁸⁷ –Hoja de servicios de C. Ingeniero Juan Mateos”, AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 4.

¹⁸⁸ *Loc. cit.*

¹⁸⁹ *Loc. cit.*

¹⁹⁰ Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, p. 75.

¹⁹¹ –Hoja de servicios de Daniel Olmedo”, AHPM, 1908, IV-295, exp. 4, fo. 1.

¹⁹² *Loc. cit.*

¹⁹³ *Loc. cit.*

¹⁹⁴ De Gortari Rabiela, *op. cit.*, p. 141.

¹⁹⁵ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 199.

¹⁹⁶ AHPM, 1908, IV-295, exp. 4, fo. 4.

¹⁹⁷ *Loc. cit.*

¹⁹⁸ *Anuario. 1931-1932*, p. 164.

¹⁹⁹ –Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4; *Anuario. 1931-1932*, p. 164.

²⁰⁰ *Organización, planes y programas de estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México. 1935*, pp. 23.

²⁰¹ *Ibid.*, pp. 22.

²⁰² AHPM, 1935, VI-530, exp. 41.

²⁰³ *Loc. cit.*

²⁰⁴ Núñez, *op. cit.*, p. 107.

²⁰⁵ José Yurrieta Valdés, –Sotero Prieto Rodríguez, 1884-1935”, p. XV.

²⁰⁶ –Historia de la Facultad de Ciencias (I)”, p. 36.

²⁰⁷ Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, p. 70; De Gortari Rabiela, *op. cit.*, p. 141; –Lista del personal docente y administrativo de la Escuela Nacional de Ingenieros que se presentó el día 16 de abril próximo pasado al reanudarse las labores escolares del Establecimiento”, AHPM, 1915, I-331, exp. 5.

²⁰⁸ Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, p. 75.

²⁰⁹ –Lista de domicilios de los profesores y empleados de la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1917, I-338, exp. 9; AHPM, 1920, I-351, exp. 1, fo. 5; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 353.

²¹⁰ AHPM, 1928, I-410, exp. 6.

²¹¹ –Horario de la Facultad Nacional de Ingeniería”, AHPM, 1928, VII-416, exp. 6; *Anuario. 1931-1932*, p. 162.

²¹² –Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4; *Anuario. 1931-1932*, p. 162.

²¹³ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 59.

²¹⁴ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 199.

²¹⁵ AHPM, 1901, II-272, exp. 19, fo. 10.

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------|
| | (1872) | | | | |
| Basilio Romo | Ingeniero agrónomo (1888) | Escuela Nacional de Agricultura ²¹⁶ | Física | | Preparatoria Libre ²¹⁷ |
| | | | Meteorología y Climatología | 1922-1923 | ENAE ²¹⁸ |
| | | | Geodesia y Geología Práctica | 1923 | ENAE ²¹⁹ |
| | | | Geología y Geografía Física | 1923 | ENAE ²²⁰ |
| | | | Matemáticas Superiores | 1916 | ENI ²²¹ |
| | | | Matemáticas, Primer Ciclo | 1920-1922 | ENI ²²² |
| | | | Topografía y Prácticas Parciales de Topografía | 1931-1933 | ENI ²²³ |
| | | | Física Superior | 1931 | ENP ²²⁴ |
| | | | Meteorología y Climatología | 1936-1939 | ENI ²²⁵ |
| | | | | | ENP ²²⁶ |
| | | Escuela Nacional de Agricultura ²²⁷ | | | |
| | | Colegio Militar ²²⁸ | | | |
| | | Facultad de Filosofía y Letras ²²⁹ | | | |
| Guillermo Salazar | Ingeniero topógrafo e hidrógrafo (1924) | ENI ²³⁰ | | | |
| Manuel Stampa | Ingeniero civil (sección de electricidad) | Instituto Industrial de Lille ²³¹ | Electricidad | | Escuela Nacional de Artes y Oficios para Hombres ²³² |
| Carlos Steiner | Ingeniero mecánico electricista (1927) | ENI ²³³ | Dibujo Elemental | 1928 | ENI ²³⁴ |
| Héctor Uribe Martínez | | | | | Escuela Secundaria ²³⁵ |
| | | | Teoría de los Circuitos Eléctricos | 1943 | FC ²³⁶ |
| Ernesto Uriegas | Ingeniero civil (1937) | ENI ²³⁷ | | | |
| Francisco Urquidi | Ingeniero industrial (1903)/ ingeniero eléctrico | Escuela Central de Artes y Manufacturas (París)/ Escuela Superior de Electricidad ²³⁸ | Matemáticas | | ENI ²³⁹ |
| Carlos | Ingeniero | EPIME ²⁴⁰ | Dibujo de Elementos de Máquinas | 1939 | ENI ²⁴¹ |

