



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN HISTORIA

La cultura visual en la capacitación de los ingenieros mexicanos: el
caso de la tecnología ferrocarrilera,
1837 – 1914.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN HISTORIA

PRESENTA:
PABLO IGNACIO JOFRÉ LÓPEZ

DR. JUAN JOSÉ SALDAÑA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Ciudad Universitaria, CD. MX. Marzo, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Índice.

Introducción	4.
Capítulo 1. Representaciones de la empresa ferroviaria en la cultura visual utilizada para la formación de ingenieros. Los años del Ferrocarril Mexicano, 1837 – 1880.	
1.1 La ingeniería enseñada en México, los libros ocupados y su nexos con la técnica y la empresa ferrocarrilera, 1792 – 1857.	27.
1.2 La Academia de San Carlos y la Escuela Especial de Ingenieros. Los primeros libros sobre ferrocarriles ocupados en México, 1857 – 1880.	36.
1.3 La cultura visual en la enseñanza de los ingenieros mexicanos. Representaciones de la tecnología ferroviaria en los libros utilizados para su capacitación.	51.
Capítulo 2. La cultura visual asimilada por los ingenieros mexicanos durante la implantación de la tecnología ferrocarrilera norteamericana, 1880 – 1900.	
2.1 La enseñanza de la ingeniería civil y sus libros de texto en los años de consolidación de la red ferroviaria mexicana, 1880 – 1892.	96.
2.2 El crecimiento de las compañías norteamericanas y el recelo del gobierno. Restricciones ferrocarrileras y el interés por renovar la enseñanza en la Escuela Nacional de Ingenieros 1892 – 1900.	110.
2.3 Continuidades y desigualdades en la cultura visual ferroviaria utilizada por los libros de texto. Las representaciones de fines de siglo.	116.
Capítulo 3. La cultura visual ferrocarrilera en el cambio de siglo. El modelo norteamericano en la Escuela Nacional de Ingenieros, 1900 – 1914.	

3.1 La Escuela Nacional de Ingenieros entre modelos de enseñanza, 1900 – 1907. Los nuevos libros de texto de tecnología ferroviaria.	149.
3.2 Consolidación del modelo norteamericano de enseñanza ingenieril y la fundación de los Ferrocarriles Nacionales de México, 1907 – 1914.	159.
3.3 La cultura visual ferrocarrilera a inicios del siglo XX. Los libros de texto Norteamericanos.	165.
4. Conclusión.	202.
Bibliografía.	209.

Introducción

La historia de la ciencia y la tecnología es el área histórica a la que dediqué mi trabajo de título de licenciatura, en aquella ocasión, a través de las tesis dedicadas a esta especialidad y sus cultores, estudié el desarrollo de la disciplina principalmente en la Facultad de Filosofía y Letras (FFyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sin dejar fuera otras dependencias e instituciones. Una vez me incorporé al posgrado en la propia FFyL, ingresé oficialmente al Seminario de Historia de la Ciencia y la Tecnología del doctor Juan José Saldaña, al cual acudí en calidad de oyente en mis años de Licenciatura.

En dicho espacio han surgido numerosas tesis sobre historia de la ciencia y de la tecnología, realizadas por diferentes profesionistas de las más variadas áreas del conocimiento, todos bajo la guía del doctor Saldaña, quien impulsó más trabajos sobre estos temas que cualquier otro profesor en México.¹ El trabajo colectivo e interdisciplinario desarrollado por historiadores, biólogos, arquitectos, físicos, etc., me permitió empaparme de metodologías, fuentes y problemáticas que me fueron llevando a la elección del tema del presente trabajo, pues el Seminario, desde sus inicios, ha tenido una vertiente de investigación dirigida concretamente al tema ferrocarrilero.

Este interés, así como los vacíos que me había enseñado mi trabajo de licenciatura se mantenían en la Historia de la Ciencia y la Tecnología local, que, en el caso de las representaciones ligadas a la actividad científica y tecnológica, son vastos; me llevo a relacionar en esta investigación mis intereses de historiador con mi otra pasión, cimentada en mi carrera de comunicador audiovisual, las imágenes.

En efecto, el interés del presente trabajo reside en analizar el uso de la imagen en la enseñanza de la tecnología, en este caso ferrocarrilera, que recibían los futuros ingenieros mexicanos durante el siglo XIX y principios del XX; este uso es actualmente incuestionable, pues no es posible desvincular el conocimiento científico, tecnológico y técnico de las imágenes con las que se nos presenta. Acorde con ello, creemos necesario desarrollar primero los conceptos de tecnología, técnica y ciencia que utilizaremos, así

¹ Mi tesis de licenciatura: Pablo Ignacio Jofré López, *Las tesis de historia de la ciencia y la tecnología de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, 1973 – 2010*, Tesis de Licenciatura en Historia, Asesora Guadalupe Urbán, Facultad de Filosofía y Letras (FFyL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, 2014, 346 pp.; se encarga de revisar muchos de esos estudios.

como precisar cuáles son las características de las imágenes empleadas para la transmisión de tecnología, y las de aquellas utilizadas para el conocimiento científico.

Según la Real Academia Española, la tecnología es un “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”,² definición cuyo origen podemos rastrear hasta Platón y Aristóteles, quienes trazaron la distinción entre conocimiento teórico y conocimiento práctico. Para Aristóteles el conocimiento práctico era ordinario y enfocado a cuestiones específicas, mientras que el conocimiento contemplativo de las causas primarias era un tipo de saber más elevado y racional, al cual el conocimiento práctico estaba sometido.³

Siglos más tarde, Bacon deconstruye la relación jerárquica entre ciencia y tecnología al señalar que es imposible que la ciencia esté motivada por el simple placer de encontrar la verdad, más bien, su objetivo real está emparentado con fines prácticos, la satisfacción de necesidades humanas concretas. Sin embargo, la visión baconiana pone el acento en el nivel de generalidad, otorgando a la ciencia la misión de abordar problemas generales, mientras que a la tecnología le toca ocuparse de los problemas concretos.⁴

Actualmente estas dos visiones no tienen cabida, pues hay instituciones tecnológicas con sus propios departamentos de investigación que más que repetir lo que dice la ciencia tienen sus propios objetivos, denotando que la relación entre ciencia y tecnología no es unidireccional, sino que ambas se han guiado mutuamente a lo largo de la historia. La tecnología es un saber experto basado en el conocimiento científico o en el propio dominio de la tecnología, que se ocupa de investigar, diseñar artefactos y planear su realización, operación y mantenimiento, apoyada siempre en el saber de una o más ciencias.⁵ Para Jaime Fisher y Salazar, la tecnología aparece cuando la técnica tiene como base el conocimiento científico, siendo la propia ciencia una técnica, cuyo objetivo es aprehender lo desconocido a través de una explicación rigurosa.⁶

² Real Academia Española (20 de noviembre de 2021), *Tecnología | Definición | Diccionario de la lengua española*, Real Academia Española, <https://dle.rae.es/tecnolog%C3%ADa>

³ Ian Quallenberg Menkes, “La diferencia entre tecnología y ciencia”, en *Iberofórum. Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, Año VII, Núm. 14, julio – diciembre 2012, México, p. 238

⁴ *Ibid.*, pp. 240 – 241.

⁵ Fernando García – Córdoba, “La tecnología, su conceptualización y algunas reflexiones con respecto a sus efectos”, en *Metodología de la ciencia. Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación*, A. C., Año 2, Vol. 2, Núm. 1, enero – junio de 2010, México, p. 14.

⁶ Jaime Fisher y Salazar, *El hombre y la técnica: Hacia una filosofía política de la ciencia y la tecnología*, Tesis de Filosofía de la Ciencia, FFyL, UNAM, México, 2008, pp. 23 – 24.

Ahora bien, la técnica, para Ortega y Gasset, es la reforma de la naturaleza por el ser humano con el fin de satisfacer su necesidad de vivir bien en el mundo. Esta sensación de bienestar varía constantemente, por lo que la técnica, al estar inspirada en esas necesidades, también estará en constante transformación.⁷ En este tenor, el filósofo norteamericano Langdon Winner, señala que las tecnologías no son simples medios para la actividad humana, también son fuerzas que actúan para cambiar aquella actividad y su significado. Winner rescata el ejemplo de la empresa ferrocarrilera, enunciado por Alfred D. Chandler en su obra *The Visible Hand*,⁸ donde destaca que el movimiento seguro, regular y confiable de mercancías y pasajeros, junto al mantenimiento y la reparación de locomotoras, material rodante, rieles, vías, estaciones, etc., requerían la creación de una organización administrativa, necesidad que repercute en la creación de las primeras jerarquías administrativas en el comercio de Estados Unidos.⁹

De esta forma, la tecnología no es ni un conocimiento orientado a ciertos motivos o aspectos específicos de un problema, ni un paquete de instrumentos y máquinas que se compre o se venda sin más; la generación, transferencia o introducción de tecnologías aun en condiciones adversas, siempre modificará el medio en dónde se implanta al producir choques y fusiones con la técnica que fundamenta la tecnología del lugar. Esa es la base de las llamadas “tecnologías no apropiadas”, las cuales deben ser aprehendidas por los especialistas de los lugares donde son implementadas para que su implantación sea efectiva.¹⁰ Es en este sentido que analizaremos las imágenes utilizadas en la enseñanza de la tecnología ferroviaria, representaciones cuyo sentido debe ser reinterpretado, aprehendido por los alumnos de ingeniería, dependiente tanto de la cultura a la que pertenecen como del conocimiento que posean en determinadas áreas, pero ¿qué es la cultura?

Durante un tiempo, la antropología y la filosofía definieron la cultura oponiéndola a la naturaleza, lo creado por todos los seres humanos de lo simplemente dado, de lo que existe

⁷ José Ortega y Gasset, “Meditación de la técnica” en *Obras Completas. Tomo V (1933 – 1941)*, sexta edición, Madrid, Revista de Occidente, 1964, p. 330.

⁸ Alfred D. Chandler, *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1977, 608 pp.

⁹ Langdon Winner, *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, Barcelona, Editorial Gedisa S. A., 2008, pp. 41 – 42.

¹⁰ Milton Vargas, “El ‘logos’ de la técnica”, en *Quipu. Revista latinoamericana de historia de las ciencias y la tecnología*, Vol. 6, Núm. 1, México, pp. 26 – 29.

en el mundo. Sin embargo, esta noción de cultura perdía eficacia utilitaria al abarcar tanto de la vida social, pero sirvió para distinguir lo cultural de lo biológico o genético y superar formas primarias de etnocentrismo. En efecto, esta definición ayudó a que se admitiera como cultura lo creado por todos los humanos en todas las sociedades y en todos los tiempos, aunque también produjo críticas el reconocimiento sin jerarquías de todas las culturas, pues esto las vuelve incomparables e inconmensurables.¹¹

Posteriormente, se intenta definir la cultura deslindándola de toda la vida social, oponiéndola a la sociedad. En esta postura Canclini destaca a Pierre Bourdieu, quien demuestra que la sociedad está estructurada con dos tipos de relaciones: las de fuerza, correspondientes al valor de uso y de cambio, y, dentro de ellas, relaciones de sentido que organizan la vida social, las relaciones de significación. Este mundo de las significaciones, del sentido, es el que constituye la cultura. De esta forma, una posible definición de cultura para Canclini es: aquella que abarca el conjunto de los procesos sociales de significación.¹² Dicho de otra manera, todas las prácticas sociales contienen una dimensión cultural, pero no todo en esas prácticas es cultura. Por ejemplo, el acto material, económico, de cargar gasolina a nuestro coche, también está lleno de significaciones, ya que vamos con un automóvil de cierto diseño, modelo, color, y actuamos de cierta forma. Así, toda conducta está significando algo, está participando en las interacciones sociales.¹³

Al tener cada grupo humano sus propias significaciones, sin dejar de lado que muchas de ellas se puedan compartir, como el saludo de beso en Latinoamérica, cada uno tiene su propia cultura; así, hablamos de la cultura mexicana, la cultura francesa, la cultura estadounidense, etc. En este contexto, la visión es una construcción biocultural desarrollada, aprendida y cultivada, por tanto, una cultura visual no refleja el mundo exterior, la realidad, sino que es un medio para interpretar el mundo visualmente, cuyos diversos sistemas de representación no son inherentemente superiores o inferiores, simplemente sirven para cosas diferentes. Por ello, podemos hablar de distintas culturas visuales dependiendo de los fines del emisor y receptor de las imágenes que la conforman, las cuales, a partir de la imprenta, se multiplican cada vez más, alcanzando a todas las

¹¹ Néstor García Canclini, *Diferentes, desiguales y desconectados. Mapas de la interculturalidad*, Barcelona, Editorial Gedisa S. A., 2005, pp. 30 – 32.

¹² *Ibid.*, pp. 32 – 33.

¹³ *Ibid.*, pp. 36 – 37.

clases sociales y sirviendo a todos los fines imaginables.¹⁴ El caso de la cultura visual técnica y científica es diferente, pues su objetivo es trascender las diferencias culturales, creando un código que aspira a ser universal para aquellos espectadores que poseen el conocimiento sobre la ciencia y la tecnología a la que hacen referencia las imágenes. En efecto, la interpretación involucra un entrenamiento o capacitación de la mirada para la apropiación de los códigos de la tecnología.

El concepto de código incorpora un consenso o convención social, por el cual se asume alguna regla para ser obedecida. De esta forma, se habla de código civil, código vial, código lingüístico, el código lógico matemático, etc.; siendo su segunda característica la transmisión de información, que exige la presencia de normas de traspaso de tales datos. En así que el código cumple la función de establecer las condiciones de funcionamiento de circulación de saberes, como sucede, por ejemplo, en todas las tareas de índole científica y técnica. Asimismo, los códigos no son entidades rígidas y fijas, pues ello impediría la comunicación. Cuando un grupo humano necesita nuevas formas de expresión, entonces se busca nuevos códigos.¹⁵

Nosotros nos referiremos a la cultura visual que engloba las representaciones utilizadas en la enseñanza técnica, especialmente aquella ocupada para capacitar sobre tecnología ferrocarrilera a los ingenieros mexicanos. Por enseñanza técnica entendemos aquella que tiene espacios semejantes a los ámbitos donde los alumnos se insertarían al egresar (fábricas, talleres, oficinas), y la que fusiona en el proceso de aprendizaje la teoría y la práctica a fin de dotar a los alumnos de conocimientos, habilidades y valores útiles en su incorporación a una actividad productiva.¹⁶ Por su parte, distinguimos la cultura visual presente en la mencionada enseñanza, de aquella científico-técnica divulgativa, que también utiliza imágenes científicas y técnicas. Estas ilustraciones comparten muchas de sus características, los modelos de representación objetiva, la abreviación, filtración, selección y esquematización de una información, y el uso de códigos cada vez más

¹⁴ W. M. Ivins Jr., *Prints and visual communication*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1953, p. 135.

¹⁵ Victorino Zecchetto, *La danza de los signos. Nociones de semiótica general*, Quito, Ediciones Abya – Yala, 2002, pp. 93 – 94.

¹⁶ Jesús Ávila Galinzoga (coord.), *La educación técnica en México desde la Independencia, 1810 – 2010*, México, Instituto Politécnico Nacional (IPN) : Presidencia del Decanato, 2011, 3 vols.

simplificados que permitan la didáctica necesaria en toda comunicación científica y técnica, además, ambas permiten la generación de nuevo conocimiento.¹⁷

En ambos tipos de imágenes hay elementos abstractos y concretos, pues las imágenes con una finalidad práctica no pueden prescindir de elementos teóricos. El dibujo de una construcción de locomotora, aunque parezca práctico, tiene aplicados en él los principios de la mecánica y de la termodinámica, entre otros. Así, lo que las distingue es la finalidad de la imagen, ya sea práctica en el caso de la tecnología, o la comprensión de los principios, de las leyes, en el caso de las científicas.

Para que las representaciones de la tecnología formaran parte de la didáctica, hubieron de sentarse las bases del dibujo técnico, que se creara ese código con formas simbólicas propias y desarrollo de esquemas y gráficos. Un lenguaje no figurativo que representa la realidad y nos permite clasificar y crear nuevos mundos. El plano de una locomotora crea la existencia virtual de dicha locomotora, antes que esta siquiera se construya. De esta manera, se crean técnicas que demuestran volumen o perspectiva, y convenciones, como las flechas para indicar movimiento; todo ello en función de alcanzar una representación objetiva, descriptiva.¹⁸

Estas imágenes vienen a ser parte cada vez más fundamental de los libros de texto que aparecen en esta época, los que también se vuelven tecnología al sistematizar el conocimiento técnico, conformando así una ciencia del conocimiento práctico. Pero ¿que distingue a los libros dedicados a la enseñanza? Primeramente, estas obras han sido llamadas de diversas maneras según su contexto, uso, e incluso estilo. Los franceses, por ejemplo, emplean indiferentemente, entre otros términos, *manuels scolaires*, *livres scolaires* o *livres de classe*; los hispanoparlantes utilizamos libros escolares, libros de texto o textos escolares; y en los países anglosajones, *textbook*, *schoolbook* y a veces *school textbook* parecen ser empleados de manera no diferenciada.¹⁹

En segundo lugar, historiadores como Henri Irénée Marrou señalan que el libro de texto escolar ya existía en la antigüedad, citando el papiro Guéraud-Jouguet, que incluía desde

¹⁷ Inmaculada López Vílchez, “Métodos gráficos y técnicas en el dibujo científico”, en Lino Cabezas e Inmaculada López Vílchez (coords.), *Dibujo científico. Arte y naturaleza, ilustración científica, infografía, esquemática*, Madrid, Ediciones Cátedra, 2016, pp. 226 – 227.

¹⁸ Inmaculada López Vílchez, “Una introducción al dibujo científico”, en *Ibid.*, p. 14.

¹⁹ Alain Choppin, “Le Manuel scolaire, une fausse evidence historique”, en *Histoire de L'Education*, Núm. 117, 2008, Francia, pp. 154 – 155.

lecciones elementales de gramática hasta antologías de textos poéticos. Por su parte, Pierre Riché, vincula el libro de texto a la aparición del códice en el principio de la era cristiana; mientras que otros, como Henri-Jean Martin, asocian el libro de texto al nacimiento y desarrollo de las universidades occidentales en el siglo XIII. Para Alan Chappin, independientemente del soporte, es la organización del documento, la presentación de contenidos según una progresión de lo simple a lo complejo, lo que define al libro el texto didáctico, junto con claras preocupaciones pedagógicas, o sea, que ha sido conscientemente concebido y organizado para servir a los fines de instrucción.²⁰

Del vasto universo de imágenes técnicas que ilustraban los libros de ingeniería, elegimos analizar aquellas dedicadas a representar el ferrocarril, sus partes y funcionamiento, pues la tecnología ferroviaria representó uno de los más grandes avances del siglo XIX, revolucionando la vida humana en múltiples formas y transformándose en un inequívoco signo de progreso para todas las naciones del mundo. Esta popularidad derivó en múltiples representaciones de aquel medio de transporte, desde postales hasta cuadros al óleo, pasando por fotografías, pero se sabe poco de aquellas imágenes utilizadas por los expertos en sus textos destinados a la capacitación ferroviaria.

En México, la construcción de vías representó un problema para los distintos gobiernos del periodo decimonónico, sólo Porfirio Díaz logró que los ferrocarriles corrieran por distintos puntos del país, pero a cambio de la apertura total a los capitales extranjeros. Por ello, iniciaremos la investigación en 1837, con los primeros intentos por establecer un Ferrocarril de la ciudad de México al puerto Veracruz, el llamado Ferrocarril Mexicano, que recién se logra inaugurar 36 años después tras sortear una serie de problemas.²¹

Esto no significó la apertura inmediata de un nicho laboral para los profesionales y trabajadores mexicanos, pues los ingenieros civiles se trajeron de Europa, y, más tarde, con la construcción de vías por parte de compañías estadounidenses, del propio país del norte.²² Es así que, a pesar de que existían las instituciones para preparar a la gente que necesitaba la industria ferroviaria, como la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) antes Real Seminario de Minería, ésta no llegaba a las empresas. En el caso de la ingeniería, ello se

²⁰ *Ibid.*, pp. 175, 186.

²¹ Guillermo Guajardo Soto, *Ferrocarriles, educación técnica e industria metalúrgica en México: Desarrollos y frustraciones, 1873 – 1925*, Tesis de Maestría en Estudios Latinoamericanos (Historia), Asesor Juan José Saldaña, FFyL, UNAM, México, 1995, p. 59.

²² *Ibid.*, pp. 140 – 141.

debía a la enseñanza eminentemente teórica que se les daba a los estudiantes, su desvinculación con el desarrollo económico, así como la propia falta de cultura técnica e interés por la práctica por parte de los alumnos; por ello, los ingenieros no salían bien preparados para afrontar la práctica en una empresa extranjera.²³

Escogimos 1914 para cerrar el trabajo, al triunfo de Carranza sobre Huerta, pues ese año cambia el panorama para la empresa ferrocarrilera: la construcción de vías férreas disminuye el ritmo de crecimiento, por la Revolución misma y las leyes promulgadas a favor del control del gobierno sobre las empresas ferrocarrileras, que provocaron el éxodo de los capitalistas extranjeros; así como, por la aparición del automotor de pasajeros, que influiría paulatinamente en la caída del ferrocarril como medio de transporte.²⁴ Estos hechos también influyen en la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI), que, a pesar de que se mantenía abierta, tenía muy pocos estudiantes.