²¹⁶ María de la Paz Ramos Lara, 2007, *op. cit.*, p. 1256.

²¹⁷ Hugo Enrique Montaña Castillo, *Institucionalización de la ciencia en la ENAE, el caso de la física*, p. 107.

²¹⁸ *Ibid.*, pp. 114 y 119.

²¹⁹ *Ibid.*, p. 119.

²²⁰ *Loc. cit.*

²²¹ Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, pp. 69 y 70.

²²² AHPM, 1920, I-351, exp. 1; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 197.

²²³ *Anuario. 1931-1932*, p. 164; “Topografía y Prácticas Parciales de Topografía”, AHPM, 1933, I-497, exp. 7.

²²⁴ *Anuario. 1931-1932*, p. 192.

²²⁵ “Meteorología y Climatología”, AHPM, 1936, I-536, exp. 25; “Meteorología y Climatología”, AHPM, 1937, III-547, exp. 14; “Clases que se imparten en la Escuela Nacional de Ingenieros”, AHPM, 1938, VI-559, exp. 3; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 353.

²²⁶ María de la Paz Ramos Lara, 2007, *op. cit.*, p. 1256.

²²⁷ *Loc. cit.*

²²⁸ *Loc. cit.*

²²⁹ *Loc. cit.*

²³⁰ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 60.

²³¹ AHPM, 1908, IV-295, exp. 5.

²³² Bazant, 1984, *op. cit.*, pp. 278.

²³³ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 61.

²³⁴ “Profesores que no han remitido las notas de calificaciones relativas a los reconocimientos efectuados hasta hoy (1er. y 2do. bimestre 1928)”, AHPM, 1928, IV-413, exp. 4.

²³⁵ *Nuestros Maestros*, tomo II, p. 37.

²³⁶ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 163.

²³⁷ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 61.

²³⁸ Bazant, 1987, *op. cit.*, p. 742; Bazant, 1984, *op. cit.*, pp. 276 y 277.

²³⁹ *Ibid.*, p. 277.

²⁴⁰ *Cronología del Instituto Politécnico Nacional y de sus Escuelas, Centros y Unidades de Enseñanza y de Investigación. Siglo XIX, siglo XX, siglo XXI hasta 2006*, p. 13.

²⁴¹ Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 361.

| | | | | | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vallejo Márquez | mecánico | | Dibujo de Máquinas | 1939 | ENI ²⁴² |
| Luis Vargas | Ingeniero civil (1934) | ENI ²⁴³ | | | |
| Óscar Vega Argüelles | Ingeniero civil (1936) | ENI ²⁴⁴ | Hidráulica | 1942 | ENI ²⁴⁵ |
| | | | | | Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura ²⁴⁶ Colegio Militar ²⁴⁷ |
| Mariano Villamil | Ensayador y apartador de metales (1866)/ Ingeniero topógrafo e hidrógrafo (1886)/ Ingeniero electricista (1886) | Escuela Especial de Ingenieros/ENI ²⁴⁸ | 2º Curso de Matemáticas | 1871 | ENP ²⁴⁹ |
| | | | Matemáticas Superiores | 1882-1906 (titular desde 1898) | ENI ²⁵⁰ |
| | | | Física | 1882-1885 | ENP ²⁵¹ |
| | | | Telegrafía General | 1883-1889 | ENI ²⁵² |
| | | | Primer Curso de Ingeniería Eléctrica | 1889-1897 | ENI ²⁵³ |
| Agustín Zamora | | | Conocimientos prácticos de los materiales de construcción | 1867-1881 | Escuela Especial de Ingenieros ²⁵⁴ |
| Leonardo Zeevaert | Ingeniero civil (1939) | ENI ²⁵⁵ | | | |

²⁴² *Loc. cit.*

²⁴³ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 61.

²⁴⁴ *Loc. cit.*

²⁴⁵ "Hidráulica", AHPM, 1942, IV-296, exp. 14.

²⁴⁶ Carlos Martín del Castillo (coord. general), *op. cit.*, p. 130.

²⁴⁷ *Loc. cit.*

²⁴⁸ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 89.

²⁴⁹ Navarro Robles, *op. cit.*, p. 28.

²⁵⁰ AHPM, 1901, II-272, exp. 19, fo. 3; Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, pp. 70 y 73.

²⁵¹ Núñez, *op. cit.*, p. 107; Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, p. 73.

²⁵² AHPM, 1901, II-272, exp. 19, fo. 10; Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, p. 73; Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 203.

²⁵³ AHPM, 1901, II-272, exp. 19, fo. 6; Domínguez Martínez y Lozano Trejo, *op. cit.*, p. 73; Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, pp. 203 y 206.

²⁵⁴ Ramos Lara, 1996, *op. cit.*, p. 199.

²⁵⁵ Deva Ramos *et al.*, *op. cit.*, p. 62.

Tabla A4.4. Otras actividades y nombramientos de profesores de física

| Profesor | Actividad o nombramiento | Años |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Salvador Altamirano ²⁵⁶ | Consejero de la Universidad Nacional | 1910-1912 |
| | Miembro Asociado del Instituto Americano de Ingenieros Electricistas | |
| | Miembro de la Electrical Engineering Society of the Massachusetts Institute of Technology | |
| Ignacio Avilez ²⁵⁷ | Prestó servicios técnicos en la lucha ante la invasión estadounidense | 1914 |
| | Miembro de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México | 1914 |
| | Jefe de calculadores del Observatorio Astronómico Nacional | 1915 |
| | Ingeniero del cuerpo consultivo de la Secretaría de Comunicaciones | 1919-1924 |
| | Ensayador de materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas | 1920 |
| | Director de la ENI | 1934-1935 |
| | Jefe de Construcción de los Ferrocarriles Nacionales | 1935-1938 |
| | Director interino de la ENI | 1958 |
| | Profesor emérito de la Facultad de Ingeniería | 1959 |
| | Director de la revista <i>Ingeniería</i> | |
| | Ingeniero en jefe de la Dirección de Obras Hidráulicas | |
| | Inspector de la Comisión Nacional de Caminos | |
| | Jefe del Servicio Técnico Telegráfico | |
| | Jefe de Maquinaria de la Comisión Nacional de Irrigación | |
| | Consultor de Diesel Nacional, S. A. | |
| | Miembro de la Academia Nacional de Ciencias –Antonio Alzate” | |
| | Miembro de la American Society of Automotive Engineers | |
| | Miembro de la American Society for Metals | |
| | Miembro de la Sociedad Forestal Mexicana | |
| | Miembro del Colegio de Ingenieros Civiles de México | |
| Presidente de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México | | |
| Alfredo Baños, Jr. ²⁵⁸ | Trabajó en la Huasteca Petroleum Company | 1932 |
| | Encargado del laboratorio de física de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica | 1933 |
| | Trabajó en el Laboratorio de Radiación del Instituto Tecnológico de Massachusetts | 1944-1946 |
| | Trabajó en el Departamento de Física de la Universidad de California en Los Ángeles | 1946-1993 |
| | Investigador en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados | 1961-1962 |
| | Dictó conferencias en la ENP | |
| | Miembro de la Sociedad Mexicana de Ciencias Físicas | |
| Miguel Bustamante ²⁵⁹ | Director interino de la ENI | 1894 |
| Rodrigo Castelazo ²⁶⁰ | Socio Fundador de la Sociedad Matemática Mexicana (SMM) | 1943 |