La temática a tratar engloba tres ejes, abordados de diversas perspectivas y en números dispares por parte de la historiografía: la cultura visual en los libros de texto para la enseñanza técnica ferroviaria; las técnicas ocupadas en la producción e impresión de las imágenes que formaban la cultura visual de los libros estudiados; y el contexto histórico mexicano en relación con la educación técnica y la empresa ferrocarrilera.

Fue *La aparición del libro*²⁵ de Febvre y Martin de 1958, el texto pionero de todo acercamiento histórico al libro y su función social, a partir del cual se han realizado numerosas investigaciones inscritas en la historia de la cultura sobre los contenidos textuales e iconográficos de los libros. Por otro lado, también en estos años aparece el trabajo, *Printing and Visual Communication*,²⁶ fundador del estudio de las imágenes impresas en los libros y su uso para la ciencia y la tecnología. Allí, los procedimientos para imprimir imágenes y diagramas se consideran fundamentales para la ciencia y la tecnología moderna, pues éstas dependen de la información transmitida por imágenes exactamente repetibles.

²³ Juan José Saldaña, *Las revoluciones políticas y la ciencia en México. Tomo II: Ciencia y política en México de la Reforma a la Revolución Mexicana*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), 2010, p. 91.

²⁴ Guajardo Soto, *op. cit.*, 1995, pp. 41 – 42.

²⁵ Lucien Febvre y Henri Jean Martin, *L'apparition du livre*, Paris, Albin Miche, 1958, 557 pp.

²⁶ Ivins Jr., *op. cit.*

Hubo de pasar un tiempo para que estas reflexiones fueran retomadas, apareciendo a fines de la década de los ochenta dos corrientes para el estudio de las imágenes que incluían aquellas impresas en diversas obras, la *Bildwissenschaft* y los *Visual Cultural Studies*. La primera estudia la producción, representación y uso de todo tipo de artefactos visuales, para con ello describir y reflexionar sobre su cambiante contexto histórico y cultural. En tanto, la segunda se ocupa de la construcción social de la imagen más que del análisis de la imagen en sí, de su forma material.

En los noventa, los *Visual Cultural Studies* abordan a la imagen impresa en su construcción histórica, en su función social y en su papel en la transformación de la cultura, utilizando libros, revistas, folletos, pinturas y grabados, tratando las ilustraciones científicas y técnicas como instrucciones gráficas, o sea, creadas para transmitir un conocimiento; no obstante, no estudian las imágenes presentes en los libros de texto empleados en las instituciones de enseñanza.²⁷ Por su parte, los trabajos inscritos en la *Bildwissenschaft*, tratan la historia de la ilustración científica desde las culturas de la antigüedad hasta el siglo XX, analizando cómo en base a las imágenes botánicas, astronómica, microscópicas, geométricas, etc., se fueron formando las ciencias.²⁸

En el nuevo milenio aparecen en México trabajos que examinan a las imágenes científicas, principalmente fotográficas, ya sea como parte de historias de la fotografía mexicana, o en trabajos específicos acerca del uso de la fotografía en una disciplina científica. Asimismo, la construcción de una cultura visual en la nación se estudia en los obstáculos conceptuales y materiales que tuvieron que afrontar las imágenes para ser aceptadas como instrumentos legítimos de representación en las ciencias; sin embargo, no se hacen referencias a la función educativa, sino más bien al uso para transmitir conocimientos entre profesionales.²⁹

²⁷ Jonathan Crary, *Techniques of the Observer. On vision and modernity in the nineteenth century*, Cambridge, Massachusetts, The M.I.T. Press, 1990, 171 pp.; Patricia Anderson, *The printed image and the transformation of popular culture 1790 – 1860*, Oxford, Clarendon Press, 1991, 211 pp.; E. H. Gömbrich, *The uses of images. Studies in the social function of art and visual communication*, Londres, Phaidon, 1999, 304 pp.

²⁸ Brian J. Ford, *Images of Science. A history of scientific illustration*, New York, Oxford University Press, 1993, 208 pp.; Nicolás Mirzoeff, *Una introducción a la cultura visual*, Barcelona, Paidós, 2003, 378 pp.

²⁹ Olivier Debroise, *Fuga mexicana. Un recorrido por la fotografía en México*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili S.A., 2005, 380 pp.; Maribel Ahuatzin Pérez, *Fotografía en ciencias: aplicación a la botánica*, Tesis de Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual, Asesor Benjamín Sánchez Correa, Escuela Nacional de Artes Plásticas (ENAP), UNAM, México, 2005, 145 pp.

Asimismo, es posible encontrar algunas investigaciones locales que analizan diferentes aspectos del ferrocarril utilizando su imagen. En efecto, en el año de 1985 encontramos el primer libro que hace referencia a nuestro tema, *Railroads in Mexico. An Illustrated History*,³⁰ publicado en Estado Unidos y escrito por Francisco Garma Franco. A lo largo de sus dos volúmenes, el autor relata el desarrollo de algunas de las vías férreas más importantes del país, acompañando su discurso con imágenes ilustrativas de la construcción y desempeño de los caminos y locomotoras. De esta forma, podemos conocer la expansión de empresas como el Ferrocarril Mexicano, el Ferrocarril Interoceánico y el Ferrocarril Central Mexicano, sin embargo, el texto no conecta aquellas obras, el contexto en que se llevaron a cabo y las imágenes que ocupa, siendo éstas más bien un acompañamiento que un documento histórico.

Unos años más tarde, en 1994, aparece un estudio que busca dar una visión más amplia del ferrocarril y su imagen en México, *Los ferrocarriles mexicanos: en el arte y en la historia*,³¹ coordinado por Leonor Ludlow. Allí, distintos investigadores nos narran la historia del ferrocarril en el país, desde sus inicios en 1837 hasta 1993, enriqueciéndola no sólo con fotografías, sino que también con expresiones culturales como los corridos populares, la literatura, el cine y las artes plásticas. La obra no profundiza demasiado en el proceso ferrocarrilero mexicano, ni en su técnica, centrándose en mostrar las creaciones artísticas asociadas a esta tecnología.

Todavía en la década del noventa, en 1998, aparece la tesis de Emma Yanes, *Historia de la comunidad tecnológica ferroviaria en México (1850 – 1950)*,³² donde la autora busca conocer la dimensión humana de los cambios tecnológicos. Para ello hace uso de la fotografía, aunque como señala la misma Yanes, es para que el lector aprecie con mayor claridad la dimensión del trabajo al que hace referencia, y no son el eje del estudio. Ya para el año 2003 volvemos a encontrar una publicación relacionada con el tema, *Estampas ferrocarrileras: fotografía y grabado 1860 – 1890*,³³ del historiador mexicano Fernando

³⁰ Francisco Garma Franco, *Railroads in Mexico. An Illustrated History*, Denver, Colorado, Sundance Publications Ltd., 1985, 2 vols.

³¹ Leonor Ludlow (coord.), *Los ferrocarriles mexicanos: en el arte y en la historia*, México, Ferrocarriles Nacionales, 1994, 303 pp.

³² Emma Yanes Rizo, *Historia de la comunidad tecnológica ferroviaria en México (1850 – 1950)*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Juan José Saldaña, FFyL, UNAM, México, 1998, 554 pp.

³³ Fernando Aguayo, *Estampas ferrocarrileras: fotografía y grabado 1860 – 1890*, México, Editorial Mora, 2003, 165 pp.

Aguayo. Allí, el autor utiliza las imágenes en directa relación con su argumentación histórica, abarcando aspectos tecnológicos y sociales del ferrocarril en fotografías, pinturas, litografías, monedas, billetes, mapas, etc.

En el 2008, la revista digital *Mirada Ferroviaria* incluye el artículo de Covadonga Vélez, “Registro fotográfico de las compañías ferroviarias en México,”³⁴ en el cual se habla del trabajo realizado por algunos de los fotógrafos contratados por diversas compañías del rubro. El escrito no analiza las imágenes en sí, concentrándose en señalar los acervos que las resguardan. Al año siguiente, la misma revista publica un ensayo de Fernando Aguayo, “Las imágenes de la estación del Ferrocarril Mexicano en Orizaba, 1872 – 1910,”³⁵ donde éste se enfoca en aspectos técnicos y tecnológicos del ferrocarril usando la imagen para ello. De esta forma, suma nuevas fuentes a temáticas que han sido estudiadas principalmente a través de un conjunto documental de carácter económico, dándole importancia a las representaciones en el análisis.

En el año 2015 el mismo Aguayo, esta vez junto a Isabel Bonilla Galindo y Javier Ortega Morel, escriben *La construcción de los Ferrocarriles en México. Una propuesta del ingeniero Santiago Méndez y Méndez*.³⁶ Dicho libro, como su título lo señala, está basado en un texto de 1879 del ingeniero Méndez y Méndez, dedicado a la ingeniería utilizada en la construcción de las vías, los rieles que se debía emplear y los tipos de locomotoras que debían correr por esas vías. Aquí, los tres historiadores incluyen fotografías y dibujos en sus respectivas secciones, que ejemplifican las diferentes tecnologías estudiadas por Méndez y Méndez, y sirven como una ayuda para que el lector entienda la tecnología, pero no rigen la investigación.

Finalmente, en el año 2019 aparece el número 65 de la *Revista Alquimia* dedicada a espacios y trayectos, que “...aborda la problemática del transporte en México desde la fotografía como fuente documental”³⁷. De esta forma, el número reúne imágenes fotográficas desde fines del siglo XIX hasta la segunda mitad del XX, utilizándolas en sus

³⁴ Covadonga Vélez Rocha, “Registro fotográficos de las compañías ferroviarias en México”, en *Mirada Ferroviaria, Revista Digital*, Núm. 5, mayo – agosto, 2008, México, pp. 23 – 35.

³⁵ Fernando Aguayo Hernández, “Las imágenes de la estación del Ferrocarril Mexicano en Orizaba, 1872 – 1910”, en *Mirada Ferroviaria, Revista Digital*, Núm. 9, septiembre – diciembre 2009, México, pp. 3 – 12.

³⁶ Fernando Aguayo, Isabel Bonilla, et. al., *La construcción de los ferrocarriles en México. Una propuesta del ingeniero Santiago Méndez y Méndez*, México, Dirección General de Publicaciones : Centro Nacional para la Preservación del Patrimonio Cultural Ferrocarrilero, 2015, 206 pp.

³⁷ Araceli Puanta, “Fotografía para trazar trayectos” en *Revista Alquimia. Sistema Nacional de Fototecas*, Año 22, Núm. 65, enero – abril 2019, México, p. 4.

cuatro artículos principales sobre el tendido de líneas de ferrocarril y la construcción de carreteras. Leticia Reina, en su texto “El ferrocarril de Tehuantepec. Un sueño para conectar los dos océanos, siglo XIX”,³⁸ nos habla del trayecto Salina Cruz – Coatzacoalcos enlazando a través de la fotografía temas de historia económica y de relaciones internacionales.

Por su parte, Fernando Aguayo presenta “Grandes problemas, extraordinarias fotografías. Los ferrocarriles mexicanos en el siglo XIX”,³⁹ centrado en las imágenes parte de catálogos y exposiciones, destacando su calidad estética pero también su importancia para recuperar procesos sociales. El último artículo que hace referencia a nuestro tema es el de Arturo Valencia, “Los trabajadores ferroviarios mexicanos de la Colección Archivo Casasola”, que aborda el tendido de redes ferroviarias ocupando el archivo para analizar “...aspectos del mundo ferroviario poco explorados desde la fotografía, como son los trabajadores ferroviarios, sus intentos de organización sindical y la relación entre éstos y el poder político”.⁴⁰ De esta forma, el número aporta un contexto para ciertas imágenes fotográficas de la época, pero no se acerca a la capacitación de los ingenieros mexicanos respecto a la tecnología ferroviaria, ni analiza imágenes de este tipo.

Entretanto, Justino Fernández publica unos breves textos sobre la tipografía y sobre las ilustraciones en el libro mexicano en 1939,⁴¹ apareciendo casi una década después, en 1948, *Grabados y grabadores en la Nueva España*⁴² de Manuel Romero de Terreros. Sin embargo, habría que esperar hasta fines del siglo pasado para que aparecieran trabajos que continuaran con estos temas. Estas investigaciones abordan la llegada de las técnicas de impresión con los extranjeros, los lugares donde se enseñaron y las revistas, periódicos y

³⁸ Leticia Reina, “El ferrocarril de Tehuantepec. Un sueño para conectar los dos océanos, siglo XIX”, en *Ibid.*, pp. 6 – 27.

³⁹ Fernando Aguayo, “Grandes problemas, extraordinarias fotografías. Los ferrocarriles mexicanos en el siglo XIX”, en *Ibid.*, pp. 28 – 46.

⁴⁰ Arturo Valencia Islas, “Los trabajadores ferroviarios mexicanos de la Colección Archivo Casasola”, en *Ibid.*, p. 50.

⁴¹ Justino Fernández, “Las conferencias de Atilio Rossi sobre tipografía” y “Mexican Art and Life”, en *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, Vol. I, Núm. 3, 1939, México, p. 76; Justino Fernández, “Las ilustraciones en el libro mexicano durante cuatro siglos 1539 – 1939”, en *Maso Finiguerra*, Núm 4, 1939, Milano, pp. 125 – 156.

⁴² Manuel Romero de Terreros, *Grabados y grabadores en la Nueva España*, México, Ediciones Arte Mexicano, 1948, 575 pp.

libros que ilustraron; pero, al igual que ocurría en las obras pasadas, no tratan las imágenes dedicadas a la enseñanza.⁴³

El nuevo milenio trae acercamientos novedosos, estudios acerca de las librerías de la ciudad de México desde el siglo XVI hasta el XX, sobre técnicas de impresión específicas como la litografía, y otros dedicados a los intereses políticos y empresariales y las inquietudes culturales de quienes encabezaron el quehacer tipográfico en las décadas posteriores a la independencia. Estos temas se estudian en relación con el contexto nacional de la época, mas no analizan la imagen en sí, ni tampoco aquellas dedicadas específicamente a la didáctica.⁴⁴ Mas recientemente, Marina Garone Gravier publica *Historia de la Imprenta y la Tipografía Colonial en Puebla de los Ángeles (1642 – 1821)*,⁴⁵ donde ofrece el primer gran compendio del material tipográfico novohispano utilizado por las imprentas poblanas. Además, analiza las imágenes de los libros antiguos categorizándolas según su técnica de impresión y su finalidad, nombrando aquellas relativas a la ciencia, pero sin estudiarlas en detalle.

Por otro lado, hay poca historiografía dedicada a los libros de texto utilizados en la enseñanza técnica mexicana, empezando recién a fines del siglo pasado y comienzos del XXI a incorporarlos en las investigaciones históricas. En efecto, de ellos se examina cuan actualizados estaban respecto a Europa y a las teorías científicas en boga, así como el papel del Estado en la importación y publicación de libros para crear una cultura científica; pero no se ahonda en las ilustraciones de dichos libros más allá de nombrarlas y mostrar algunas como ejemplos.⁴⁶

⁴³ Elisa García Barragán, *Dibujo y grabado en los siglos XIX y XX*, Madrid, Muralla, 1982, 41 pp.; José N. Iturriaga, *Litografía y grabado en el México del XIX*, México, Inversora bursátil, 1993, 2 vols.

⁴⁴ Juana Zahar Vergara, *Historia de las librerías de la ciudad de México. Evocación y presencia*, México, UNAM : Plaza y Valdés, 2000, 134 pp.; Arturo Aguilar Ochoa, *La litografía en la ciudad de México, los años decisivos: 1827 – 1847*, Tesis de Doctorado en Historia del Arte, Asesor Aurelio de los Reyes García Rojas, FFyL, UNAM, México, 2001, 317 pp.; Laura Suárez de la Torre (coord.), *Constructores de un cambio cultural: impresores – editores y libreros en la ciudad de México 1830 – 1855*, México, Instituto de Investigaciones José María Luis Mora, 2003, 554 pp.

⁴⁵ Marina Garone Gravier, *Historia de la Imprenta y la Tipografía Colonial en Puebla de los Ángeles (1642 – 1821)*, México, UNAM : Instituto de Investigaciones Bibliográficas, 2018, 275 pp.

⁴⁶ Martha González Cercas, *Los libros de texto en la enseñanza de la ingeniería química*, Tesis de Ingeniería Química, Asesor Antonio Valiente Barderas, Facultad de Química, UNAM, México, 1998, 111 pp.; Laura Beatriz Suárez de la Torre (coord.), *Empresa y cultura en tinta y papel (1800 – 1860)*, México, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora : UNAM, 2001, 662 pp.; Henry Petrosky, “El Ingeniero civil en su 150 aniversario”, en *Ingenierías*, Vol. V, Núm. 17, octubre – diciembre 2002, México, pp. 118 – 122.; Guadalupe Urbán Martínez, *Fertilizantes químicos en México (1843 – 1914)*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Juan José Saldaña, FFyL, UNAM, México, 2005, 228 pp.; María de la Paz Ramos Lara y Rigoberto

Federico Lazarín Miranda en su artículo de 2003, “Enseñanzas propias de su sexo. La educación técnica de la mujer, 1871 – 1932”,⁴⁷ realiza un balance historiográfico de los estudios realizados en México sobre el tema. Lazarín se remonta a los años ochenta y noventa del siglo XX para encontrar los primeros estudios, los de los historiadores María Eguiarte Sakar y Ricardo Moreno Botello.⁴⁸ Eguiarte, por un lado, compila textos del XIX dedicados a dicha enseñanza, y, por otro lado, aborda la educación impartida en la Escuela Nacional de Artes y Oficios (ENAO); entretanto, Moreno nos da un panorama de la enseñanza técnica desde el Porfiriato a 1932, ligándola con la producción, el desarrollo tecnológico y los cambios en la estructura profesional, sin profundizar en los libros de texto y sus imágenes.

En 1995 y 1997 aparecen las tesis, *Ferrocarriles, educación técnica e industria metalúrgica en México: Desarrollos y frustraciones, 1873 – 1925*⁴⁹ y *La enseñanza técnica en México para inventar una nación industrial, 1900 – 1917*,⁵⁰ escritas por Guillermo Guajardo Soto y Carlos Ortega Ibarra, y ambas dirigidas por el historiador de la ciencia Juan José Saldaña. El primero se refiere a los proyectos estatales y de los obreros para formar cuadros calificados en la operación del transporte, dentro de lo cual nombra algunos de los textos ocupados en la enseñanza obrera. Por su parte, la segunda investigación abarca la enseñanza técnica de hombres y mujeres en el país, enfocándose preferentemente en los edificios que albergaban las diferentes instituciones, y cómo estos influenciaban la enseñanza ofrecida en ellos.

Rodríguez Benítez (coords.), *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH) – UNAM : Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), 2007, 172 pp.; Carlos Martín del Castillo (ed.), *La construcción de un país. Historia de la ingeniería civil mexicana*, México, Colegio de Ingenieros Civiles de México : IPN, 2007, 309 pp.

⁴⁷ Federico Lazarín Miranda, “Enseñanzas propias de su sexo. La educación técnica de la mujer, 1871 – 1932”, en María Adelina Arredondo (coord.), *Obedecer, servir y resistir. La educación de las mujeres en la historia de México*, México, Universidad Pedagógica Nacional (UPN) : M. A. Porrúa, 2003, pp. 249 – 277.

⁴⁸ Ricardo Moreno Botello, *La Escuela del Proletariado. Ensayo histórico sobre la educación técnica industrial en México, 1876 – 1938*, México, Universidad Autónoma de Puebla (UAP) : IPN, 1987, 214 pp.; María Estela Eguiarte Sakar (comp.), *Hacer ciudadanos. Educación para el trabajo manufacturero en el s. XIX en México*, México, Universidad Iberoamericana (UIA), 1989, 187 pp.; María Estela Eguiarte Sakar, “Historia de una utopía fabril: la educación para el trabajo en el siglo XIX”, en Armando Alvarado, Guillermo Beato, et. al., *La participación del Estado en la vida económica y social mexicana, 1767 – 1910*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), 1993, pp. 273 – 314.

⁴⁹ Guajardo Soto, *op. cit.*, 1995.

⁵⁰ Carlos Ortega Ibarra, *La enseñanza técnica en México para inventar una nación industrial, 1900 – 1917*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Juan José Saldaña, FFyL, UNAM, México, 2008, 142 pp.

Recientemente, los trabajos han puesto su foco en diversos aspectos de la enseñanza, como personajes importantes para el desarrollo de la ingeniería e instrumentos utilizados en los gabinetes y laboratorios; además, se profundiza algo más en los libros de texto. Así, estas investigaciones suman al estudio del contenido, la pertinencia del mismo para el momento del país y el modelo de educación que representaba, así como la clasificación de las imágenes presentes en ellos, pero no las analizan en su función educativa.⁵¹

Finalmente, el tema ferrocarrilero ha sido tratado por largo tiempo en el país, escribiéndose historias de algunas compañías ya a fines del siglo XIX, aunque, principalmente, desde el punto de vista económico. Respecto a las firmas ferroviarias norteamericanas, a fines del siglo pasado tenemos varios trabajos destacados que nos sirvieron para desarrollar el contexto ferrocarrilero de la época. En el año de 1995, Sandra Kuntz publica *Empresa extranjera y mercado interno: el Ferrocarril Central Mexicano, 1880 – 1907*,⁵² donde habla del surgimiento de aquella compañía y de su mecánica empresarial. Lo interesante aquí, es que la historiadora no deja fuera del análisis la transferencia tecnológica producida entre economías de distinto nivel de desarrollo, preocupándose por temas como el de la adaptación de la tecnología moderna a otras condiciones.

La misma Kuntz, esta vez con Priscilla Connolly, coordina *Ferrocarriles y obras públicas*⁵³ en el año 1999, compilación que pretende destacar el rol de las líneas ferroviarias y las obras públicas en el desarrollo de la economía mexicana durante el Porfiriato. De esta manera, los diversos investigadores revisan tanto el proceso de formación de ambas compañías, como el funcionamiento de las mismas de acuerdo a la

⁵¹ Lucero Morelos Rodríguez, *Ciencia, estado y científicos. El desarrollo de la geología mexicana a través del estudio de los ingenieros Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena (1843 – 1902)*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor José Omar Moncada Maya, FFyL, UNAM, México, 2010, 348 pp.; Paulina Deschamps Ramírez, *Los estudios de física y sus instrumentos en la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, siglo XIX*, Tesis de Licenciatura en Historia, Asesora María de la Paz Ramos Lara, FFyL, UNAM, México, 2010, 177 pp.; Francisco Omar Escamilla González, “Orígenes de la carrera de Ingeniería Mecánica en México y el Laboratorio de Máquinas Térmicas, hoy Salón Bicentenario: 1867 – 1924”, en *200 años del Palacio de Minería: su historia a partir de fuentes documentales*, México, UNAM : Facultad de Ingeniería, 2013, 712 pp.

⁵² Sandra Kuntz Ficker, *Empresa extranjera y mercado interno: el Ferrocarril Central Mexicano, 1880 – 1907*, México, El Colegio de México (COLMEX) : Centro de Estudios Históricos, 1995, 391 pp.

⁵³ Sandra Kuntz Flicker y Priscilla Connolly (coords.), *Ferrocarriles y obras públicas*, México, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, 1999, 259 pp.

carga que transportaban, sin abordar la tecnología ni en los aspectos sociales que ello acarrea.

Por otro lado, el tema de la nacionalización ferrocarrilera también ha sido tratado, apareciendo el 2012 el libro de Arturo Grunstein, *Consolidados: José Yves Limantour y la formación de Ferrocarriles Nacionales de México*.⁵⁴ Allí, el autor analiza los cambios en la política ferroviaria del Porfiriato, y explica a detalle el proceso que llevó al entonces secretario de Hacienda a adquirir el control de los principales ferrocarriles de México. Ambos textos se interesan por el contexto político y económico de sus temas, dejando fuera la tecnología ferroviaria.

Sobre la construcción de la línea férrea al puerto veracruzano hay variada historiografía, la que generalmente incluye dicha empresa dentro de un proceso más largo, el cual abarca hasta el boom constructivo ferrocarrilero que empieza a fines del siglo XIX y termina en 1914. Para nuestro tema, es la década de los noventa del siglo pasado cuando aparecen trabajos que abordan la construcción de este Ferrocarril ocupándose de la técnica empleada en ello, y la relación que dicha edificación mantuvo con la capacitación de ingenieros y obreros nacionales.

Estudios como los de Guillermo Guajardo⁵⁵ y Emma Yanes⁵⁶ examinan la instauración de aquella vía férrea como antecedente de las que más tarde construirían los capitales norteamericanos; en tanto, las investigaciones de Fernando Aguayo⁵⁷ y Dirk Bühler,⁵⁸ estudian en mayor profundidad a este Ferrocarril y la ingeniería ocupada en su construcción, nombrando algunos libros de capacitación. Estos trabajos se enfocan más bien en lo que necesitaban saber o lo que ejecutaban quienes ingresaban a dicha industria, y no en cómo habían adquirido esos conocimientos, temática que precisaremos abordar en nuestro estudio. Por último, podemos nombrar la página web de “Memórica. México,

⁵⁴ Arturo Grunstein Dickter, *Consolidados: José Yves Limantour y la formación de Ferrocarriles Nacionales de México*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA), 2012, 310 pp.

⁵⁵ Guajardo Soto, *op. cit.* 1995; Guillermo Guajardo Soto, “El desarrollo del sistema ferroviario y la formación de ingenieros en México, 1867 – 1926”, en María Luisa Rodríguez-Sala y José Omar Moncada Maya (coords.), *La cultura científico-tecnológica en México: nuevos materiales multidisciplinarios*, México, UNAM : Instituto de Investigaciones Sociales, 1995, pp. 123 – 138.

⁵⁶ Yanes Rizo, *op. cit.*, 1998.

⁵⁷ Fernando Aguayo Hernández, *La técnica ferrocarrilera: logros y límites en el Distrito Federal, 1857 – 1873*, Tesis de Licenciatura en Historia, Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), 1994, 259 pp.

⁵⁸ Dirk Bühler, “La construcción del Ferrocarril Mexicano (1837 – 1873). Arte e ingeniería”, en *Boletín de Monumentos Históricos*, Tercera época, Núm. 18, enero – abril 2010, México, pp. 78 – 95.

haz memoria,”⁵⁹ que dentro de su sección de exposiciones tiene una llamada “Del Ferrocarril Imperial al Mexicano, 1837 – 1873”, que entrega un poco de historia, algunas imágenes y explicaciones sobre la construcción de diversas líneas férreas en el país.

De esta forma, nuestro objetivo principal es analizar el uso de las imágenes presentes en los libros utilizados en la enseñanza de ingenieros nacionales, especialmente aquellos ligados a la tecnología ferrocarrilera, para, de esta forma, conocer cómo se fue construyendo una cultura visual técnica en el país y cómo se utilizó ésta por dichos profesionales. Por su parte, los objetivos secundarios son: distinguir los cambios y continuidades en el uso dado a las imágenes en la enseñanza técnica; analizar el influjo que tuvieron los cambios tecnológicos en las imágenes utilizadas en la enseñanza técnica; e identificar el rol que jugó la educación técnica en la incorporación de los ingenieros mexicanos a las empresas ferrocarrileras.

En tanto, nuestra hipótesis señala que hubo una discrepancia entre la tecnología ferrocarrilera que se ocupaba en el país, con la que se enseñaba a través de texto e imágenes en la Escuela Nacional de Ingenieros. En ello influiría el modelo positivista, que rigió la educación de la nación a partir de 1867, lo que significó la enseñanza de la tecnología francesa y su cultura visual, cuando fue la técnica norteamericana la que se termina imponiendo en el territorio. Por ello, pensamos que, si bien las imágenes ayudaron en muchos casos a los alumnos a comprender máquinas que aún no habían podido ver en persona, el modelo didáctico del país en general no permitió la incorporación de los ingenieros mexicanos a las compañías extranjeras. Asimismo, estimamos que las imágenes irían ganando en importancia para los autores, pero a la vez perderían calidad y aparecerían menos, lo que se relacionaría con la procedencia de dichas imágenes y el refinamiento y abstracción al que llegaría el tema ferrocarrilero.

Por su parte, la metodología histórica y la metodología para clasificar las imágenes que utilizaremos están íntimamente ligadas, no son independientes una de las otra, porque las imágenes son tecnologías históricamente situadas. Primero, debemos recalcar que todas las imágenes son signos, pues todas están en lugar de algo para alguien, comunicando una información en base a una estructura triádica, como señalaba el filósofo norteamericano

⁵⁹ Memórica. México, haz memoria (13 de octubre 2023), *Del Ferrocarril Imperial al Mexicano, 1837 – 1873*, Gobierno de México, https://memoricamexico.gob.mx/es/memorca/Del_ferrocarril_imperial_al_mexicano

Charles Sanders Peirce, uno de los fundadores de la semiótica moderna junto a Ferdinand de Saussure. Así, tenemos primero el representamen (lo que está en lugar de); segundo, el objeto (aquello por lo que se está); y tercero, el intérprete (que concibe la relación entre ambos). Esta estructura pone de manifiesto las dos operaciones básicas de los procesos de expresión y comunicación humanas, representación e interpretación. Ahora, dentro de los signos encontramos íconos y símbolos, refiriéndose estos últimos a aquellos que mantienen una relación de convención con su referente, como la paloma de la paz, mientras que los íconos se dividen en tres tipos: la imagen, el diagrama y la metáfora.⁶⁰

La imagen se refiere a los íconos que retoman las cualidades formales de sus referentes, formas, colores, proporciones, para un mejor reconocimiento por parte del intérprete, englobando dibujos, fotografías, pinturas figurativas, etc. El diagrama utiliza una analogía relacional interna al objeto, el organigrama de una sociedad representa su organización jerárquica, el plano de un motor representa la interacción de las distintas piezas. En tanto, la metáfora es un ícono relacionado con los sentimientos y las emociones, son las imágenes que en nuestra mente asociamos con una canción, una pintura, un olor, etc.⁶¹; mientras que la metáfora en la ciencia y la técnica incluye todas las representaciones anteriores a la realización de algo, todas aquellas que representan una realidad inexistente tienen una relación metafórica. Asimismo, también se considera la metáfora en su acepción literaria por los especialistas, la vía láctea no es ni una vía ni es láctea, pero es una metáfora aceptada por los astrónomos.

Es importante señalar que para Peirce el signo es una categoría mental, o sea, una idea mediante la cual evocamos un objeto para conocer y comprender la realidad o para comunicarnos. El proceso de aprehensión del signo se llama semiosis, que va más allá del simple “reemplazar cosas”, pues es un fenómeno social donde existe una constante y compleja interacción comunicativa. Si miramos el afiche de un paisaje (un signo), se produce una semiosis donde “...el representamen es la imagen del afiche percibida como signo; el interpretante es la relación mental que establecemos entre el representamen y su

⁶⁰ Francisca Pérez Carreño, *Los placeres del parecido. Ícono y representación*, Madrid, Visor, 1988, p. 12.

⁶¹ Joly Martine y Marina Malfé, *Introducción al análisis de la imagen*, Buenos Aires, Ediciones La Cuadrícula, 2009, pp. 40 – 41.

objeto; en definitiva, es la idea del signo del afiche; el objeto es el paisaje aludido en el afiche.”⁶²

Denotación es el concepto vinculado con lo que directamente expresa y refiere el signo, tal como es asumido o aceptado por el grupo social que lo emplea. De esta forma, el sentido denotado no tiene por qué corresponder a la verdad de las cosas, basta que sea coherente con la estructura sémica. Por ejemplo, si digo “esto es una locomotora”, estoy usando una expresión cuyo valor semántico se basa en el supuesto conocimiento que tengo de aquella máquina. Sin embargo, puede tratarse también de una afirmación falsa si estoy indicando un camión. Por tanto, el significado del signo y la función denotativa no implican una afirmación verdadera, sólo establece relaciones semánticas entre los elementos del signo.⁶³

En tanto, la connotación remite a otras ideas o evocaciones no presentes directamente en la denotación, es aquello que es sugerido por el signo sin ser referido. En el caso del paisaje nombrado recién, sería vernos mentalmente, imaginarnos en un lugar hermoso con nuestra familia en un día de campo. En la práctica, frente a los signos simultáneamente denotamos y connotamos en torno a códigos sociales e interpretaciones que proporciona la cultura dominante y las ideologías. En ese contexto las lecturas denotativas y connotativas dependen de la educación, el nivel social, la condición sexual, económica, religiosa y otros factores históricamente cambiantes de emisores y receptores.⁶⁴

Por esto es necesario el análisis sociohistórico, para reconstruir las condiciones sociales e históricas de la producción, circulación y recepción de las formas simbólicas.⁶⁵ De esta manera, utilizaremos una historia de la tecnología que incluya las características de la imagen y su evolución con el paso del tiempo; así como que considere tanto la dinámica interna de los cambios tecnológicos y del conocimiento, como las particularidades sociales de su adopción en México. Una historia social de la tecnología que relacione a los hombres con el ferrocarril y cómo aprendieron a utilizarlo, si es que lo hicieron, a través de la enseñanza técnica y sus imágenes.

⁶² Zeccheto, *op. cit.*, p. 72.

⁶³ *Ibid.*, pp. 109 – 110.

⁶⁴ *Ibid.*, pp. 111 – 113.

⁶⁵ John B. Thompson, *Ideología y cultura moderna. Teoría crítica social en la era de la comunicación de masas*, México, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) – Xochimilco, 2002, pp. 409 – 412.

Las representaciones que forman parte de esta tesis aparecen por primera vez con la *Encyclopédie*,⁶⁶ antes de ésta no se utilizaban las imágenes para la enseñanza, mientras que las que forman parte del trabajo de Diderot y D'Alembert describían las herramientas, sus usos, la materia prima, cómo se trabajaba, cómo se procesaba, todos los componentes para fabricar algo, etc. Con esto nace la escolaridad, se puede enseñar con imágenes, y en las primeras instituciones de enseñanza técnica el aprendizaje del dibujo fue la herramienta fundamental para formar a los técnicos, lo que se vio potenciado cuando se elabora la geometría descriptiva por el matemático francés Gaspar Monge.

Tiempo después, cuando es posible técnicamente, la fotografía también se hace presente en la enseñanza técnica. Ésta había nacido con la promesa de ser una representación objetiva de la realidad, no obstante, rápidamente queda claro que las imágenes fotográficas no están excluidas de las influencias y códigos que actúan en las demás imágenes. No obstante, para Roland Barthes, la fotografía se separa de la imagen o del signo en que su referente es algo o alguien necesariamente real que se ha colocado ante la cámara, y sin la cual no habría fotografía; en cambio, la pintura puede fingir la realidad sin haberla visto.⁶⁷ Por su parte, Walter Benjamin apunta que la fotografía puede resaltar aspectos del original no asequibles al ojo humano, puede igualmente, con la ayuda de herramientas como la ampliadora, captar imágenes que escapan a la visión natural.⁶⁸

Ahora bien, tanto los dibujos como las fotografías serán agrupadas de acuerdo a cuánto y a qué escala exhiben una herramienta, una pieza, o una tecnología en general, para lo cual emplearemos la escala de planos del lenguaje fotográfico. Así, examinaremos si se ocupan más los planos detalles, que amplían la visión de una o más secciones de un objeto; los planos conjuntos, que nos permiten ver un objeto al completo; o los planos generales, panorámicas en las que generalmente podemos apreciar la tecnología en su hábitat. A su vez, estas vistas las subdividiremos de acuerdo al ángulo en que son presentadas, ya sea en un ángulo frontal, situándonos como espectador delante de uno de los lados del objeto o el proceso representado; en un ángulo de $\frac{3}{4}$, que otorga perspectiva y profundidad; o de perfil, esperando conocer que ángulo es necesario en cada temática ligada al ferrocarril.

⁶⁶ Diderot y D'Alembert, *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Berne, Lausanne : Sociétés Typographiques, 1751 – 1772, 28 vols.

⁶⁷ Roland Barthes, *La cámara lúcida*, Barcelona, Ediciones Paidós, 1989, pp. 135 – 136.

⁶⁸ Walter Benjamin, *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*, 2003, Editorial Ítaca, México, p. 43.

Además, tomaremos en cuenta las categorías utilizadas por Barthes para analizar las fotografías en *La cámara lucida*,⁶⁹ el studium, el punctum y lo unario. Cuando miramos una fotografía lo que aprehendemos, acorde a nuestra cultura y preparación, es el studium. Por medio del studium nos interesamos por ciertas fotografías, ya sea porque las recibimos como testimonios, como cuadros históricos, como conocimiento.⁷⁰ Entretanto, el punctum es aquel elemento que crea una emoción en quien observa la fotografía, es un pinchazo señala Barthes, que si no atraviesa el studium produce un tipo de foto muy difundida, la llamada fotografía unaria. Esta transforma la “realidad” sin desdoblarla, sin indirectas, siendo la “unidad” de la composición su primera regla.⁷¹ Por último, revisaremos si las fotografías son tratadas en el laboratorio para destacar algún aspecto de lo capturado por el lente.

Las fuentes primarias empleadas en esta investigación son los libros de texto utilizados para la capacitación de ingenieros en México, desde aquellos ocupados en el Real Seminario de Minería, hasta los dedicados específicamente a la tecnología ferroviaria parte de las materias ofrecidas en la Escuela Nacional de Ingenieros; los planes de estudios de ingeniería, y específicamente de ingeniería civil, de dicha institución; los informes de las compañías ferroviarias extranjeras, del Ministerio de Fomento y de la misma Escuela; así como las imágenes parte de los libros didácticos.

Los libros fueron recolectadas principalmente a través de internet, al ser la mayoría de ellos de procedencia francesa o norteamericana, su localización en la red se facilitó sobremanera, pues dichos países cuentan con un vasto acervo de sus obras digitalizado. Podemos nombrar la página de Internet Archive,⁷² la de la Biblioteca Digital Hispánica de la Biblioteca Nacional de España⁷³ y la página de la Biblioteca Nacional de Francia⁷⁴. En el caso de las obras mexicanas, algunas también se encontraban en formato digital en el mismo sitio de Internet Archive o en páginas de la Universidad Nacional Autónoma de

⁶⁹ Barthes, *op. cit.*, 144 pp.

⁷⁰ *Ibid.*, p. 64.

⁷¹ *Ibid.*, pp. 85 – 86.

⁷² Internet Archive (17 de octubre de 2023), *Internet Archive: Digital Library of Free & Borrowable Books, Movies...* <https://archive.org>

⁷³ Biblioteca Nacional de España (17 de octubre de 2023), *Biblioteca Digital Hispánica*, <https://www.bne.es/es/catalogos/biblioteca-digital-hispanica>

⁷⁴ Biblioteca Nacional de Francia (17 de octubre de 2023), *BnF Gallica*, <https://gallica.bnf.fr>

México como *Librunam*⁷⁵, otras fue posible consultarlas físicamente en distintas bibliotecas de la UNAM. Los planes de estudio de Ingeniería fueron revisados en el Archivo de la UNAM, en su fondo dedicado a la Escuela Nacional de Ingenieros, mismo lugar donde consultamos los informes emitidos por dicha institución al gobierno; mientras que los anales del Ministerio de Fomento los examinamos en la sección de Fomento del Archivo General de la Nación.

Resta apuntar que el trabajo se divide en tres capítulos: primero estudiaremos la capacitación de los ingenieros mexicanos desde el Real Seminario de Minería hasta la Escuela Especial de Ingenieros, enfocándonos en las obras empleadas en las cátedras ligadas al ferrocarril y sus imágenes sobre la construcción de máquinas locomotoras, los tipos de vagones y todos los aspectos ligados a la instalación de redes ferrocarrileras, sin dejar de mencionar otros temas conectados; así como en la relación que éstas puedan tener con la construcción del Ferrocarril Mexicano. El segundo capítulo, sigue el curso que toma la enseñanza de la tecnología ferroviaria en la Escuela de Ingenieros mientras las compañías norteamericanas se instalan en el país y construyen sus líneas troncales. Examinaremos las nuevas reformas que intentaron mejorar la enseñanza de la institución, y las imágenes que presenten los libros utilizados en los cursos, los que irán adecuándose a las renovaciones que se dan en la instrucción nacional. Finalmente, el tercer capítulo lo dedicaremos a estudiar las transformaciones ocurridas en la ENI durante el cambio de siglo, las cuales provocaron modificaciones en la forma de entregar el conocimiento a los alumnos y en la propia planta docente encargada de aquellos menesteres.

Antes de terminar, me gustaría agradecer primero que todo a mi familia, a mis padres Isabel y Javier, a mis hermanos Javiera y Nicolás, a mi cuñada Josefina y mi sobrinito Tikal, gracias por el apoyo constante durante mi vida. Asimismo, también quiero agradecer a mi tutor Juan José Saldaña (Q.E.P.D), por su amabilidad, honestidad, ayuda desinteresada e inagotable generosidad para compartir su sabiduría. Agradezco también a mis lectores, los doctores Carlos Ortega, Guillermo Guajardo, Rebeca de Gortari y José Enrique Covarrubias por sus valiosos consejos y sugerencias; y, finalmente, a mis amigas y amigos, son muchos para nombrarlos a todas y todos pero ustedes saben quienes son. Gracias.

⁷⁵ Universidad Nacional Autónoma de México (17 de octubre de 2023), *Librunam*, https://librunam.dgb.unam.mx:8443/F?func=find-b-0&local_base=MX001

Capítulo 1. Representaciones de la empresa ferroviaria en la cultura visual utilizada para la formación de ingenieros. Los años del Ferrocarril Mexicano, 1837 – 1880.

Introducción

En este primer capítulo, analizaremos la enseñanza recibida por los ingenieros mexicanos desde la fundación del Real Seminario de Minería, a fines de la Colonia, hasta la Escuela Especial de Ingenieros (EEI), penúltimo nombre con que fue bautizado dicho establecimiento. Aquel examen lo realizaremos con particular preocupación por conocer las obras didácticas empleadas por los profesores que trabajaron allí, obras que fueron propuestas de acuerdo a los planes de estudio implantados por las diversas reformas educativas nacionales e institucionales aplicadas en el periodo.

Junto con ello, revisaremos los pormenores de la accidentada obra del ferrocarril que recorrería de la ciudad de México al puerto de Veracruz, también conocido como Ferrocarril Mexicano, que demoró más de tres décadas en terminarse. Aquí, el foco lo pondremos en vislumbrar cuál fue el nexo que dicha empresa tuvo con los ingenieros nacionales, específicamente con aquellos capacitados y egresados de la Escuela de Ingenieros, si es que fue una influencia para la educación y profesionalización de los mismos, o si su trabajo constructivo careció totalmente de especialistas mexicanos.