²⁵⁶ –Hoja de servicios de Ing. Salvador E. Altamirano”, AHPM, 1911, IV-312, exp. 17.

²⁵⁷ Tamayo, *op. cit.*, pp. 70 y 84; –Ignacio Avilez y Serna”, pp. 1 y 2, en *100 Años UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 1910-2010*, en <http://www.100.unam.mx/images/stories/universitarios/dhc/PDF/avilez-serna-ignacio.pdf> , consultado el 1 de noviembre de 2013; Domínguez Martínez, *op. cit.*, p. 304.

²⁵⁸ Medrano Pérez, *op. cit.*, p. 39; Francisco Collazo Reyes y Gerardo Herrera Corral, *op. cit.*, pp. 6, 10 y 11.

²⁵⁹ Tamayo, *op. cit.*, p. 84.

²⁶⁰ –Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *Boletín de la Sociedad Matemática*

| | | |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Claudio Castro ²⁶¹ | Trabajó en el Mineral de Batopilas | 1892 |
| | Director de la Oficina Agraria en la Secretaría de Fomento | 1912 |
| | Director interino de la ENI | 1933 |
| José Antonio Cuevas ²⁶² | Jefe de proyectos de la Ciudad de México | 1924-1926 |
| | Jefe de proyectos de la Comisión Nacional de Caminos | 1925-1928 |
| | Director de la ENI | 1925-1929 |
| | Director de la Revista <i>Ingeniería</i> | 1927 |
| Efrén Fierro ²⁶³ | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| Valentín Gama ²⁶⁴ | Miembro de la Comisión Internacional de Límites entre México y Estados Unidos | 1891-1896 |
| | Subdirector de la Comisión Geodésica Mexicana | 1900 |
| | Socio de la Sociedad Científica “Antonio Alzate” | 1901 |
| | Subdirector del Observatorio Nacional | 1903-1910 |
| | Director del Observatorio Astronómico Nacional | 1910-1915 |
| | Doctor <i>ex officio</i> de la Universidad Nacional de México | 1911 |
| | Miembro de la Subcomisión de Publicidad del Partido Liberal | 1912 |
| | Director de la ENP | 1912-1913 |
| | Secretario de Fomento, Industria y Comercio | 1914 |
| | Consejero de Educación Pública | 1914 |
| | Rector de la Universidad Nacional de México | 1914-1915 |
| | Miembro de la Junta Superior del Catastro | 1915 |
| | Director de la ENI | 1923-1925 |
| | Director de la ENI | 1934 |
| | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| Francisco Garibay ²⁶⁵ | Topógrafo de la Comisión Geológica encargada de la Carta Minera y el Bosquejo Geológico de la República | 1888 |
| | Trabajó en el Departamento de Pesos y Medidas de la Secretaría de Fomento | 1890 |
| | Subdirector de la Comisión del Catastro | 1900 |
| | Socio de la Sociedad Científica “Antonio Alzate” | 1889-1900 |

Mexicana (BSMM), vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28.