Estas líneas de investigación las relacionaremos bajo nuestro interés principal: el análisis de la cultura visual ferroviaria utilizada en las aulas de la mencionada Escuela, y su pertinencia para transmitir el conocimiento técnico a aquellos de quienes se esperaban llevaran a cabo la modernización del país. De esta manera, haremos hincapié en aquellos textos consagrados al aprendizaje de los diferentes aspectos de la empresa ferrocarrilera, profundizando en las temáticas que abordan y en las imágenes que referencian las descripciones y explicaciones dadas de forma escrita. Éstas serán organizadas e inspeccionadas acorde a lo señalado en la introducción, con lo cual esperamos descubrir las características que las definen, los usos que puedan tener según el contexto, y la eficacia con que ilustran la prosa técnica del autor.

1.1 La ingeniería enseñada en México, los libros ocupados y su nexos con la técnica y la empresa ferrocarrilera, 1792 – 1857

La ingeniería, en sus variantes históricas, se ha utilizado por todas las sociedades para enfrentar un gran abanico de problemas, solucionando éstos con técnicas creadas de acuerdo a los contextos políticos, económicos, sociales y culturales respectivos. En Francia, los ingenieros se asociaron principalmente a obras militares, las que, al realizarse al fragor del conflicto, no eran planeadas pensando en su durabilidad; no obstante, las sociedades urbanas y modernas que principian su consolidación en el siglo XVIII, demandan, cada vez más, profesionales capaces de solucionar inconvenientes propios de los tiempos de paz. Este requerimiento es atendido por la corona francesa, fundando en 1720 el *Corps des Ingenieurs des Ponts et Chaussées* (Cuerpo de Ingenieros de Puentes y Calzadas), primera organización en el mundo que inicia el traslado de la ingeniería al sector civil.⁷⁶

Ahora bien, para completar esa transición, se necesitaba de instituciones que la sustentaran, establecimientos que prepararan a los nuevos ingenieros en disciplinas como las matemáticas, la física y la química. Nuevamente en Francia se dan los primeros pasos en dicha dirección, instaurándose en 1747 la *École des Ponts et Chaussées* (Escuela de Puentes y Calzadas), y, en 1794, la *École Polytechnique* (Escuela Politécnica), que jugaría un papel decisivo como influencia educativa en Europa, Estado Unidos, y, por supuesto, en México. La Politécnica, fue creada al alero de la Revolución francesa y su proceso de racionalización de la sociedad gala, por lo cual, su objetivo fue preparar la gente necesaria para la construcción de puentes, acueductos, túneles, etc.⁷⁷

Entretanto, en la Nueva España, la enseñanza de la ciencia y la tecnología contemporánea se inicia en el último tercio del siglo XVIII, debido tanto a la política económica dictada por los borbones para aumentar la rentabilidad de sus colonias, como a las propuestas de los criollos interesados por contar con escuelas de enseñanza moderna. El virreinato siempre tuvo sabios destacados que habían abogado por la difusión de la ciencia y la tecnología en su territorio, mas, una vez que se instituyen los establecimientos educativos solicitados, la

⁷⁶ Henry Petrosky, “El Ingeniero civil en su 150 aniversario”, en *Ingenierías*, Vol. V, Núm. 17, octubre – diciembre 2002, México, p. 7.

⁷⁷ Jesús Ávila Galinzoga (coord.), *La educación técnica en México desde la Independencia, 1810 – 2010, Tomo I*, México, IPN : Presidencia del Decanato, 2011, p. 54.

Corona no los considera para su gestión, empleando científicos europeos para la docencia y la dirección de los mismos.⁷⁸

Así, en 1788 arriba al país el ingeniero español Fausto de Elhuyar (1755 – 1833), acompañado de 11 mineros alemanes (tres mineralogistas, un ingeniero de minas y siete maestros) para hacerse cargo del Real Seminario de Minería que se fundaría años después, en 1792.⁷⁹ Éste se crea con el propósito de formar ingenieros o expertos en minas, ramo esencial de la economía colonial y único interés del Tribunal de Minería, institución que lo patrocinaba. A pesar de esta limitante en cuanto a los estudios ofrecidos, el Seminario significó un cambio fundamental para la educación mexicana, pues en él se abandona la tradicional escolástica por la enseñanza técnica y científica.⁸⁰

Allí se estudiaban dos años de matemáticas y tres de física, química y mineralogía orientadas a las aplicaciones mineras, plan de estudios común a las academias de minas más prestigiosas de la época.⁸¹ Algunas de estas cátedras eran complementadas por sus profesores con libros realizados por diferentes científicos reconocidos; sin embargo, éstos no tenían como objetivo formar expertos en una institución educativa. En efecto, aunque en la introducción vimos que para diferentes historiadores los libros de texto son de larga data, aquellos dedicados a la enseñanza técnica todavía no se realizaban en el mundo occidental alrededor de 1800. Por esto, y por razones económicas, una misma obra se concebía en función de varios públicos: el mundo universitario, el público “culto” deseoso de acceder a una información certificada, y, en menor medida, para los medios profesionales.⁸²

En el caso del Real Seminario, el Tribunal de Minería mandó a imprimir aquellas obras más importantes para su área, traduciéndose las extranjeras para su mejor uso por parte de los alumnos, tal como señalan sus portadas. Encontramos la traducción del *Tratado*

⁷⁸ Juan José Saldaña e Inés Rojas Herrera, “La enseñanza práctica de la agricultura científica en México en el siglo XIX” en *Quipu. Revista latinoamericana de historia de las ciencias y la tecnología*, Vol. 16, Núm. 1, enero – abril 2014, México, p. 116.

⁷⁹ María de la Paz Ramos Lara y Rigoberto Rodríguez Benítez, “Introducción”, en María de la Paz Ramos Lara y Rigoberto Rodríguez Benítez (coords.), *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, México, CEIICH – UNAM : UAS, 2007, p. 8.

⁸⁰ Saldaña y Rojas Herrera, *op. cit.*, p. 115.

⁸¹ 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)”, en Ramos Lara y Rodríguez Benítez (coords.), *op. cit.*, p. 25.

⁸² Alain Choppin, “Le Manuel scolaire, une fausse evidence historique”, en *Histoire de L'Education*, Núm. 117, 2008, Francia, pp. 161 – 162.

*elemental de química*⁸³ de Lavoisier y de las *Tablas mineralógicas*⁸⁴ de Karsten, realizada esta última por el profesor de Mineralogía del establecimiento, el español Andrés Manuel del Río (1764 – 1849). Se publican también los *Elementos de orictognosia*,⁸⁵ del mismo del Río, y la *Nueva teórica y práctica del beneficio de metales*⁸⁶ de José Garcés y Eguía, mientras que de Europa se traen los textos de Juan Justo García, *Elementos de aritmética, álgebra y geometría*,⁸⁷ y *L'Art des expériences, ou avis aux amateurs de la physique*⁸⁸ del francés Nollet.

Es notable que la autoría de estos libros sea de algunos de los científicos más célebres de la época, lo que nos habla del nivel que poseían los catedráticos del lugar, capaces de adaptar para el uso didáctico por parte de los estudiantes textos no dedicados a la enseñanza en su mayoría. Esto se repetiría durante el período de estudio, aunque adaptando la tecnología pensada para las condiciones europeas a la realidad mexicana, pues los libros ya se realizaban pensando en la enseñanza. Igualmente, hay que destacar el empleo de imágenes por ciertos trabajos, las que revisaremos minuciosamente en el tercer apartado del presente capítulo.

Una vez terminado los estudios en las aulas, los alumnos debían realizar un ejercicio profesional en algún centro minero, finalizando con un acto público en el que presentaban sus conocimientos y experiencia en el arte de las minas.⁸⁹ De esta forma, el Real Seminario de Minería toma el liderazgo en la Colonia como institución educativa y científica, convirtiéndose además en el primero de su tipo en el nuevo mundo.

A partir de la independencia, la enseñanza científico-técnica recibe el apoyo del gobierno con la finalidad de transformar la educación popular, la cultura y la economía del país,

⁸³ Lavoisier, *Tratado elemental de química. Dispuesto en un orden nuevo según los descubrimientos modernos*, traducido al castellano para el uso del Real Seminario de Minería, México, D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1792, 2 vols.

⁸⁴ D. L. G. Karsten, *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes e ilustradas con notas*, tercera edición alemana traducida al castellano para el uso del Real Seminario de Minería por don Andrés Manuel del Río, México, D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1795 – 1805, 2 vols.

⁸⁵ Andrés Manuel del Río, *Elementos de orictognosia, o del conocimiento de los fósiles dispuestos, según los principios de A. G. Werner, para el uso del Real Seminario Nacional de Minería de México*, México, D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1795 – 1805, 2 vols.

⁸⁶ José Garcés y Eguía, *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*, México, D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1802, 63 pp.

⁸⁷ Juan Justo García, *Elementos de aritmética, álgebra y geometría*, Madrid, Joachin Ibarra, 1782, 354 pp.

⁸⁸ Nollet, *L'Art des expériences, ou avis aux amateurs de la physique*, Paris, Chez P. E. G. Durand : Neveu, Librairie, 1770, 3 vols.

⁸⁹ Ramos Lara, *op. cit.*, 2007, p. 25.

transformación necesaria para cumplir con el ideal de modernidad presente en la filosofía política del Estado independiente. En este periodo, el Seminario empieza a ser reconocido como Colegio Nacional de Minería, y, ante la renuncia de Elhuyar, su dirección pasa a manos del minero mexicano Miguel Septién. Sin embargo, la institución continuó dependiendo del Tribunal de Minería para su financiamiento, lo que aseguró la conservación de su estructura general y plan de estudios, relegando a otras ingenierías como la civil y la mecánica, que junto a la agrimensura y la topografía eran necesarias para el desarrollo de una tecnología ferroviaria en el país.⁹⁰ De todas maneras, ello no significaba que no se estudiaran ciertos aspectos de la ingeniería civil, pues en las minas también se necesitan obras de este tipo.

El Tribunal de Minería no esperaba que en el Colegio se enseñaran ingenierías como la civil o la mecánica porque no era realmente necesario, pues el trabajo minero se fundamentaba principalmente en la mano de obra indígena. Debido a ello, hubo un rezago en la introducción de la tecnología que generó la revolución industrial, sobre todo en lo relacionado con el empleo de máquinas. Fue hasta 1802 que una ciencia, la física experimental, se enseña en el Colegio de forma práctica y útil. Esto se debió a su profesor, el español Francisco Antonio Bataller, quien escribe para el curso los *Principios de física matemática y experimental*,⁹¹ donde utiliza la mecánica newtoniana para la solución de problemas prácticos de la minería novohispana. Ya no se trata solamente de enseñar o difundir una teoría, sino de incorporarla al medio local.⁹² Claramente, esto no era aplicable al ferrocarril, pues hemos visto que en estos años la institución estaba dedicada por completo a la minería; por lo que probablemente los únicos que tuvieron trabajo en la construcción de las primeras vías ferroviarias fueron los topógrafos egresados del Colegio.

De todos modos, debemos señalar que ni siquiera en Francia se titulaban ingenieros civiles en esos años, todavía quienes se dedicaban a dicha área eran técnicos adiestrados en el trabajo mismo. Es recién en 1829 que un grupo de hombres de negocios y científicos fundan de forma privada la *École Centrale des Arts et Manufactures* (Escuela Central de

⁹⁰ María de la Paz Ramos Lara, *Vicisitudes de la ingeniería en México (Siglo XIX)*, México, UNAM : CEIICH, 2012, p. 66.

⁹¹ Francisco Antonio Bataller, *Principios de física matemática y experimental*. Manuscrito, México, 1802, 4 vols.

⁹² María de la Paz Ramos Lara, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, Tesis de Maestría en Ciencias (Física), Asesor Juan José Saldaña, FFyL, UNAM, México, 1991, pp. 86 – 87.

Artes y Manufacturas), también conocida como *Centrale*. Ésta se vinculó directamente a la tecnología ferrocarrilera, la metalurgia y la construcción de máquinas para la industria para formar tecnólogos, dejando la enseñanza abstracta, característica de la Escuela Politécnica, en un segundo plano en favor del pragmatismo inglés.⁹³ Este enfoque se basaba en los logros que los trabajadores prácticos habían conseguido en Inglaterra, realizando una de las invenciones más importantes del siglo XIX, el ferrocarril.

En efecto, en 1825 se inaugura la primera línea férrea en la isla británica, evento que no estuvo exento de la participación de políticos, empresarios, militares y hombres de ciencia mexicanos. Éstos vieron con sus propios ojos el nuevo medio de transporte y sus beneficios, por lo que creyeron que su establecimiento en el país impulsaría el desarrollo al nivel de las naciones modernas.⁹⁴ A pesar del entusiasmo generado, no fue hasta 1837 que el presidente Anastasio Bustamante (1780 – 1853) otorga la primera concesión para construir una vía férrea de la capital al puerto de Veracruz, privilegiando con ella al comerciante veracruzano y ex Ministro de Hacienda Francisco Arrillaga. No obstante, el convulso escenario de la época era a todas luces adverso a la constitución de la empresa ferroviaria: el erario era escaso, la industria nacional mínima y la información estadística y cartográfica insuficiente; además, tampoco había ingenieros capacitados para una obra de ese tipo.⁹⁵

La falta de expertos en técnica ferroviaria no era algo exclusivo de México, en esos años eran pocos los ingenieros en el mundo que trabajaron en un área tan novedosa, pues, como señalamos recién, las locomotoras recorrieron las vías mucho antes de que se teorizará sobre ellas. Faltaban todavía textos que sistematizaran el conocimiento técnico, que conformaran una ciencia del conocimiento práctico ferrocarrilero. Por ello, la primera generación de industriales desconfiaba de los trabajadores formados en escuelas y preferían a los autodidactas, quienes a su vez temían la competencia de aquellos egresados de instituciones educativas.⁹⁶

⁹³ Charles R. Day, *Education for the industrial world. The École D'Arts et Métiers and the rise of french industrial engineering*, Cambridge, Mass. : The MIT Press, 1987, p. 13.

⁹⁴ Paolo Riguzzi, “Los caminos del atraso: tecnología, instituciones e inversión en los ferrocarriles mexicanos, 1850 – 1950”, en Sandra Kuntz y Paolo Riguzzi (coords.), *Ferrocarriles y vida económica en México (1850 – 1950). Del surgimiento tardío al decaimiento precoz*, México, El Colegio Mexiquense : UAM Xochimilco : Ferrocarriles Nacionales de México, 1996, pp. 38 – 39.

⁹⁵ *Id.*

⁹⁶ Aguayo Hernández, *op. cit.*, 1994, pp. v – vi.

Esto vino a cambiar en Europa y Estados Unidos con el crecimiento de la industria ferrocarrilera en los años cuarenta y cincuenta del siglo XIX, crecimiento que estimuló la metalurgia y la construcción de máquinas de precisión con partes estandarizadas e intercambiables, para lo cual se necesitaba de trabajadores especializados. Dicha exigencia modificó el punto de vista de los fabricantes acerca de la educación técnica, pues los trabajadores tradicionales rara vez tenían los conocimientos necesarios para construir las diferentes piezas que componen una locomotora.⁹⁷

En México, fue en el año 1833 que se intenta reformular la educación superior por parte del gobierno provisional de Valentín Gómez Farías (1781 – 1858) y su consejero José María Luis Mora (1794 – 1850), declarándose la educación libre y clausurándose la Universidad. El Colegio de Minería es reemplazado por el Tercer Establecimiento de Ciencias Físicas y Matemáticas, cuyo objetivo era ampliar la enseñanza a otras áreas científicas que impulsaran el desarrollo de la industria, y, con ella, el crecimiento económico.⁹⁸ En dicho contexto, el plan de estudios suma a las cátedras que venían del Seminario las de historia natural, cosmografía, astronomía y geografía, aunque se siguen formando profesionales relacionados con la actividad minera: Ensayadores, Peritos beneficiadores y Peritos ingenieros de minas.⁹⁹

La mayor cantidad de clases, así como el aumento en la disponibilidad de textos especializados, multiplicó aquellos utilizados por los profesores para complementar sus lecciones, quienes en esta ocasión solicitaron en conjunto nada menos que veintiún libros (gráfica 1). De ellos, dieciséis eran originarios de Francia, una mayoría abrumadora común para la época. En efecto, el país galo fue el primero en escolarizar su educación, gracias a fijar el conocimiento sistematizado en textos, la implementación de laboratorios, equipos, la capacitación de maestros, etc., por lo que para estos años tenía docentes capaces de escribir buenas obras y un sistema de editoriales encargadas de producirlas y difundirlas. Esto se halla asociado a la renovación de las técnicas de impresión y al reconocimiento del libro de

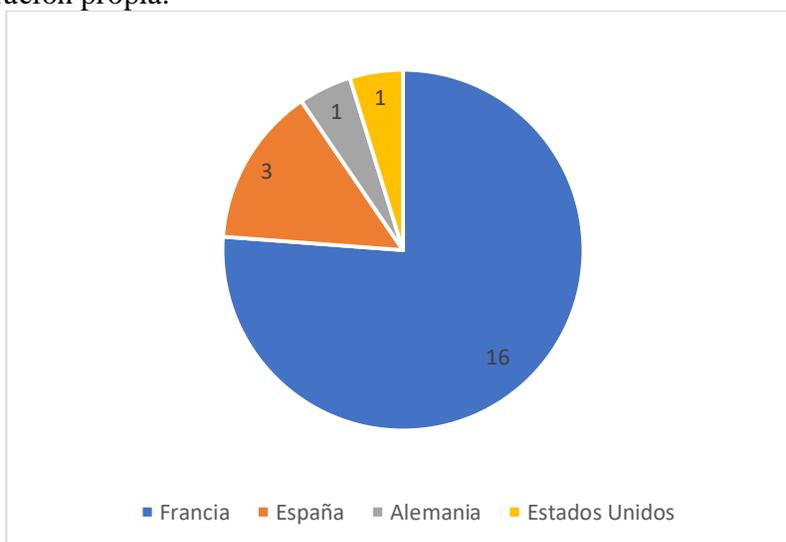
⁹⁷ Day, *op. cit.*, p. 214.

⁹⁸ Los otros establecimientos eran: 1. Estudios preparatorios; 2. Estudios ideológicos y humanidades; 4. Ciencias médicas; 5. Jurisprudencia; 6. Ciencias eclesiásticas. María Amanda Cruz Márquez, *La enseñanza del dibujo científico y técnico en México, 1821 – 1910*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Juan José Saldaña, FFyL, UNAM, México, 2009, p. 51.

⁹⁹ Las cátedras que venían del Seminario eran: matemáticas, física, química, mineralogía, francés e inglés. Cristián Miguel Rosas Ñiguez, *La educación de médicos e ingenieros en la Reforma educativa de la ciudad de México, 1833 – 1834*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Rosalina Ríos, FFyL, UNAM, México, 2015, pp. 123 – 124.

texto como instrumento de base de la difusión y de la organización democrática de la enseñanza, modelo que se impone en el mundo ya se por la colonización o la propia enseñanza de la ciencia y la transferencia de la tecnología, entre otros factores.¹⁰⁰

Fuente: Elaboración propia.¹⁰¹



Gráfica 1. Origen de los libros solicitados en el Tercer Establecimiento (1833).

De esta forma, se disponía de trabajos didácticos en francés para un gran número de disciplinas, que además eran considerados los mejores en sus respectivas áreas. Dicha disponibilidad y calidad es aprovechada por los catedráticos mexicanos, empleando obras francesas para los cursos de matemáticas, geometría, física, historia natural, química, geodesia y astronomía. Como consecuencia de ello, se generó uno de los problemas que se mantendrían durante el periodo decimonónico en la institución, la falta del contexto mexicano en las materias aprendidas por los ingenieros. Además, también influía en las pocas publicaciones locales o en lengua castellana, la escasez de especialistas que pudieran escribirlas. Señala Francisco Grimaud, traductor al español del texto requerido para el curso de física, *Tratado de física experimental* del francés J. B. Biot, que “...en castellano no tenemos ningún tratado de física que este al nivel de los conocimientos del día, que los reúna con concisión y claridad sin hacer uso de los cálculos sublimes que no están al alcance de todos: esto nos ha movido a traducir el presente tratado...”¹⁰²

¹⁰⁰ Choppin, *op. cit.*, pp. 141 – 145, 190 – 191.

¹⁰¹ *Ibid.*, pp. 141 – 145.

¹⁰² Francisco Grimaud, “Prólogo”, en J. B. Biot, *Tratado de física experimental*, traducido del francés por Francisco Grimaud de Velaunde, Madrid, Imprenta de Repullés, 1826, s/p.

La gran mayoría de estas obras eran publicaciones recientes, salvo algunos viejos tratados de matemáticas, escritos por exalumnos y/o profesores de la *École Polytechnique*. Ello apuntaba a un corpus eminentemente teórico, como la enseñanza ofrecida en dicha institución, que prefería la matemática abstracta y la ciencia pura a la ingeniería y la ciencia aplicada.¹⁰³ Sin embargo, lo actual de los trabajos, sugiere una inclusión masiva de ilustraciones didácticas, tal como veremos en el tercer apartado.