²⁶¹ Tamayo, *op. cit.*, p. 84; “Relación de los diferentes empleos que desempeñan los CC. Profesores y Empleados de esta Escuela”, AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 16; “Noticia de las personas aprobadas en la Escuela Nacional de Ingenieros para ejercer alguna de las profesiones establecidas en ella, formada por la Secretaría de la misma Escuela”, en Adolfo Díaz Rugama, *Prontuario de leyes, reglamentos, circulares y demás disposiciones vigentes relativas a los diversos ramos administrativos que tiene a su cargo la Secretaría de Fomento*, p. 187.

²⁶² Auvinet Guichard, *op. cit.*, p. 30; Tamayo, *op. cit.*, p. 84; “Comentarios actuales sobre algunos artículos publicados en los primeros años del siglo pasado”, p. X.

²⁶³ “Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28.

²⁶⁴ “Valentín Gama”, en *200 Años. Palacio de Minería*, en http://www.palaciomineria.unam.mx/recorrido/dir_valentin_gama.htm, consultado el 1 de noviembre de 2013; “Lista general de los Socios de la Sociedad Científica “Antonio Alzate” con expresión del año de su nombramiento”, Aguilar y Santillán, Rafael (director), *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, tomo XIII, p. 262; José Omar Moncada Maya *et al.*, *Bibliografía geográfica mexicana. La obra de los ingenieros geógrafos*, p. 58; Rebeca de Gortari Rabiela, “Educación y conciencia nacional: los ingenieros después de la revolución mexicana”, p. 141; Francisco Reveles Vázquez, “La fundación del Partido Acción Nacional”, p. 192; Tamayo, *op. cit.*, p. 84; “Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28.

²⁶⁵ *Bosquejo Geológico de México*, p. 12; “Noticia de las personas aprobadas en la Escuela Nacional de Ingenieros para ejercer alguna de las profesiones establecidas en ella, formada por la Secretaría de la misma Escuela”, en Adolfo Díaz Rugama, *Prontuario de leyes, reglamentos, circulares y demás disposiciones vigentes relativas a los diversos ramos administrativos que tiene a su cargo la Secretaría de Fomento*, p. 187; “Lista general de los Socios de la Sociedad Científica “Antonio Alzate” con expresión del año de su nombramiento”, Aguilar y Santillán, Rafael (director), *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, tomo XIII, p. 262.

| | | |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Vicente Guerrero y Gama ²⁶⁶ | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| Mariano Hernández ²⁶⁷ | Trabajó en la Dirección de Aguas Federales de la Secretaría de fomento | 1923-1925 |
| | Ingeniero calculador de estructuras en la Compañía Constructora de Concreto, S. A. | 1924-1956 |
| | Diseñador de puentes en la compañía Bird Brothers | 1926 |
| | Trabajó en la localización de las líneas telefónicas México-Puebla con la Compañía Telefónica Mexicana | 1926 |
| | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| | Profesor emérito de la Facultad de Ingeniería | 1967 |
| | Miembro de la Junta de Gobierno de la UNAM | |
| | Doctor <i>honoris causa</i> de la UNAM | |
| | Miembro del Colegio de Ingenieros Civiles | |
| Guillermo Keller ²⁶⁸ | Trabajó en la compañía Siemens Schuckertwerke en laboratorios de ensayos y pruebas y como inspector de montajes e instalaciones de plantas | |
| | Trabajó en la organización y puesta en marcha de las plantas de la Compañía Hidroeléctrica e Irrigadora de Chapala | |
| | | |
| Luis Mascott ²⁶⁹ | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| Juan Mateos ²⁷⁰ | Delegado en la Exposición de París | 1889 |
| | Inspector de ferrocarriles | 1911 |
| | Delegado al Congreso Internacional de Navegación en Filadelfia | 1912 |
| | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| | Publicó <i>Métodos astronómicos para uso de los topógrafos y exploradores con un tomo de tablas</i> | |
| | Publicó <i>Tratado elemental de trigonometría rectilínea y esférica</i> | |
| | Publicó <i>Tratado elemental de cálculo de probabilidades y teoría de los errores</i> | |
| | Miembro de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de México | |
| | Miembro de la Sociedad de Geografía y Estadística | |
| | Perito para cuestiones técnicas de deslindes en el Ministerio de Fomento | |
| | Encargado de trabajos astronómicos para la Geografía Nacional | |
| Daniel Olmedo ²⁷¹ | Director de la Escuela Nacional de Telegrafía | 1912-1913 |
| | Publicó la obra <i>Introducción al estudio de la electricidad aplicada</i> | 1913 |
| | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| | Jefe de la Sección Técnica de la Dirección General de Telégrafos Federales | |
| | Miembro de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México | |