El cierre de la Universidad, y de varios Colegios ligados a la iglesia, le significaron a Gómez Farías las críticas y la oposición de los conservadores. Este clamor fue escuchado por el general Antonio López de Santa Anna (1794 – 1876), quien reasume la presidencia en 1834 nombrando un gabinete moderado, y suspendiendo las reformas efectuadas en su ausencia. El Colegio de Minería regresó a su antigua condición hasta que en 1843, una nueva modificación en la educación impulsada por el propio Santa Anna cambió su nombre a Instituto de Ciencias Naturales, e incorporó cursos de agrimensor, ensayador, apartador, beneficiador de metales, geógrafo y naturalista, siempre en relación con sus aplicaciones a la minería.¹⁰⁴

Así, ya entrada la cuarta década del siglo, todavía se mantiene un programa de estudios que no abordaba técnicas constructivas ni nada ligado al ferrocarril, tanto por el origen de los fondos proporcionados por los mineros para la manutención del Establecimiento como por la visión conservadora del gobierno de turno, que privilegiaba la importación a la creación de expertos locales. Ello empujó a los mexicanos interesados en estos temas a estudiar en el extranjero, prefiriendo muchos de ellos ir a Europa, en especial a Francia.¹⁰⁵

A pesar de la falta de profesionales, el gobierno santannista buscó revitalizar la construcción del Ferrocarril Mexicano, otorgando una concesión a José Garay para el tramo del Istmo de Tehuantepec, y obligando a Arrillaga a construir un ferrocarril entre Veracruz y el río San Juan.¹⁰⁶ Los equipos, los ingenieros, los mecánicos y los maquinistas vinieron del extranjero, fundamentalmente de Bélgica, pero la maquinaria con la que arribaron no

¹⁰³ Day, *op. cit.*, pp. 8 – 9.

¹⁰⁴ Isabel Bonilla Galindo, “Un ingeniero mexicano. La obra de Santiago Méndez”, en *Mirada Ferroviaria*, Tercera época, Núm. 7, 2009, México, p. 32.

¹⁰⁵ Edgar Omar Rodríguez Camarena, *Desarrollo de la carrera de ingeniería civil en México. Desde su creación hasta las primeras décadas del siglo XX*, Tesis de Ingeniería Civil, Asesora María de la Paz Ramos Lara, Facultad de Estudios Superiores (FES) Acatlán, UNAM, México, 2010, p. 18.

¹⁰⁶ *Colección de leyes, decretos, disposiciones, resoluciones y documentos importantes sobre caminos de fierro arreglada en el Archivo de la Secretaría de Fomento. Tomo I. Años de 1842 a 1870*, México, Imprenta de Francisco Díaz de León, 1882, pp. 13 – 21.

estaba bien construida ni conservada, a lo que se sumó una geografía y un clima muy distinto al que conocían en Europa.¹⁰⁷

La configuración del terreno siempre significó un problema para la adopción de los ferrocarriles en México, montañas, ríos y barrancas impedían seguir trayectos rectos, optándose por las desviaciones en lugar de efectuar trabajos para salvar estos obstáculos. Es debido a ello que la importación de técnicos experimentados no aseguraba un trabajo eficiente, pues las condiciones de construcción eran totalmente diferentes a las que estaban acostumbrados en sus países, y no sólo geográficas, ya que el escenario político por el que atravesaba la nación también era complejo. Estas situaciones contribuyeron para que los avances de los belgas fueran muy pobres, completando 13.12 kilómetros en ocho años.¹⁰⁸ De esta forma, se hacía evidente la necesidad de formar ingenieros conocedores de las particularidades locales, que pudieran adaptar la tecnología de una forma creativa, aclimatarla, pero la situación del Colegio de Minería no era la mejor debido a las crisis políticas y la inminente guerra con los Estados Unidos.

En diciembre de 1853, el Ferrocarril Mexicano pasó a ser administrado por el recién creado Ministerio de Fomento, que se convirtió en el espacio laboral para los jóvenes que habían estudiado una carrera ingenieril, logrando así que algunos mexicanos contribuyeran directamente en los proyectos gubernamentales de modernización del país.¹⁰⁹ En el caso de los ferrocarriles, los ingenieros locales se hicieron cargo de las inspecciones físicas de las vías, así como de supervisar el mantenimiento de las mismas, algunos, incluso, lograron trabajar en el Ferrocarril Mexicano en el trazado como veremos, pero en general fueron muy pocos los que participaron directamente en su construcción y operación en el siglo XIX.¹¹⁰

Entre 1854 y 1855 la Revolución de Ayutla se expandió por el país hasta llegar a establecer un gobierno liberal, del cual se desprendieron las Leyes de Reforma y la Constitución de 1857. Esto le da nuevos bríos a los ferrocarriles, que pasan a ser considerados de gran importancia ante las enormes carencias de infraestructuras de la

¹⁰⁷ Bühler, *op. cit.*, p. 80.

¹⁰⁸ *Colección de leyes...*, *op. cit.*, p. 10.

¹⁰⁹ Emma Yanes Rizo, *Vida y muerte de "Fidelita", la novia de Acámbaro: Una historia social de la tecnología de los años cuarenta: el caso de los Ferrocarriles Nacionales de México*, Tesis de Licenciatura en Historia, Asesor Juan José Saldaña, FFyL, UNAM, México, 1988, p. 75.

¹¹⁰ Luz Carregha Lamadrid, *¡Ahí viene el tren! Construcción de los ferrocarriles en San Luis Potosí durante el porfiriato*, México, El Centauro, 2014, pp. 87 – 88.

nación y la falta de integración geopolítica de la misma, así como por ser un claro signo de modernidad.¹¹¹ Debido a ello, la preparación de ingenieros que pudieran ejecutar dicha empresa se volvió urgente para el gobierno, alejándose así de la política conservadora previa. Como el Colegio de Minería seguía dependiendo del Tribunal, la responsabilidad recayó en la Academia de San Carlos, institución que formaba Arquitectos desde la época virreinal.

1.2 La Academia de San Carlos y la Escuela Especial de Ingenieros. Los primeros libros sobre ferrocarriles ocupados en México, 1857 – 1880.

El año de 1856 arriba al país el arquitecto italiano Javier Cavallari (1809 – 1896), caballero de la Orden Alberto de Sajonia, socio honorario del Instituto Real de Arquitectos Británicos, profesor de la Universidad de Palermo y director de la Academia de Milán, con la misión de organizar los estudios de Ingeniero Arquitecto en la Academia de San Carlos. Cavallari no perdió tiempo en cumplir su cometido, instaurando al año siguiente la carrera con un ambicioso plan de estudios, que pretendía cubrir las necesidades de infraestructura que presentaba el país. Así, durante seis años, los alumnos tenían que aprobar los cursos de geometría analítica, física, copia de monumentos, química, mecánica racional, composición, topografía, geología y mineralogía, estereotomía, dibujo de máquinas, teoría mecánica de las construcciones, construcciones prácticas y, en su último año, por primera vez dos materias ligadas directamente a la empresa ferroviaria, caminos comunes y de fierro y puentes y canales.¹¹²

Ésta última clase era dictada por el arquitecto mexicano Juan Cardona, quien abordó los principios generales del establecimiento de puentes de mampostería, madera y fierro, así como levadizos, de báscula, rodantes y giratorios. Para sus clases no recurrió a libros, confiando únicamente en sus apuntes, quizá ante la falta de obras que tomaran en cuenta las particularidades del territorio mexicano al tratar dichas construcciones. En tanto que la materia de caminos comunes y de fierro fue dada en un principio por el propio Cavallari, dedicándola al trazado y construcción de la subestructura, la superestructura, las obras de arte (puentes, viaductos, túneles), el establecimiento de la vía, los gastos de construcción,

¹¹¹ Manuel Siliceo, *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y comercio de la República Mexicana*, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1857, p. 19.

¹¹² *Id.*

las estaciones, talleres, máquinas locomotivas (diferentes sistemas) y vagones (diferentes clases, formas y sistemas), así como a su conservación.¹¹³

Para el curso, el italiano utilizó el *Traité Élémentaire des Chemins de Fer*,¹¹⁴ escrito por el alumno de la *École Polytechnique*, profesor de la *École Centrale des Arts et Manufactures* y administrador del Ferrocarril del Este de Francia, Auguste Perdonnet. Perdonnet había publicado en 1830 una de las primeras obras que apareció en Francia sobre ferrocarriles, *Mémoire sur les chemins à ornières de fer*,¹¹⁵ a lo que sumó, un año después, la apertura en la *Centrale* del primer curso sobre la construcción y equipamiento de este nuevo medio de transporte.¹¹⁶ Es así, que el ingeniero francés reunió tanto los conocimientos teóricos como prácticos en un libro pensando para ser leído por un público amplio, como apunta el mismo, y no para formar especialistas;¹¹⁷ por lo tanto, no entra en la categoría de libro de texto apuntada en la introducción.

Ese amplio grupo de lectores al que se refiere Perdonnet, era la diana a la que apuntaban estas obras, pues eran obras propagandísticas cuyo objetivo era promocionar la escuela que las financiaba, la Politécnica o la *Centrale* por lo general, y lo que se enseñaba ahí. Ello le daba prestigio a la institución en cuestión, la hacía conocida en el mundo y expandía la tecnología francesa. Sin embargo, esta propagación era limitada, pues el imperialismo económico de la época buscaba mantener mercados sin competidores; por lo tanto, el negocio de las metrópolis era recibir estudiantes extranjeros y formarlos como usuarios, promotores, consumidores de su tecnología, y no transmitir todo su conocimiento a la periferia. En París y otras ciudades europeas, si se aprendía a construir locomotoras y todo lo relacionado con la tecnología ferrocarrilera, pero claramente los libros que exportaban no tenían este fin.

Cavallari no tenía muchas opciones de donde elegir, además, él estaba vinculado a Francia en términos técnicos, al igual que los estudiantes mexicanos, que hemos visto habían sido instruidos con una mayoría de textos franceses desde la inauguración del Real

¹¹³ Luis Robles Pezuela, *Memoria presentada a S. M. el Emperador*, México, Imprenta de J. M. Andrade y F. Escalante, 1866, p. 328.

¹¹⁴ Auguste Perdonnet, *Traité Élémentaire des Chemins de Fer*, Paris, Langlois et Leclercq Éditeurs, 1858, 2 vols.

¹¹⁵ Léon Coste y Auguste Perdonnet, *Mémoire sur les chemins à ornières de fer*, Paris, Bachelier, Libraire, 1830, 200 pp.

¹¹⁶ Perdonnet, *op. cit.* Tome premier, 1858, p. i.

¹¹⁷ *Ibid.*, pp. ii – iii.

Seminario, por lo que era un idioma que dominaban y una ingeniería que conocían. A ello se le suma que los alumnos de San Carlos carecían de los conocimientos básicos sobre el tema ferrocarrilero, ante lo poco desarrollada de la industria en el país; y el libro de Perdonnet, aparte de ser escrito por una autoridad en la materia, proporcionaba información útil tanto para neófitos como para expertos.

En él encontramos nociones generales sobre la construcción de los ferrocarriles, los métodos más utilizados en el movimiento de tierras, las condiciones que deben cumplir las obras de arte, el método de construcción de las calzadas, los diferentes modelos de rieles, el diseño de estaciones, la descripción del material rodante, las locomotoras y los procesos de fabricación ferroviaria en Francia, Alemania, Bélgica e Inglaterra;¹¹⁸ apoyándose asimismo, en varias imágenes que revisaremos con detalle en el apartado siguiente.

Advertimos que es en San Carlos donde por primera vez se intenta profesionalizar la Ingeniería Civil en el país, y, dentro de ella, a los especialistas ferroviarios, aunque tal vez llamarlos así no sea del todo cierto aun, pues los estudios ligados a esta actividad se limitaban únicamente a un año de los seis que comprendía el programa, y, como acabamos de señalar, los libros eran muy generales, y no buscaban enseñar detalladamente la tecnología. Como sea, es la Academia la que incorpora por primera una publicación sobre técnica ferrocarrilera, la que se mantiene dentro del modelo de ingeniería que en este momento se asienta definitivamente en la enseñanza local, la ingeniería francesa.

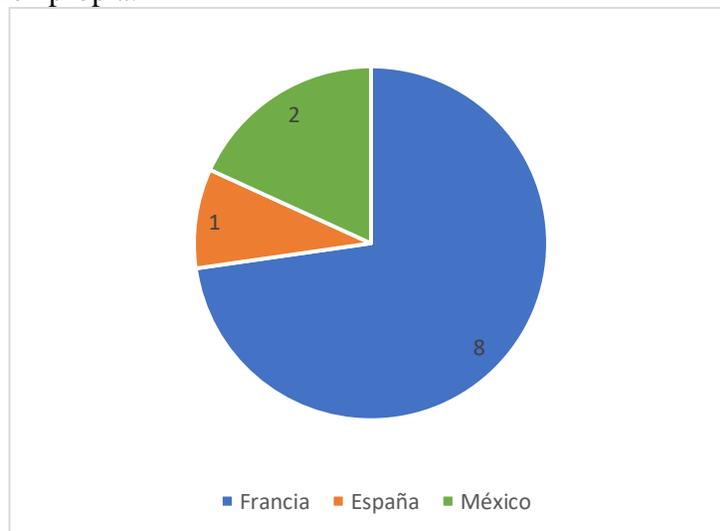
Esta influencia es clara al ver lo que ocurrió en el resto de las cátedras, manteniéndose en ellas la proporción que el Tercer Establecimiento había fijado en cuanto al origen de las obras solicitadas, pero en una menor cantidad que en 1833 (gráfica 2). Aquel descenso se debía a que muchos profesores impartían sus clases con base en sus propios apuntes: José María Rego en mecánica, Vicente Heredia en estereotomía o el ya señalado Juan Cardona en puentes y canales; ello, ante la carencia de libros que abordaran las temáticas de acuerdo a la realidad nacional y que fueran realizados expresamente para la enseñanza. Es así que solamente encontramos dos libros mexicanos en el plan de estudios de ingeniería civil, el *Curso Elemental de Matemáticas*¹¹⁹ de Joaquín Mier y Terán y Francisco de Chavero, y la

¹¹⁸ *Ibid.*, pp. vii – viii.

¹¹⁹ Joaquín Mier y Terán y Francisco M. de Chavero, *Curso Elemental de Matemáticas*, México, Imprenta de Andrade y Escalante, 1858, 2 vols.

*Introducción al Estudio de la Química*¹²⁰ de Leopoldo Río de la Loza, quien también era el profesor de la cátedra de química.

Fuente: Elaboración propia.¹²¹



Gráfica 2. Origen de los libros utilizados en la carrera de Ingeniería Civil y Arquitectura ofrecida en la Academia de San Carlos (1857).

Por su parte, el Colegio de Minería se mantiene en estos años ajeno al tema ferroviario, pero, al igual que ocurría en San Carlos, sigue siendo la ingeniería francesa la enseñada allí. De hecho, solo se utilizan tres escritos mexicanos, el *Curso Elemental de Geodesia*¹²² de Tomas Ramón del Moral, las *Noticias Geográficas y Estadísticas de la República Mexicana*¹²³ de Antonio García y Cubas, y el *Manual de Geología*¹²⁴ de Andrés Manuel del Río. Estos libros, así como aquellos utilizados en la Academia, se imprimían en prensas de particulares como la de J. M. Lara y la de Ignacio Cumplido, lo que evidenciaba que el Estado aun no desempeñaba un papel destacado en el desarrollo de textos didácticos en el país. Sin embargo, veremos como la proporción del origen de las obras irá cambiando ya

¹²⁰ Leopoldo Río de la Loza, *Introducción al Estudio de la Química. Conocimientos preliminares para facilitar el estudio de la ciencia*, segunda edición, México, Imprenta J. M. Lara, 1862, 96 pp.

¹²¹ Robles Pezuela, *op. cit.*, pp. 316 – 328. Ocupamos la Memoria de 1866 pues en la de 1857 y posteriores no aparecen los libros de texto solicitados, además, para 1866 el plan de estudios no había cambiado en la Academia.

¹²² Tomas Ramón del Moral, *Curso elemental de Geodesia, para uso de los alumnos del Colegio Nacional de Minería*, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1852, 240 pp.

¹²³ Antonio García y Cubas, *Noticias Geográficas y Estadísticas de la República Mexicana*, México, Imprenta de J. M. Lara, 1857, 27 pp.

¹²⁴ Andrés Manuel del Río, *Manual de Geología, extractado de la Lethaea Geognóstico de Bronn, con los animales y vegetales perdidos, o que ya no existen, más característicos de cada roca y con algunas aplicaciones a los criaderos de esta República*, México, Ignacio Cumplido, 1841, 66 pp.

para finales de la centuria, mas, en estos momentos, no hay contrapeso a la influencia de la *Polytechnique* y la *Centrale* en la capacitación de los profesionales mexicanos.

Mientras se esperaba que estos primeros pasos en la formación de ingenieros civiles dieran sus frutos, la construcción del ferrocarril a Veracruz seguía su lento avance, aunque había otros trayectos más cortos y con menos obstáculos naturales que crecían en diferentes partes del país. Un ejemplo de ello fue la concesión otorgada a los hermanos Mosso en 1855, quienes empezaron a construir una ruta entre la ciudad de México y la Villa de Guadalupe, inaugurada en 1857. Este trayecto fue el primero en no ocupar material belga, que ya se había comprobado padecía de muchos defectos, comprándose las locomotoras y los materiales de construcción en los Estados Unidos, y contratándose también un ingeniero de aquel país, Robert S. Gorsuch.¹²⁵

A raíz de este rezago el gobierno decidió traspasar la concesión de la vía a Veracruz a los hermanos Escandón, industriales del tabaco y los textiles, ya que estos también prefieren importar materiales, máquinas y profesionales norteamericanos. De esta manera, el ingeniero y topógrafo Andrew Talcott llegó al país con un equipo de 40 peritos en 1858, iniciando de inmediato el levantamiento topográfico de la ruta por Córdoba y Orizaba.¹²⁶

A pesar de la abrumadora mayoría de expertos norteamericanos, y la falta de profesionales en el país, es posible encontrar dos ingenieros mexicanos trabajando en este proyecto, quienes representan los dos caminos que había en ese momento para la capacitación. Por un lado tenemos a Santiago Méndez, ingeniero titulado en la *École Centrale des Arts et Manufactures* comisionado por el gobierno en 1856 para visitar los ferrocarriles de Francia, Inglaterra, Alemania y Austria, quedando a su regreso como segundo ingeniero bajo la dirección de Talcott;¹²⁷ mientras que, por otro lado, se halla Pascual Almazán, quien era abogado de profesión y, al parecer, ingeniero autodidacta,¹²⁸ cuyo proyecto para explorar la ruta de Jalapa y Perote quedó descartada al tener un mayor número de barrancas y un terreno extremadamente duro.¹²⁹

Junto a estos nuevos bríos que recibe la industria ferrocarrilera bajo los gobiernos liberales, comienza una divergencia entre los estudios ligados al ferrocarril y la tecnología

¹²⁵ Bühler, *op. cit.*, p. 80.

¹²⁶ Aguayo Hernández, *op. cit.*, 2003, p. 143.

¹²⁷ Yanes, *op. cit.*, 1998, p. 62.

¹²⁸ No encontramos ninguna referencia a su formación.

¹²⁹ Bühler, *op. cit.*, p. 81.

que se ocupaba en su construcción, pues el modelo francés impuesto en San Carlos se alejaba de una ingeniería estadounidense más pragmática que teórica. Si bien el libro de Perdonnet daba ejemplos sobre la tecnología ferroviaria norteamericana y de otras latitudes, sólo eran pequeñas menciones, a diferencia de la cantidad de imágenes y explicaciones con que se abordaban los caminos de fierro franceses. Asimismo, los alumnos no contaban con máquinas para practicar en la Academia y, veremos más adelante, realizar sus ejercicios prácticos también resultaba complicado. Esta situación dificultó que los ingenieros que se titularon de San Carlos, y los que lo hicieron en la futura Escuela de Ingenieros, encontraran trabajo en las compañías ferrocarrileras extranjeras instaladas en México.

Por su parte, es digno de destacar que los trabajadores prácticos del ferrocarril si lograron construir una locomotora nacional, justo por aquellos años que recién se empezaban a formar los primeros ingenieros en San Carlos, aunque fue un norteamericano sin título conocido el que lideró la empresa. En efecto, Jorge Luis Hammeken, de origen estadounidense, llegó a México en 1850; se hace primero de una fábrica de papel, y en 1856 el gobierno le autorizó a construir unos rieles de madera a la villa de Tacubaya, instalando ese mismo año en la ciudad de México un lugar de fundición y maquinaria. Así, en 1858 se inauguró el Ferrocarril de Tacubaya, junto a la hasta ahora considerada primera locomotora mexicana. Esta fue revisada por sus paisanos, los ingenieros Robert Gorsuch y Federico Kummell, quienes autorizaron el uso de la máquina en la nueva línea.¹³⁰ Vemos así que había trabajadores y herramientas para construir una locomotora en el país, al menos una correspondiente a la tecnología de las primeras hechas en Europa, si esto lo hicieron luego los ingenieros egresados de San Carlos lo iremos viendo en el trabajo.