²⁶⁶ “Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28.

²⁶⁷ “Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28; –Mariano Hernández Barrenechea”, en *100 Años UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 1910-2010*, en <http://www.100.unam.mx/images/stories/universitarios/dhc/PDF/hernandez-barrenechea-mariano.pdf>, consultado el 31 de octubre de 2013.

²⁶⁸ Andrés Ortiz Morales, *De la ciencia aplicada a la investigación científico-tecnológica: la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN (1935-1961)*, p. 94.

²⁶⁹ –Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28.

²⁷⁰ Raúl Domínguez Martínez y Joaquín Lozano Trejo, “La cátedra de Matemáticas Superiores en la Escuela Nacional de Ingenieros”, p. 75; “Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28; –Hoja de servicios de C. Ingeniero Juan Mateos”, AHPM, 1898, III-263, exp. 2, fo. 3 y 4.

²⁷¹ –Hoja de servicios de Daniel Olmedo”, AHPM, 1908, IV-295, exp. 4, fo. 1 y 4; –Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28.

| | | |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Sotero Prieto ²⁷² | Calculador del Observatorio Astronómico de Tacubaya | 1912 |
| | Jefe de la sección de cartografía de la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos | 1915-1916 |
| | Jefe de clases de matemáticas de la ENP | 1918 |
| | Publicó <i>Las matemáticas elementales en la escuela secundaria. Dos métodos de enseñanza</i> | 1925 |
| | Fundador de la sección de matemáticas de la Sociedad Científica Antonio Alzate, donde fue organizador de un seminario de temas de física y matemáticas | 1932 |
| Francisco Rodríguez Rey ²⁷³ | Miembro de la Astronomical Society of the Pacific | 1895-1896 |
| | Astrónomo del Observatorio Nacional | 1898 |
| | Director interino del Observatorio Nacional | 1900 |
| | Socio de la Sociedad Científica –Antonio Alzate ²⁷ | 1898-1900 |
| Basiliso Romo ²⁷⁴ | Trabajó en la Comisión Geodésica Mexicana | 1900 |
| | Socio de la Sociedad Científica –Antonio Alzate ²⁷ | 1901 |
| | Director del Observatorio Meteorológico Central | 1914 |
| | Jefe de grupo de Ciencias Físicas de la Facultad de Filosofía y Letras | 1934 |
| | Maestro vitalicio de la Sociedad Agronómica Mexicana y la Sociedad de Alumnos de la Escuela Nacional de Agricultura | 1937 |
| | Viajó a Estados Unidos, Canadá y Europa para conocer los planteles de enseñanza agrícola superior | |
| | Director de la Comisión Geodésica | |
| | Jefe de la División de Agronomía de la Estación Agrícola Central | |
| | Director de la Escuela Nacional de Agricultura | |
| Director de la ENP | | |
| Manuel Stampa ²⁷⁵ | Director de la Escuela Nacional de Artes y Oficios para Hombres | 1915 |
| | Director de la EPIME | |
| | Escribió <i>Lecciones de electricidad industrial profesadas en la Escuela Nacional de Artes y Oficios para hombres de México</i> | |
| | Miembro de la Liga Central Mexicana de Radio | |
| Héctor Uribe Martínez ²⁷⁶ | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| Francisco Urquidí ²⁷⁷ | Secretario de la Escuela Nacional de Bellas Artes | 1912 |
| | Comisionado para inspeccionar las instalaciones eléctricas de la Secretaría de Educación Pública | |
| | Cónsul de Venustiano Carranza en Nueva York | |

²⁷² –Relación de los diferentes empleos que desempeñan los CC. Profesores y Empleados de esta Escuela”, AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 16; Ramos Lara, 2007, *op. cit.*, p. 1253; Carolina Ramos Castillo, *La Revolución Mexicana, la agricultura y la climatología. La Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos. 1915-1925*, p. 61; Raúl Domínguez Martínez y Joaquín Lozano Trejo, –La cátedra de Matemáticas Superiores en la Escuela Nacional de Ingenieros”, p. 75; José Yurrieta Valdés, *op. cit.*, p. XVI.

²⁷³ *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. VII, p. 11 y vol. VIII, p. 10; –Lista general de los Socios de la Sociedad Científica –Antonio Alzate” con expresión del año de su nombramiento”, Aguilar y Santillán, Rafael (director), *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, tomo XIII, p. 265; *Actas, resoluciones y memorias del Primer Congreso Meteorológico Nacional*, p. 9.

²⁷⁴ –Lista general de los Socios de la Sociedad Científica –Antonio Alzate” con expresión del año de su nombramiento”, Aguilar y Santillán, Rafael (director), *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, tomo XIII, p. 265; Ramos Castillo, *op. cit.*, p. 61; María de la Paz Ramos Lara, 2007, *op. cit.*, pp. 1256 y 1262.

²⁷⁵ Humberto Monteón González y Gabriela María Luisa Riquelme Alcantar, –Tiempo de Revolución: la enseñanza técnica durante la tormenta”, p. 47; Bazant, 1984, *op. cit.*, pp. 279 y 280; Velázquez Estrada, Rosalía, –El nacimiento de la radiodifusión mexicana”, p. 147.

²⁷⁶ –Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28.

²⁷⁷ –Relación de los diferentes empleos que desempeñan los CC. Profesores y Empleados de esta Escuela”, AGN, Grupo documental 125, Instrucción Pública y Bellas Artes, caja 352, exp. 16; Bazant, 1984, *op. cit.*, p. 277; Bazant, 1987, *op. cit.*, p. 756.

| | | |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Carlos Vallejo Márquez ²⁷⁸ | Subjefe del Departamento de Enseñanza Técnica Industrial y Comercial de la Secretaría de Educación Pública | |
| | Director de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica | |
| Luis Vargas Varela ²⁷⁹ | Socio Fundador de la SMM | 1943 |
| Óscar Vega Argüelles ²⁸⁰ | Director General de Estudios y Proyectos de la Comisión Nacional de Irrigación | |
| | Jefe de la Compañía Méndez, S. A. | |
| | Recibió el Premio Nacional de Ingeniería por parte del Colegio de Ingenieros Civiles de México | |
| Mariano Villamil ²⁸¹ | Presentó a la Dirección de la ENI el proyecto para la creación de la carrera de ingeniero electricista | |
| Agustín Zamora ²⁸² | Subprefecto y secretario de la Escuela Especial de Ingenieros | 1868 |

•

²⁷⁸ *Cronología del Instituto Politécnico Nacional y de sus Escuelas, Centros y Unidades de Enseñanza y de Investigación. Siglo XIX, siglo XX, siglo XXI hasta 2006*, p. 13.

²⁷⁹ “Lista de socios fundadores en el orden en que firmaron el acta constitutiva de la Sociedad”, en *BSMM*, vol. 1, núm. 1, octubre de 1943, p. 28.

²⁸⁰ Carlos Martín del Castillo (coord. general), *op. cit.*, p. 130.

²⁸¹ Díaz Molina y Saldaña, *op. cit.*, pp. 154 y 155.

²⁸² Tamayo, *op. cit.*, p. 47.