El 18 de febrero de 1861, Juárez decretó la creación del Ministerio de Justicia e Instrucción Pública, que el 6 de abril siguiente se convirtió en la Secretaría de Justicia, Fomento e Instrucción Pública. Una vez más el Estado asumió la responsabilidad educativa, estableciendo una escuela de enseñanza preparatoria necesaria para ingresar a las escuelas especiales o profesionales, excepto para la carrera de agronomía, y suprimiendo la Universidad por ofrecer estudios generales y desactualizados. Las cátedras se obtendrían por oposición, y los profesores tendrían la obligación de escribir cada año una memoria que contuviera los adelantos de su ciencia. No obstante, este proyecto se vio truncado por las

¹³⁰ Yanes, *op. cit.*, 1998, pp. 76 – 77.

dificultades económicas del gobierno, que derivaron en la suspensión de pagos de deuda y la intervención militar francesa.¹³¹

Durante la ocupación gala, en 1863 para ser precisos, el Colegio de Minería se transformó en la Escuela Imperial de Minas, manteniéndose el plan de estudios aunque con algunos agregados como las clases de conchología, paleontología, y mecánica industrial. En todas ellas se utilizaron nuevos textos franceses.¹³² En tanto, la Academia de San Carlos también sumó el calificativo de Imperial a su nombre y experimentó algunos cambios, principalmente en su planta docente, aunque los planes de estudio permanecieron igual. En el caso de las cátedras dedicadas a la empresa ferroviaria ingresó Francisco de Garay en puentes y canales, ingeniero titulado en la *École des Ponts et Chaussées*, y Eleuterio Méndez en caminos comunes y de fierro, hermano de Santiago y graduado el año anterior con Cavallari como maestro. Así, sin contar todavía con experiencia práctica, Méndez reemplazó al arquitecto italiano, quien salió del país al negarse a firmar un documento presentado por Juárez contra la intervención francesa.¹³³

Bajo Maximiliano, la construcción del ferrocarril a Veracruz se vinculó a la Compañía Imperial Mexicana por Antonio Escandón, quien quedó como único dueño de la concesión a la muerte de su hermano Manuel. En febrero de 1865 empezaron los trabajos en las Cumbres de Maltrata, momento en que reapareció Pascual Almazán en la construcción de la línea, y, más importante para nosotros, con un tratado para la formación de los ingenieros locales.¹³⁴ El libro en cuestión llevó por nombre *Tratado sobre caminos comunes, ferrocarriles y canales*,¹³⁵ publicándose en 1865 con la venia del emperador y de los

¹³¹ Saldaña, *op. cit.*, Tomo II, 2010, pp. 24 – 25.

¹³² Para Conchología: J. C. Chenu, *Manuel de Conchyliologie et de Paleontologie Conchyliologique*, Paris, Librairie Victor Masson, 1859, 2 vols.; para Paleontología: Alcide D'Orbigny, *Cours Élémentaire de Paléontologie et de Géologie Stratigraphiques*, Paris, Victor Mason, 1850, 3 vols.; para Mecánica: J. Jariez, *Cours Élémentaire de Mécanique Industrielle, a l'usage des élèves des Écoles Royales D'Arts et Métiers*, Paris, Librairie Scientifique et Industrielle, 1847, 2 vols.

¹³³ Hugo Rivera y Juan José Saldaña, “La ‘milicia del progreso’. Arte y técnica en la enseñanza moderna de la arquitectura en México (1857 – 1867)”, en Juan José Saldaña (coord.), *La casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*, México, FFyL : Dirección General de Asuntos del Personal Académico : UNAM, p. 92.

¹³⁴ José N. Iturriaga, *Litografía y grabado en el México del XIX*, México, Grupo Financiero Inbursa, S. A. de C. V, 1993, p. 227.

¹³⁵ Pascual Almazán, *Tratado sobre caminos comunes, ferrocarriles y canales*, México, Imprenta Literaria, 1865, 2 vols.

ingenieros del Ministerio de Fomento, que lo revisaron para su uso en el curso de caminos comunes y de fierro de la Academia de San Carlos.¹³⁶

El *Tratado...* es un trabajo de coordinación, selección y simplificación, como dice el mismo autor: "...en vez de transcribir el largo desarrollo de un cálculo, y de presentar fórmulas complicadas, he buscado las de una resolución más pronta y fácil..."¹³⁷ Con dicha filosofía se abordaron temas como la determinación de las líneas, el trazo y construcción de la vía, la dirección material de la obra, los puentes de mampostería, madera, fierro y suspendidos, viaductos, túneles, locomotoras y sus motores, superestructura, vagones, costos, explotación del ferrocarril y del telégrafo; aunque, lamentablemente, sin hacer uso de imágenes, como veremos al final del capítulo.

A pesar de esta carencia, el *Tratado...* era un paso importante en la preparación de ingenieros locales conocedores de la empresa ferroviaria, nada menos que el primer libro de texto sobre el tema en el país, pero en el plan de estudios del año 1866¹³⁸ no fue incluido por el profesor Eleuterio Méndez, quien iniciaba su cuarto año como profesional. Como vimos, Méndez se tituló en el mismo San Carlos, por lo que es entendible que en sus cursos mantuviera los textos con los que había aprendido, pero es extraño que no adoptara un libro escrito expresamente para sus alumnos. Ello nos lleva a pensar que quizá la reciente aparición del *Tratado* no le dio oportunidad de preparar sus clases con base en este libro.

Después del retiro de las tropas francesas, el fusilamiento del emperador y la restauración de la República por Benito Juárez en 1867, se inició el despegue de la ingeniería mexicana gracias a la Ley Orgánica de Instrucción Pública decretada ese año. Esta ley organizó la educación desde la primaria (gratuita y obligatoria), hasta las más altas instituciones científicas profesionales bajo los principios del positivismo. El Colegio de Minería se transformó en la Escuela Especial de Ingenieros, y, finalmente, se creó la carrera de Ingeniería Civil en la institución. Con ello se dio un gran paso en la preparación técnica de los mexicanos, que se esperaba emprendieran las obras destinadas al desarrollo de la nación.¹³⁹

¹³⁶ Aguayo Hernández, *op. cit.*, 1994, p. 79.

¹³⁷ Almazán, *op. cit.*, primer tomo, p. i.

¹³⁸ Robles Pezuela, *op. cit.*, p. 313.

¹³⁹ Carlos Martín del Castillo (ed.), *La construcción de un país. Historia de la ingeniería civil mexicana*, Colegio de Ingenieros Civiles de México : IPN, 2007, pp. 95 – 99.

Los estudios para ingeniero civil que se ofrecían en la nueva Escuela de Ingenieros duraban sólo cuatro años, pues buscando acelerar la titulación de los estudiantes se retiraron algunas materias como la química, que se daba en la Escuela de Medicina. Se estudiaría geometría analítica, álgebra superior, cálculo infinitesimal, geometría descriptiva, topografía, hidráulica, dibujo topográfico, mecánica analítica y aplicada, conocimiento de los materiales de construcción y de los terrenos, estereotomía, dibujo arquitectónico, mecánica de las construcciones, carpintería de edificios, caminos comunes y ferrocarriles, composición, puentes, canales y obras en los puertos e historia de la arquitectura.¹⁴⁰

Eleuterio Méndez y Francisco de Garay continuaron como profesores de los mismos cursos que en San Carlos, los que apreciamos cambian sus nombres pero conservan sus contenidos y textos, o la falta de ellos. En esta ocasión, Méndez sumó al trabajo de Perdonnet el de Pascual Almazán, debido a la creciente necesidad de profesionales familiarizados con las circunstancias mexicanas, y los pobres avances de los especialistas belgas.¹⁴¹ Empero, no hubo una reestructuración de la carrera con el cambio de institución, trasladándose el modelo francés sin oposición alguna, ya que era parte de la filosofía positivista que adoptaron los gobiernos liberales, principalmente con Juárez. Ésta se inclinaba preferentemente hacia una educación centrada más en las ciencias puras que las aplicadas, lo cual podemos ver en todos los establecimientos estatales de la época, como la Escuela Nacional Preparatoria, la Escuela de Agricultura y la Escuela de Artes y Oficios.¹⁴²

Sin embargo, Juárez comprendió la necesidad de la práctica en el caso de las ingenierías, por lo que, a finales de 1867, emitió un decreto obligando a las compañías ferroviarias a recibir alumnos practicantes de las escuelas nacionales que aspiraban al título de ingenieros civiles. Dicha prerrogativa no cayó del todo bien entre los ingenieros extranjeros que dirigían las obras de construcción del ferrocarril a Veracruz, quienes pusieron trabas a los estudiantes que llegaron a las obras, provocando las quejas de éstos a la dirección de la

¹⁴⁰ Ramos Lara, *op. cit.*, 2012, p. 76.

¹⁴¹ Oficias y minutas en que Antonio del Castillo, director de la Escuela Especial de Ingenieros solicita al Ministro de Justicia e Instrucción Pública, proporcione a la Escuela 100 ejemplares de la obra *Caminos comunes, ferrocarriles y canales*, de Pascual Almazán, para utilizarla como texto en la clase de Ingeniería Civil, solicitud que es atendida, 26 de enero – 4 de marzo 1877. Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México : Escuela Nacional de Ingenieros (AHUNAM : ENI), caja 17, exp. 1, f. 1.

¹⁴² Saldaña, *op. cit.*, Tomo II, 2010, p. 55.

Escuela.¹⁴³ De todas formas, hubo alumnos que pudieron completar sus prácticas en pequeños trazos que se construían a lo largo del país,¹⁴⁴ pero la oposición que encontraron por parte de las compañías y de los trabajadores foráneos, junto a lo excesivamente teórica que fue su formación, no les hizo fácil integrarse a la construcción ferroviaria de la época.

De hecho, los ingenieros nacionales que participaron en las obras del Ferrocarril Mexicano como Santiago Méndez y Pascual Almazán, no habían sido capacitados en las instituciones locales, manteniéndose además en un segundo plano dentro de la empresa. Así, cuando Talcott tuvo que regresar a Nueva York el 23 de febrero de 1867, en vez de ascender a Méndez se trajo al ingeniero escocés William Cross Buchanan. Bajo su dirección se inauguró el 1 de junio de 1869 el tramo Apizaco – Santa Ana Chiautempan; el de Veracruz a Atoyac en 1870; y el de Atoyac a Fortín de las Flores en diciembre de 1871. Muerto Juárez, fue el presidente Sebastián Lerdo de Tejada quien inauguró la línea el 1° de enero de 1873.¹⁴⁵ Finalmente, luego de 36 años se terminó el recorrido de 423.7 km, superando no sólo dificultades económicas, políticas y sociales, sino que sobre todo enormes problemas topográficos, técnicos y de ingeniería civil.¹⁴⁶

Las locomotoras, material rodante y rieles de la compañía procedían de países diversos, la mayoría venía de Inglaterra, pero también había de Bélgica, Francia y Estados Unidos, dándose una transferencia tecnológica heterogénea entre los trabajadores prácticos mexicanos.¹⁴⁷ Sin embargo, vimos que tanto en San Carlos como en la Escuela de Ingenieros fuera de la tecnología francesa, de baja presencia en el país, los estudiantes no adquirieron los conocimientos de otra tecnología ferrocarrilera, y nada o muy poco sobre la que realmente se hallaba en el país. De esta forma, la recepción y adaptación involucrada en el proceso de transferencia tecnológica de un país desarrollado a una nación “receptora”,

¹⁴³ Oficios, minutas y presupuestos mediante los que Blas Balcárcel, director de la Escuela Especial de Ingenieros, solicita a José María Iglesias, Ministro de Justicia e Instrucción Pública, que las prácticas parciales de los alumnos se efectúen en el desagüe del Valle de México, 4 de octubre 1870 – 3 de agosto 1871. *AHUNAM : ENI*, caja 13, exp. 1, f. 30.

¹⁴⁴ Minuta enviada por el señor Mariscal, del Ministro de Justicia e Instrucción Pública, al Vicepresidente de la Junta directiva de Instrucción Pública, en la que le solicita se expidan títulos de Ingeniero Civil y Arquitecto a los alumnos Guerrero, Aguado y Mendoza, 1868. *AHUNAM : ENI*, caja 27, exp. 1, f. 2.; Oficios en que R. Álvarez, de la Junta Directiva de Instrucción Pública, solicita al Ministerio de Hacienda, por conducto del Ministerio de Instrucción Pública, se abone a varios alumnos de la Escuela una cantidad mensual para que efectúen sus prácticas, 18 de enero 1874 – 6 de junio 1875. *AHUNAM : ENI*, caja 9, exp. 2, f. 9.

¹⁴⁵ Antonio García Cuba, *Álbum del ferrocarril mexicano*, México, Establecimiento Litográfico de Víctor Debray y Cia, Editores, 1877, p. 9.

¹⁴⁶ Bühler, *op. cit.*, p. 78.

¹⁴⁷ Yanes, *op. cit.*, 1998, p. 81.

no se dio en estos primeros años entre los ingenieros locales, a diferencia de lo que ocurrió con los trabajadores prácticos, que siguieron su propio camino como vimos en el caso de la locomotora de Hammeken.

La revolución de Tuxtepec y la llegada de Porfirio Díaz al poder, significó una política económica de plena apertura a las inversiones extranjeras en sectores como los ferrocarriles, minería, agricultura de exportación, obras públicas, etc. Díaz estaba convencido que era del exterior de donde provendrían los mejores elementos para la modernización y el progreso,¹⁴⁸ lo que para la empresa ferroviaria representó un completo viraje hacia los Estados Unidos. Ello se debió principalmente al afán de Díaz por obtener el reconocimiento de su gobierno por parte del país vecino, el cual fue supeditado por los norteamericanos a la solución de varios reclamos de sus ciudadanos, aunque en realidad buscaban obtener concesiones que beneficiaran la entrada de los productos estadounidenses al mercado mexicano. La economía del gigante del norte había experimentado un crecimiento considerable luego de su guerra civil, por lo que exportar a México, e importar materias primas del mismo, le era indispensable para seguir creciendo.¹⁴⁹

Es así que se proporcionó a los inversionistas extranjeros todas las facilidades para realizar sus negocios en el país, garantizándoles la seguridad que ofrecía el nuevo Estado porfirista. Fue en este contexto que se formaron diferentes consorcios de capitalistas estadounidenses dispuestos a invertir en la construcción de líneas férreas, esperando conectar la capital mexicana y las zonas mineras con varios puntos de la frontera norte. Estos trust transformaron el transporte en la nación, pero, al mismo tiempo, implicaron un alto costo para la hacienda mexicana, encargada por contrato a cubrir la mitad de los costos de la operación. No obstante, los ferrocarriles provocaron un cambio drástico en la economía, conectando los mercados locales con el resto del país y del mundo.¹⁵⁰

A pesar de esta política de puertas abiertas a la tecnología y los profesionales foráneos, Díaz promovió el ingreso de estudiantes a la Escuela de Ingenieros facilitando económicamente sus estudios, con la esperanza de formar los cuadros que en un futuro

¹⁴⁸ Saldaña y Rojas Herrera, *op. cit.*, p. 120.

¹⁴⁹ Saldaña, *op. cit.*, Tomo II, 2010, pp. 63 – 64.

¹⁵⁰ Marcela Valdívieso Cruz, *El Ferrocarril Nacional de Tehuantepec: actores y factores 1890 – 1914*, Tesis de Licenciatura en Historia, Asesor José Galindo Rodríguez, Facultad de Historia, Universidad Veracruzana, Xalapa, 2015, p. 50.

tomaran en sus propias manos el desarrollo de México.¹⁵¹ Empero, la institución contaba con muy pocos estudiantes, ante lo que su director Antonio del Castillo, quien también era profesor de mineralogía y química y titulado de ingeniero de minas en la misma Escuela, propuso una reforma al plan de estudios aprobada por el Congreso en 1876.¹⁵²

Este plan mantuvo los cursos relacionados con el ferrocarril, caminos comunes y ferrocarriles y puentes, canales y obras en los puertos, con los mismos profesores pero con cambios en sus programas y textos. Esto lo pudimos constatar al examinar los contenidos de la clase de Eleuterio Méndez,¹⁵³ que tuvo un incremento notable en la profundidad con que se trataban los diversos aspectos de la empresa ferroviaria, en desmedro de los caminos comunes. El curso iniciaba con una introducción válida para ambos temas, definiendo las vías de comunicación, sus características, capacidades, trazados y problemas de construcción; continuando con todo aquello referente a la tecnología ferrocarrilera. Aquí encontramos clasificaciones y trazados propios de los caminos de fierro, así como los trabajos de vía, superestructura, balast, rieles, durmientes, señales, estaciones, máquinas de vapor, locomotoras y material rodante.¹⁵⁴

Para ilustrar el programa propuesto Méndez siguió confiando en Perdonnet, aunque esta vez solicitó otros trabajos del ingeniero francés. Uno de ellos fue el *Portefeuille de L'ingenieur*,¹⁵⁵ obra previa al *Traité...* pero compuesta por cinco volúmenes, y *Les chemins de fer*,¹⁵⁶ un libro pequeño de publicación reciente abocado nada más que a la historia del medio de transporte. El *Portefeuille* fue uno de los primeros textos que trató en extenso la construcción y equipamiento de los ferrocarriles en el mundo, conformando una recopilación de dibujos, documentos y especificaciones que contenían "...muy pocas consideraciones teóricas, pero muchos hechos, muchos números, que más adelante pueden

¹⁵¹ Mílada Bazant, "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el Porfiriato", en *Historia Mexicana*, Vol. 33, Núm. 3, enero – marzo 1984, México, p. 257.

¹⁵² *Ibid.*, p. 256.

¹⁵³ Lamentablemente no encontramos el programa de la clase de Puentes, canales y obras en los puertos de este plan de estudios.

¹⁵⁴ Oficios, programas y minutas en que Antonio del Castillo, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, informa y remite al Ministro de Fomento los diferentes programas de estudios de los cursos que se imparten en esa Escuela y en la Escuela Práctica de Minas en Pachuca, 14 de enero – 13 de noviembre 1882. *AHUNAM : ENI*, caja 19, exp. 5, f. 22 – 23. No encontramos el programa del curso del año 1877, por ello ocupamos este de 1882, el primero que hallamos después de la reforma.

¹⁵⁵ Auguste Perdonnet y Camille Polonceau, *Portefeuille de L'ingénieur des chemins de fer*, Paris, Librairie Scientifique-Industrielle, 1843 – 1846, 5 vols.

¹⁵⁶ Auguste Perdonnet, *Les chemins de fer*, Paris, Librairie de L. Hachette et Cie, 1866, 72 pp.

servir de base para la teoría.”¹⁵⁷ En sus cinco volúmenes consideró el movimiento de tierra, la construcción de calzadas, rieles y rodamientos, la colocación y mantenimiento de la vía, vagones y estaciones, los reglamentos de diversas líneas férreas, así como notas sobre numerosas partes del ferrocarril escritas por ingenieros belgas, franceses, norteamericanos e ingleses, a lo cual sumó un Atlas.

Asimismo, también fue requerido por Méndez el *Traité pratique de L’entretien et de L’exploitation des chemins de fer*¹⁵⁸ de Charles Goschler, alumno de la *École Centrale des Arts et Manufactures* e ingeniero principal de los Ferrocarriles del Este. A lo largo de sus también cinco volúmenes desarrolló principalmente lo concerniente al mantenimiento y operación de la empresa ferrocarrilera, sin dejar fuera el estudio y construcción de las líneas, reuniendo además las reglas que regían la organización y el funcionamiento de los servicios.¹⁵⁹

Por otro lado, también podemos nombrar el libro de Armengaud, *Traité theorique et pratique des moteurs a vapeur*,¹⁶⁰ utilizado en las clases de mecánica que llevaban los ingenieros civiles y mecánicos. Aquí, al igual que en los otros libros, se intentó reducir en la medida de lo posible los cálculos áridos a operaciones simples de aritmética para exponer la teoría del vapor, simplificándola aún más con tablas y gráficos que demostraban sus propiedades físicas y mecánicas. De acuerdo a esta posición se explican los principios generales de la máquina de vapor, los diversos órganos que la constituyen, su relación, el juego de su mecanismo y las reglas que permitían calcular su poder, tratando específicamente a las locomotoras.¹⁶¹

Vemos así, que estas obras trataban de simplificar la teoría para ponerla de una manera más eficiente al alcance del lector, procurando complementar ello con el uso de imágenes, como veremos en el tercer apartado; pero también, esta síntesis encuentra explicación en el tono más general y divulgativo de estos libros, que además carecían de aquello que tenía el

¹⁵⁷ Perdonnet y Polonceau, *op. cit.*, *Tome premier*, 1843, p. i.

¹⁵⁸ Charles Goschler, *Traité pratique de L’entretien et de L’exploitation des chemins de fer*, deuxième édition, Paris, Librairie Polytechnique J. Baudry, Libraire – Éditeur, 5 vols.

¹⁵⁹ Goschler, *op. cit.*, *Tome premier*, p. v.

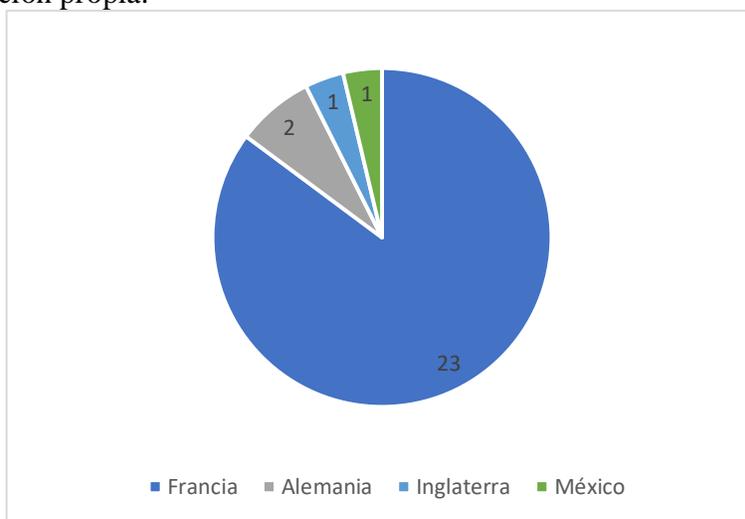
¹⁶⁰ Armengaud, *Traité Théorique et Pratique des Moteurs a Vapeur comprenant les notions préliminaires de physique et de mécanique appliquées a l’étude de la vapeur d’eau*, Paris, A. Morel et Cie, Libraires, 1862, 2 vols.

¹⁶¹ *Ibid.*, pp. v – vi.

trabajo de Almazán, un vínculo con la realidad mexicana y la dedicación expresa para la enseñanza.

La falta de publicaciones nacionales dedicadas a la enseñanza era un problema añejo, el cual parecía no importarle demasiado solucionar al gobierno porfirista. En efecto, en el año 1877, la Escuela de Ingenieros pidió al Ministerio de Instrucción Pública el dinero para imprimir los libros realizados por José M. Cesar y Francisco Chavero, *Docimasia y metalurgia práctica* y *Teoría mecánica de las construcciones*, pero el apoyo monetario no llegó y dichos textos nunca vieron la luz.¹⁶² Acorde a ello, cuando vemos la gráfica 3 advertimos que la renovación de la Escuela de Ingenieros impulsada por Antonio del Castillo no cambió el dominio abrumante del modelo francés, ubicándose sólo un par de textos alemanes en la química y las construcciones civiles, y uno inglés en la metalurgia, mientras que el único libro mexicano era el *Tratado...* de Pascual Almazán.

Fuente: Elaboración propia.¹⁶³



Gráfica 3. Origen de los libros utilizados en la Escuela Especial de Ingenieros (1877)

Es notable que los alumnos debían estudiar más de diez volúmenes diferentes ligados a la tecnología ferroviaria, todos ellos durante el año que duraba el curso, evidenciando una preocupación exagerada por la teoría, pero también una necesidad de suplir la falta de

¹⁶² Oficias y minutas en que Antonio del Castillo, director de la Escuela Especial de Ingenieros solicita al Ministro de Justicia e Instrucción Pública que, una vez aprobados por esa Secretaría los presupuestos de impresión de los textos escritos por algunos profesores de esa Escuela, se procederá a imprimirlos apenas se reciban los fondos de la Secretaría de Hacienda, 6 de diciembre 1877 – 19 de julio 1878. *AHUNAM : ENI*, caja 23, exp. 1, f. 5.

¹⁶³ Lista de obras de estudio que se necesitan y han de encargarse a Europa, 1877. *AHUNAM : ENI*, caja 13, exp. 15, f. 91.

medios para realizar prácticas. La Escuela no contaba con máquinas donde los estudiantes pudieran manipular por ellos mismos lo que les señalaban los escritos y los profesores con palabras e imágenes,¹⁶⁴ y, como hemos visto, realizar la práctica en las compañías ferroviarias dirigidas por ingenieros extranjeros era difícil y vejatorio en algunos casos.

La experiencia que Méndez acumulaba en diversas líneas férreas del país para estos años, puede ser un factor que explique su extensa continuidad como profesor de la Escuela de Ingenieros, sin embargo, era claro, que no había logrado transmitir esa experiencia en el aula. Si bien el problema del recelo extranjero con los ingenieros locales era cierto, hemos visto que la formación de éstos no estaba en completa concordancia con la tecnología ocupada en la construcción de vías y en la mayoría de locomotoras y vagones utilizados. Al ser de Garay y Méndez ingenieros formados en el teoricismo francés, no abandonaron ese camino en el que fueron instruidos y, aunque desde el gobierno y la dirección de la Escuela se pregonaba la importancia de la práctica, ésta se siguió confiando a lo que pudieran hacer los alumnos en sus meses de prácticas en las empresas privadas, sin realizarse una verdadera reforma que cambiara el modelo de educación.

De todas formas, es posible apreciar que la enseñanza del tema ferrocarrilero en la Escuela de Ingenieros tenía por objetivo entregar nada más que un conocimiento general sobre la tecnología ferroviaria, darles una pincelada a los alumnos de las diversas áreas que componen la empresa, pero no capacitarlos para poder sacarla adelante por sí mismos. Al sólo durar un año los cursos relativos al tema era difícil crear verdaderos expertos, más con los problemas ya apuntados de la Escuela y las prácticas.

Junto con ello, al ser asumida la construcción del Ferrocarril Mexicano por la industria inglesa, belga y estadounidense en vez de la nacional, se inició una dependencia tecnológica, de Europa mayormente, en el ramo ferrocarrilero local. En el próximo capítulo, veremos si esto cambió con la aparición de las compañías ferrocarrileras norteamericanas en la década de los ochenta, y si estas nuevas vías férreas construidas con una tecnología diferente a la francesa influyeron en la enseñanza dada en la Escuela.

¹⁶⁴ Escamilla González, *op. cit.*, pp. 410 – 411.

1.3 La cultura visual en la enseñanza de los ingenieros mexicanos. Representaciones de la tecnología ferroviaria en los libros utilizados para su capacitación.

En este apartado, tal como lo hemos recordado durante el capítulo, nos dedicaremos a examinar las ilustraciones incluidas en los libros de los cursos vinculados a la tecnología ferrocarrilera. Empero, iniciaremos con aquellas figuras empleadas por los escritos requeridos en el Real Seminario de Minería y el Tercer Establecimiento, que nos servirán de punto de comparación al centrarnos en la cultura visual técnica de los libros directamente relacionados con nuestro tema.

Como señalamos en la introducción, las representaciones de la tecnología formaron parte de la didáctica gracias a las bases del dibujo técnico: la esquematización, la generación de una simbología propia y el desarrollo de esquemas y gráficos. Este lenguaje artificial no figurativo, que abrevia la realidad y profundiza en los aspectos más valiosos que se quiere transmitir, nos permite clasificar y crear nuevos mundos. En efecto, el dibujo técnico simultáneamente representa, interpreta y construye una realidad técnica; y mediante el proceso de semiosis, se produce una dinámica concreta de los signos en un contexto social y cultural dado.¹⁶⁵

La publicación que inició la empresa de la instrucción gráfica fue la *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, lanzada en 1751 por Denis Diderot y Jean-Baptiste le Rond D'Alembert. Esta obra se realizó con la ayuda de cerca de 180 sabios de todas las disciplinas, quienes pretendían asentar los conocimientos de la época en diecisiete volúmenes de texto y once volúmenes de imágenes, compuestos nada menos que por 3,135 grabados. Estas ilustraciones se ubicaban en toda la superficie de una página, lo que se conoce como fuera de texto o *tableau* por los impresores, exhibiendo descripciones de objetos, procedimientos descompuestos en distintas fases y diversas secciones que formaban un montaje visual a modo de manual de instrucciones.

Dichas características, podemos apreciarlas en los casos del instrumento astronómico y la cristalería de madera de las imágenes 1 y 2 respectivamente. Esta técnica, basada en disponer numerosas imágenes en un *tableau*, crea una cierta estructura de argumentación acorde a la forma en que se disponen, lo cual respondía a una tradición científica o de

¹⁶⁵ Zeccheto, *op. cit.*, p. 10.

imagen técnica – científica de las enciclopedias y diccionarios de todo el siglo XVIII en Inglaterra y Francia, donde el estilo realista, el símbolo y el ícono aparecían juntos, diferenciándose los componentes de la ilustración mediante letras y números.¹⁶⁶

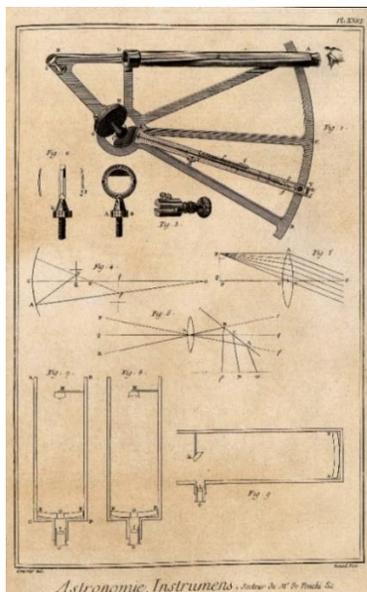


Imagen 1

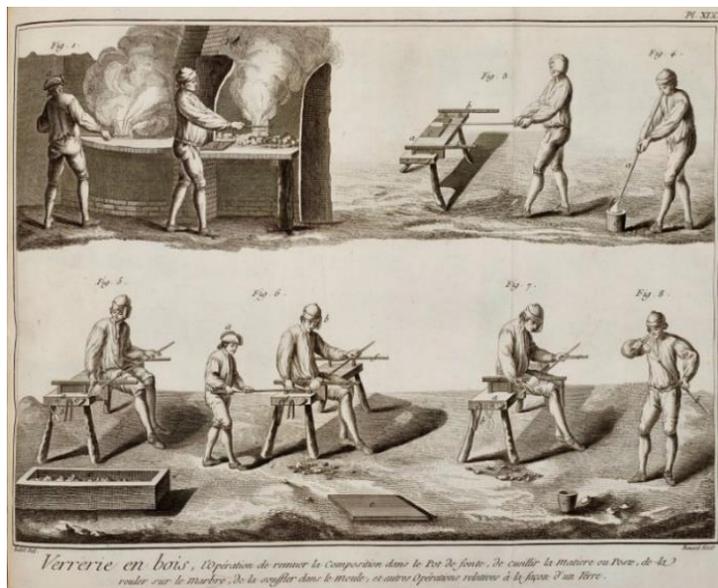


Imagen 2

En esta época formativa de una cultura visual técnica advertimos que, entre los signos, son los símbolos y los íconos los utilizados principalmente en la *Encyclopedie...* Todas las imágenes son signos, como explicamos al inicio del trabajo, pues todas están en lugar de algo para alguien, comunicando un mensaje en base a una estructura triádica: el representamen (lo que está en lugar de); el objeto (aquello por lo que se está); y el intérprete (que concibe la relación entre ambos). De esta manera, los íconos y símbolos son tipos de signos, refiriéndose los segundos a aquellos que mantienen una relación de convención con su referente, como la paloma de la paz, mientras que el ícono es una representación que se divide en tres tipos: la imagen, el diagrama y la metáfora.

La imagen se refiere a los íconos que retoman las cualidades formales de sus referentes, dibujos, fotografías, pinturas figurativas, etc., para un mejor reconocimiento por parte del intérprete. El diagrama es una representación visual de un concepto, idea, evento, situación o proceso, como el plano de un motor que representa la interacción de las distintas

¹⁶⁶ Francis D. Klingender, *Arte y revolución industrial*, Madrid, Ediciones Cátedra S. A., 1983, p. 107.

piezas.¹⁶⁷ En tanto, la metáfora en la ciencia y la técnica incluye todas las representaciones previas a la realización de algo, como el plano de una casa. Para construir hay que pasar de la metáfora a la realidad, este es el trabajo del ingeniero, adaptar, modificar, incluso hacer otro plano, otra cosa. Asimismo, también se considera la metáfora en su acepción literaria por los especialistas, la vía láctea no es ni una vía ni es láctea, pero es una metáfora aceptada por los astrónomos. La lectura e interpretación de estos signos depende de las características socioculturales del espectador, así como del entrenamiento que haya recibido para descifrar los códigos presentes en los íconos y símbolos que busque aprehender.

La aparición de la *Encyclopédie*... significó un parteaguas en el tratamiento y la intención de las imágenes que ilustran los libros científicos y técnicos, adoptando éstas una clara intención didáctica y demostrativa de lo que se está diciendo con las palabras. Los dibujos formaban parte integral de esta nueva empresa educativa, destinada, entre otras cosas, a desterrar el secreto de las tradiciones artesanas y demostrar la importancia para el público del comercio y la industria. Durante el siglo XIX, libros de este tipo fueron estando paulatinamente al alcance de los lectores de Europa occidental y América, consiguiendo la mayor revolución del pensamiento práctico y de su aplicación que se haya conocido.¹⁶⁸

Decíamos en el primer apartado, que en 1792 se fundó el Real Seminario de Minería en la Nueva España, cuyos profesores dispusieron de obras impresas en el país para la mayoría de sus cátedras, ya fuera traducidas o escritas por ellos mismos. Todas eran publicaciones contemporáneas, siendo la más antigua *L'Art des expériences, ou avis aux amateurs de la physique* de Nollet, primer catedrático de física experimental de Francia, que apareció en 1770. Así, los autores de estos libros se desarrollaron al alero de lo hecho por Diderot y D'Alembert, siguiendo su ejemplo al incorporar ilustraciones; no obstante, como ya apuntamos, estos trabajos no estaban escritos expresamente para la enseñanza, pero las traducciones realizadas por profesores del Seminario si se hicieron con ello en mente.

De los siete libros solicitados por las distintas cátedras tres contaban con dibujos, uno de ellos era el texto *Elementos de aritmética, álgebra y geometría*¹⁶⁹ del español Juan Justo García, aparecido en Europa en 1782 y que dispone de ocho *tableaux*. En estos, encontramos figuras geométricas tanto en dos dimensiones, a las que denominaremos

¹⁶⁷ Martine y Malfé, *op. cit.*, pp. 40 – 41.

¹⁶⁸ Ivins Jr., *op. cit.*, pp. 31 – 32.

¹⁶⁹ García, *op. cit.*

lineales por su hechura en base a líneas sin relleno; como en tres dimensiones, representándose ésta con el achurado de ciertas zonas del dibujo (imagen 3). Ambos tipos de imágenes pertenecen a la categoría de símbolos, parte del lenguaje codificado que tienen las matemáticas, pero hay un tercer tipo de *tableau* que mezcla estos símbolos con íconos – imágenes (las casas, los árboles, el río y las herramientas que aparecen en la imagen 4) referidas en este caso a la forma de nivelar el terreno entre dos puntos y a prácticas para medir cualquier línea.

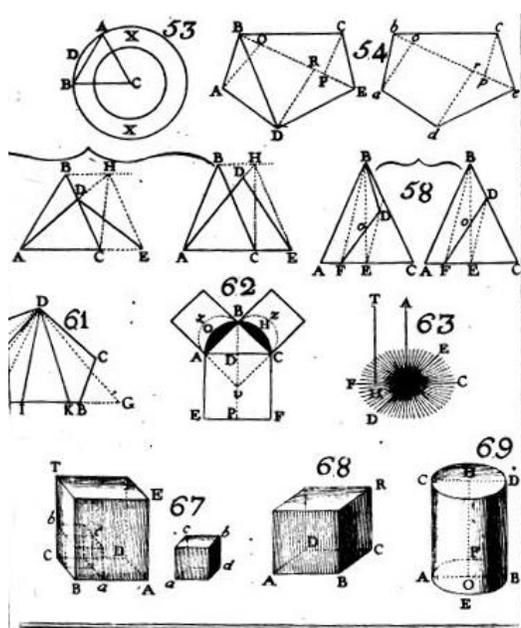


Imagen 3

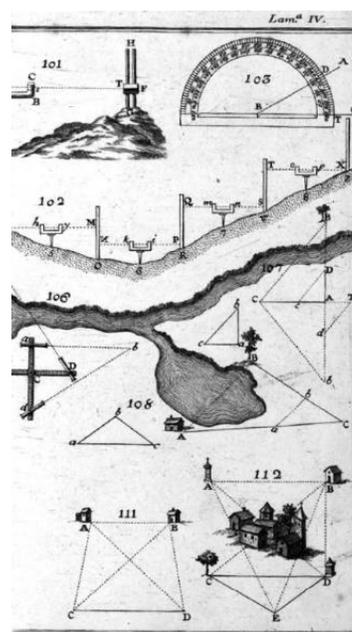


Imagen 4

Es así, que los diferentes tipos de imágenes no son excluyentes, combinándose cuando es necesario para dar una información más completa al alumno, al menos en estos primeros años. Los estudiantes, por su parte, podían participar de la cultura visual propuesta, pues las matemáticas y la geometría no les eran ajenas y poseían los conocimientos y el imaginario para denotar y connotar los íconos – imágenes; o sea, reconocer e interpretar las herramientas, espacios y construcciones como objetos a los que referían los representámenes y evocar en su mente aquello que es referido por las imágenes, imaginarse en esa casa, en ese río, midiendo el terreno quizás. De esta forma, se producía una semiosis que le otorgaba el sentido cultural a su visión, ya que, como señalábamos al inicio de la tesis, una cultura visual en la enseñanza no sólo corresponde a la manera de representar, de producir imágenes, sino de percibir las, interpretarlas por parte de los lectores. Asimismo, es

oportuno apuntar la continuidad en el uso de las letras y los números en estas imágenes, procurando con ellos una división que facilita la referencia en el escrito; así como el empleo de líneas punteadas, ya sea para completar nuevas formas, otorgar una dimensión al dibujo o indicarnos medidas importantes.

Otro curso que contaba con un impreso ilustrado era el de Física, ya que *L'Art des expériences* de Nollet incluía 54 *tableaux* a lo largo de sus tres volúmenes, conformadas por íconos – imágenes de herramientas, instrumentos y su uso en diversos experimentos. Dichas funciones demandaban representaciones de lo que se encontraría el estudiante en el laboratorio, por lo que los dibujos de un instrumento, o de espacios completos con su mobiliario, debían ser realizados cuidadosamente por el artista. Si vemos las imágenes 5 y 6, un alambique y el proceso de destilación respectivamente, notamos íconos – imágenes sombreados para dar la impresión de cuerpos sólidos. En el primer caso la tecnología se halla aislada, fragmentada en partes con letras y números según la necesidad de aclaración; mientras que, en el segundo, vemos un proceso con los objetos en su ambiente, exhibiéndolos tal como lo hizo la *Encyclopédie*....

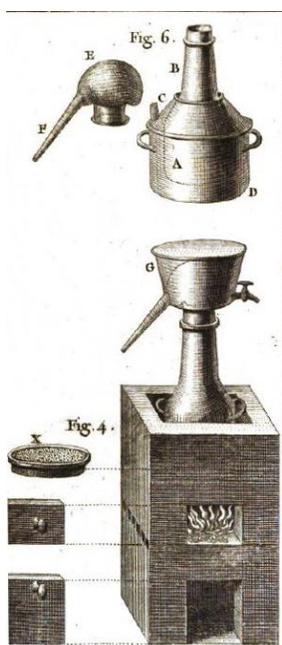


Imagen 5

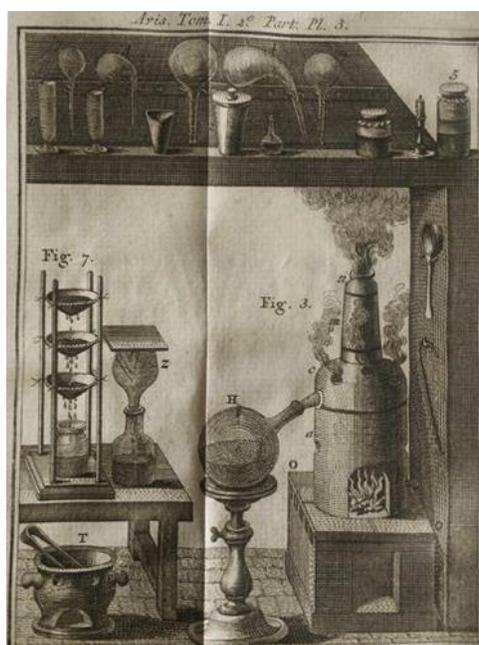


Imagen 6

El que en estas imágenes impere una perspectiva didáctica que alude al proceso o funcionamiento de las cosas, contribuyó a conformar una cultura visual con los alumnos mexicanos de ingeniería en estos primeros años; pues a éstos les fue posible reconocer los

instrumentos y los espacios representados gracias a que el mobiliario y las instalaciones del Real Seminario no eran muy diferentes, logrando la interpretación y evocación del proceso en su mente. Recordemos que el Seminario fue una institución de alto nivel en sus inicios, por lo que contó con espacios y aparatos para que sus alumnos practicaran.¹⁷⁰

Ahora, si nos referimos a las vistas que presentan las representaciones según la escala fotográfica de planos,¹⁷¹ en estos primeros años encontramos planos detalles, que son aquellos que amplían secciones de una tecnología; planos conjuntos, que nos permiten verla al completo; y planos generales, panorámicas en las que generalmente podemos apreciar la tecnología en su hábitat. Estas vistas se muestran mayoritariamente en un ángulo frontal, situándonos como espectador delante de uno de los lados de la tecnología o el proceso representado, pero también se pueden encontrar figuras dibujadas en un ángulo de $\frac{3}{4}$, lo que les otorga perspectiva, y otras de perfil, que nos muestran el frente del objeto en cuestión.

Toda esta información se halla entre el corpus de la obra, y no al final como en el caso español, buscando facilitar la asociación entre el texto y las ilustraciones; sin embargo, éstas aún no están directamente relacionadas con el espacio físico del escrito, por lo que hay que avanzar o retroceder varias páginas para encontrar la figura a la que hacen referencia las palabras, lo cual nos indica que la imagen aún no está plenamente incorporada al texto en estos años. Sin embargo, Nollet también incluye el *tableau* de un telescopio desmontado pieza por pieza (imagen 7), confiando en las ilustraciones para explicar a detalle aparatos más complejos. El propio Nollet señala que todas las piezas están dibujadas en sus proporciones, pero que, sin embargo, “...algunas que son tan pequeñas han debido desarrollarse más distintivamente.”¹⁷²

Además, es claro que estas vistas no fueron suficientes para el físico francés, pues varios detalles que no logran distinguirse son referidos en el escrito. Es el caso de la figura 7 de la imagen 6, donde el físico requiere del lector que “...suponga que hay algodón en la parte inferior del embudo, retirando la bolsa de papel.”¹⁷³ Por último, los instrumentos mostrados

¹⁷⁰ Hugo Rivera y Juan José Saldaña, *op. cit.*, p. 86; Miguel Núñez y Juan José Saldaña “Física para ciudadanos: Enseñanza y divulgación de la física en la Escuela Nacional Preparatoria en el último tercio del siglo XIX”, en Saldaña (coord.), *op. cit.*, 2005, pp.106 – 107.

¹⁷¹ La explicación completa se encuentra en la introducción, p. 23.

¹⁷² Nollet, *op. cit.*, p. 3.

¹⁷³ Klingender, *op. cit.*, p. 111.

al completo y rodeados por sus piezas, no incluyen índices como lo hacen los procesos, sino que reúnen íconos – imágenes dibujados con detalle y volumen.

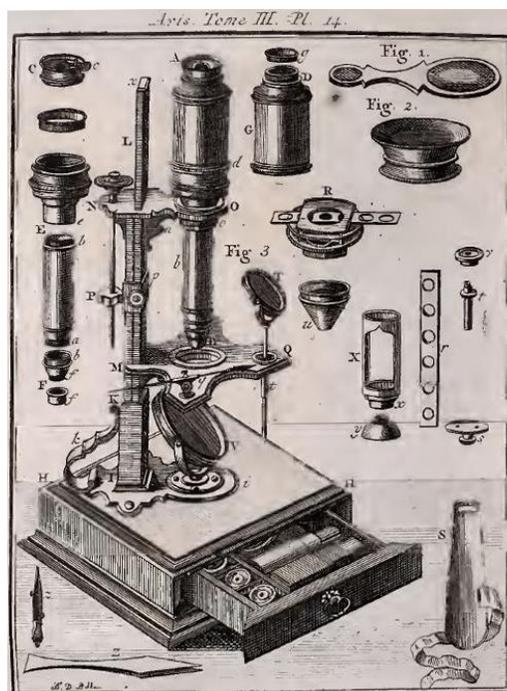


Imagen 7

En el caso del libro de Lavoisier se encuentran trece *tableaux* al final del segundo volumen, ubicación que el químico francés justifica al señalar que en una “...obra de raciocinio no debían entrar descripciones demasiado largas, pormenores de las operaciones y explicaciones de láminas, todo lo cual no sirve sino para interrumpir el encadenamiento de las ideas.”¹⁷⁴ Esta afirmación vuelve a hablarnos de la independencia que hay todavía entre la imagen y el texto en los libros científico-técnicos, ya que, aunque Lavoisier reconoce la necesidad de las ilustraciones, para él éstas no explican, sino que interrumpen las ideas, elemento principal de la obra. Por esto, el químico francés resolvió dejar para la última parte del libro la descripción sumaria de todos los aparatos y operaciones manuales.

Estos dibujos presentan el mismo estilo que los vistos en el trabajo de Nollet, tratándose de un estilo estandarizado en la época que sugiere unos mismos autores (que trabajan para la misma compañía o pertenecen al mismo gremio) o imágenes reutilizadas. No obstante, aquí encontramos un nuevo punto de vista, que busca que el espectador reconozca un instrumento de la forma más completa posible. En la figura 1 de la imagen 8, encontramos

¹⁷⁴ Lavoisier, “Tercera parte. Introducción”, en Lavoisier, *op. cit.*, Tomo II, p. 1.

un plano conjunto frontal de un calorímetro aislado de su entorno; mientras que en la figura 3 de la misma imagen, el calorímetro en el mismo plano y ángulo aparece cortado transversalmente, para que se pueda apreciar su interior. Además, en este mismo *tableau* encontramos otro ángulo de visión conocido en la fotografía como cenital, que se refiere a la vista desde arriba en un ángulo de 90°, tal como vemos en la figura 2 que exhibe el soporte del instrumento.

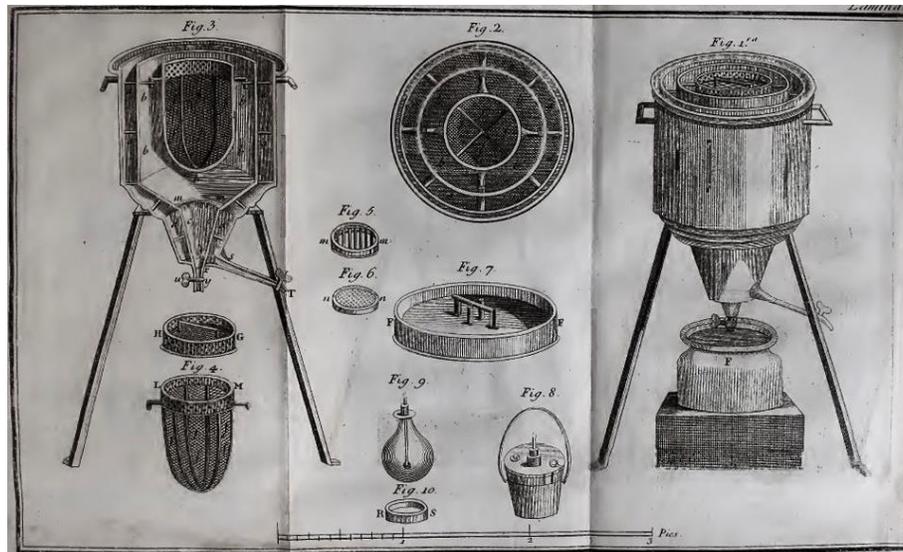


Imagen 8

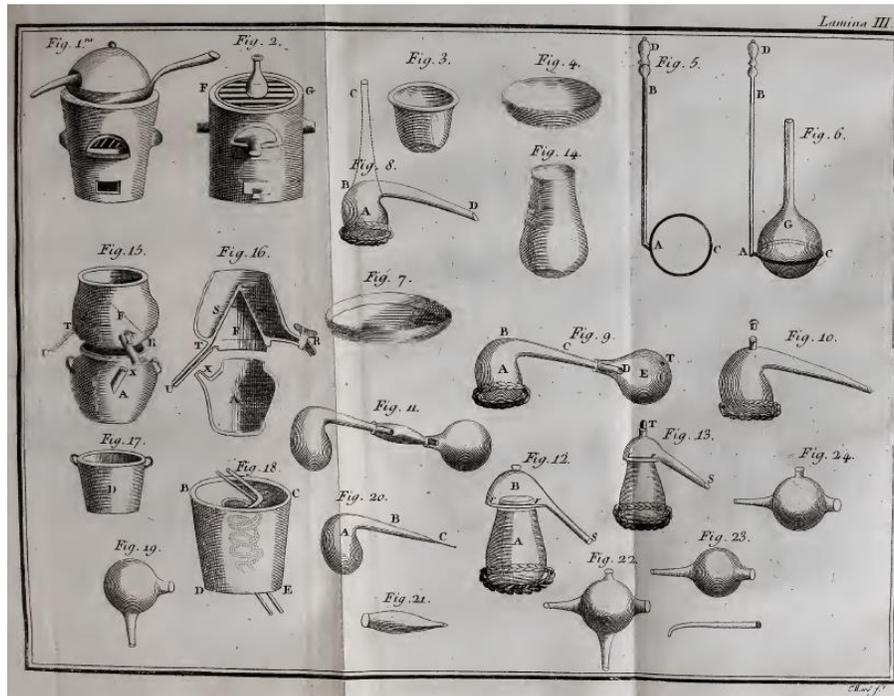


Imagen 9

El químico francés también usó el espacio del *tableau* para comparar diferentes modelos de un mismo instrumento o dispositivo (imagen 9), en este caso vasijas utilizadas para las evaporaciones, a través de un mismo plano y ángulo de visión, el conjunto frontal; mas, igualmente aparecen en el *tableau* otras figuras como la cacerola de la figura 15, cortada por la mitad en la figura 16. A pesar del buen número de imágenes incluidas por Nollet y Lavoisier, sobre todo el primero se lamentaba de la imposibilidad de disponer de todas las que le hubiera gustado, pues se habría incrementado demasiado el precio de la obra.¹⁷⁵ Esta limitante económica disminuyó con la creación de la litografía, nueva tecnología que abarató los costos de impresión de imágenes en comparación al tradicional grabado.

En el primer tercio del siglo XIX, la producción de papel mecanizada, la prensa a vapor y la imprenta de múltiples cilindros de estereotipia, permitieron la reproducción de diversas imágenes en alta calidad, así como un menor precio de las publicaciones y una rápida diseminación de las mismas por el mundo. A ello hay que agregar la invención de la litografía por el alemán Johann Aloys Senefelder en 1798, que presentaba varias ventajas respecto al grabado en cobre y en acero, acaparando en poco tiempo la ilustración de libros, hojas sueltas, álbumes y periódicos.¹⁷⁶

En la litografía el dibujo se hace sobre una piedra especial, porosa y lisa, con una tinta grasosa o un lápiz graso. Para imprimir se humedece o lava la piedra con una solución de ácido nítrico diluido y goma arábiga, que sirve de fijador para el dibujo grasoso, y con agua antes de aplicar la tinta. Como la superficie aceitosa repele el agua, la tinta se adhiere solamente a la imagen y no a la piedra; así, al colocar una hoja de papel sobre ésta y pasarla después por una prensa la imagen se transfiere al papel.¹⁷⁷ La posibilidad de reutilizar las piedras porosas para realizar más impresiones con la misma calidad, permitió que la litografía fuera más barata que las técnicas más comunes del grabado: xilografías, aguafuertes y aguatinas, que perdían definición rápidamente. Además, el artista podía hacer su dibujo directamente en la piedra, eliminando la necesidad de un grabador, y tampoco necesitaba conocer el proceso de impresión.¹⁷⁸

¹⁷⁵ Nollet, “Preface”, en Nollet, *op. cit.*, *Tome second*, pp. 1 – 2.

¹⁷⁶ Aguilar Ochoa, *op. cit.*, pp. 19 – 20.

¹⁷⁷ *Ibid.*, pp. 4 – 5.

¹⁷⁸ Inmaculada López Vílchez, “De la ciencia a la divulgación científica”, en Lino Cabezas e Inmaculada López Vílchez (coords.), *op. cit.*, pp. 86 – 89.

La técnica se expandió rápidamente en Europa, debido tanto a sus atributos como al auge de las imágenes que se dio en el contexto del ascenso de las clases medias en el viejo continente, especialmente de la burguesía. Ésta necesitaba un medio rápido y eficiente de difusión de imágenes en una época en que la ciencia era insignia de progreso, para lo cual el medio litográfico fue uno de los mejores vehículos a partir de 1820.¹⁷⁹ En México, esta técnica se introdujo la segunda década del siglo XIX por el italiano Claudio Linati, pero debido a los problemas que dejó la independencia su aclimatación en el país fue difícil. Esta escasez de libros e ilustraciones locales no fue impedimento para que los profesores del Tercer Establecimiento de Ciencias y Matemáticas solicitara una gran cantidad de obras extranjeras, trayendo la mayoría de ellas de Francia.

Para estos años, una proporción de los textos incluyó ilustraciones en sus páginas, careciendo de estas solamente tres de los veintiuno requeridos en el plan de estudios de 1833. Esta proporción se debió al auge de la impresión de tipos móviles, gracias a la cual las ilustraciones ya se reconocían como medio de educación popular y como factor de ventas, por lo que algunos dibujantes e impresores comenzaron a ganarse la vida como técnicos al servicio de editoriales y universidades. Así, las imágenes y artistas adquirieron un papel clave como comunicadores en todas las disciplinas.¹⁸⁰

Debemos señalar aquí, que muchas de las representaciones incluidas en estos libros ya se rigen por los códigos de la geometría descriptiva de Gaspar Monge, a diferencia de las examinadas previamente en los libros del Real Seminario, cuando la representación era realizada por un artista interesado en los aspectos estéticos y no sólo en los didácticos y en la transmisión de conocimiento, que serían lo principal para un dibujante guiado por la geometría de Monge. La Revolución Industrial y el desarrollo de la producción en serie implicó la participación de más personas en los procesos productivos, por lo que se requirió de ilustraciones que transmitieran las instrucciones de diseño, con las características y medidas exactas de lo que se tenía que fabricar y enseñar.¹⁸¹

Gaspar Monge (1746 – 1828), a fines del siglo XVIII, codificó el sistema gráfico conocido actualmente como sistema de doble proyección o de Monge, aunque él lo

¹⁷⁹ Aguilar Ochoa, *op. cit.*, pp.19 – 20.

¹⁸⁰ Matthias Bruhn, “Beyond the icons of knowledge: artistic styles and the art history of scientific imagery”, en Horst Bredekamp, Vera Dünkel, and Birgit Schneider (eds.), *The technical image. A history of styles in scientific imagery*, Chicago, The University of Chicago Press, 2015, p. 38.

¹⁸¹ Cruz Márquez, *op. cit.*, pp. 29 – 30.

denominó geometría descriptiva. Todos los objetos físicos que nos rodean se pueden concebir con representaciones planas, y la geometría descriptiva nos especifica cómo se elaboran las proyecciones de dichas representaciones. Esa clase de dibujo se traza con instrumentos (regla, compás, escuadra, etc.), y requirió que se estableciera una normalización como en cualquier lenguaje; es decir, una codificación internacional que permitiera diseñar algo en una parte del mundo y producirlo en otra.¹⁸² Con ello, fue posible plasmar las ideas de los grandes constructores, preconcebir caminos, carreteras, edificios, fortalezas, armas, maquinaria, ropa, muebles y cualquier objeto, así como transmitir mejor en el aula la experiencia de lo que se encontrarían los alumnos en el ejercicio profesional.

No todas las disciplinas incorporaron estas nuevas técnicas de dibujo, las imágenes de los libros solicitados para matemáticas y geometría,¹⁸³ mantuvieron los íconos – imágenes de diferentes tecnologías en su mayoría aisladas sin proporcionar su escala y medidas; junto a los símbolos matemáticos y geométricos para explicar aspectos de la teoría; así como al uso prioritario del plano detalle, conjunto y el ángulo frontal para exhibir distintos aspectos de una tecnología y/o proceso. Además, casi todas las ilustraciones incorporadas en estas obras conservaron el formato de *tableaux*, ya sea al final o entremedio del corpus, aunque también aparecían otros modelos de impresión que buscaban una mayor conexión con la descripción.

En efecto, para el curso de química se cambió el trabajo de Lavoisier por los doce volúmenes del *Tratado de química* del alemán Berzelius,¹⁸⁴ el cual estaba escrito expresamente para la enseñanza, aunque incluía menos imágenes que el impreso del químico francés. De todos modos, allí encontramos dos novedades relevantes: una representación codificada y ya no un ícono – imagen de un tubo de ensayo dentro de un

¹⁸² *Ibid.*, p. 8.

¹⁸³ L. B. Francœur, *A complete course of pure mathematics*, translated from the french by R. Blackelock, M. A., Cambridge, T. C. Hansard, 1829 - 1830, 2 vols.; B. Biot, *Essai de géométrie analytique, appliquée aux courbes et aux surfaces du second ordre*, septième édition, París, Bachelier, 1826, 447 pp.; M. Mauduit, *Leçons de géométrie, théorique et pratique*, París, Didot et Bleuet, 1790, 542 pp.; S. F. Lacroix, *Traité élémentaire de trigonométrie rectiligne et sphérique et d'application de l'algebre a la géométrie*, quatrième édition, París, Chez Courcier, Imprimeur-Libraire pour les Mathématiques, 1807, 276 pp.; Vallejo, *op. cit.*

¹⁸⁴ Jöns Jakob Berzelius, *Tratado de química*, nueva edición completamente refundida según la cuarta edición alemana publicada en 1838 por B. Valerius, traducida del francés al castellano por Rafael Sáez y Palacios y Carlos Ferrari y Scardini, Madrid, Imprenta y librería de Ignacio Boix, 1845 – 1859, 12 vols.

vaso con agua, que ejemplifica la endosmosis y la exosmosis;¹⁸⁵ y la ubicación del símbolo no en una página especial para ello, sino a un costado de su explicación (imagen 10). De esta manera, que fuera la enseñanza el objetivo expreso del libro, obligaba al autor a ser más claro al relacionar imágenes y textos, responsabilidad que no tenía un científico como Lavoisier. La eficacia de este modelo para ligar imagen y texto lo llevó a imponerse sobre los *tableaux*, a medida que la litografía va ganando disponibilidad como tecnología de impresión, tal como iremos viendo en la tesis.

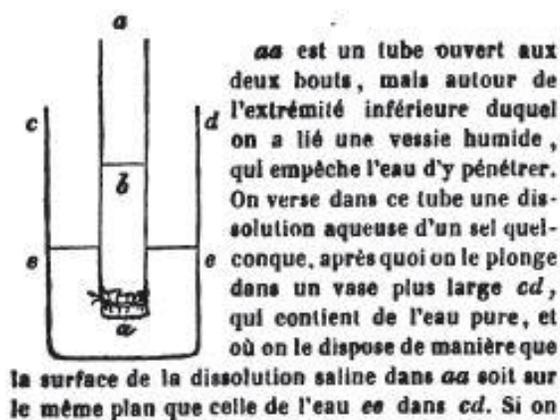


Imagen 10

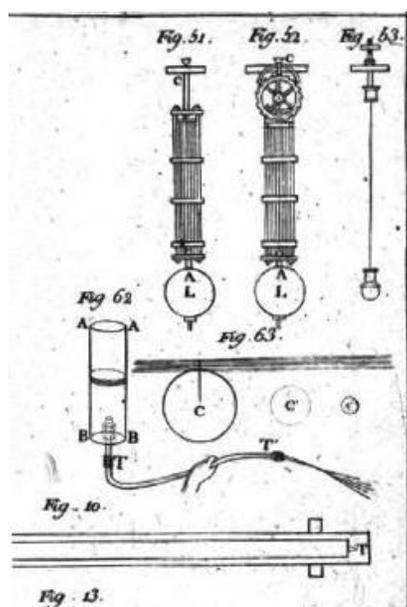


Imagen 11

En tanto, si examinamos el libro que se solicitó este año 1833 para la física,¹⁸⁶ advertimos que se mantuvo el origen francés del mismo y el estilo de *tableau*, para abordar temáticas con símbolos matemáticos, geométricas e íconos – imágenes de varios modelos de instrumentos y herramientas, hechos en forma lineal y achurada. A ello, le podemos sumar convenciones que no habíamos advertido previamente, como las manos, ocupadas para indicar la forma de operar algo. En la figura 62 de la imagen 11 vemos un ejemplo de esto, con una mano que controla el instante de la salida de un líquido “...apretando la manguita entre los dedos y aflojándola cuando se quiera...”¹⁸⁷

¹⁸⁵ *Ibid.*, p. 567.

¹⁸⁶ J. B. Biot, *Tratado de física experimental*, traducido del francés por Francisco Grimaud de Velaunde, Madrid, Imprenta de Repullés, 1826, 4 vols.

¹⁸⁷ *Ibid.*, *Tome premier*, pp. 100 – 101.

También se agregaron publicaciones en los cursos de mecánica, química agrícola, química teórica y práctica, topografía, astronomía, historia natural, geognosia, geodesia, física experimental y meteorología impartidos en el Tercer Establecimiento de Ciencias y Matemáticas. Todas las cuales incluyen ilustraciones en el mismo tenor de lo visto previamente, *tableaux* al final o a lo largo de los volúmenes y algunos símbolos e íconos – imágenes entre el texto. Es digno de señalar el que todavía se mantienen índices como llamas y humos en algunas representaciones, como vemos en la figura 14 de la imagen 12, parte del *Elements of agricultural chemistry*¹⁸⁸ del químico inglés Humphry Davy.

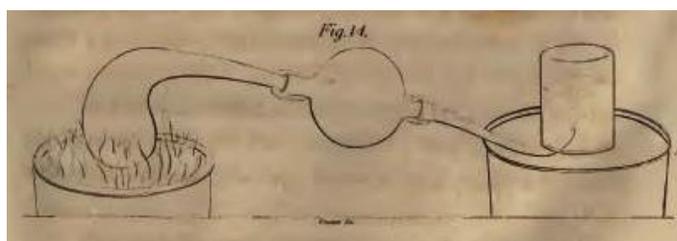


Imagen 12

De esta manera, podemos constatar que aún no hay una introducción masiva de la geometría descriptiva en la elaboración de ilustraciones para los libros en este periodo, manteniéndose las reglas de larga data de los símbolos matemáticos y geométricos, así como los íconos – imágenes, por lo que también se mantiene una cultura visual reconocible para los alumnos. Sin embargo, en las obras de mecánica y física experimental se utiliza la geometría descriptiva para sus apartados referentes a los aspectos de las máquinas de vapor: su construcción, los tipos de calderas, las altas presiones, el movimiento de los pistones, la máquina de Watt, etc.; mas nada con relación directa a su uso en el ferrocarril. En el caso del texto de mecánica del francés S. D. Poisson, los ejemplos fueron tomados de la astronomía, la física y la artillería, como señala su propio autor,¹⁸⁹ mientras que en el *Éléments de physique expérimentale et de météorologie*¹⁹⁰ del físico galo Pouillet, sólo se incluyó un *tableau* con diferentes dibujos relacionados al tema.

Podemos ver íconos – imágenes de una caldera de vapor en su horno, ubicada en la esquina superior izquierda de la imagen 13 (figura 229); otros modelos de calderas como la

¹⁸⁸ Davy, *op. cit.*

¹⁸⁹ S. D. Poisson, “Advertissement”, en S. D. Poisson, *Traité de mécanique*, deuxième édition, París, Bachelier, Imprimeur – Libraire, 1833, p. i.

¹⁹⁰ Claude Pouillet, *Éléments de physique expérimentale et de météorologie*, París, Chez Béchét Jeune, Libraire de L’Académie Royale de Médecine, 1827, 2 vols.

lobo, de ocho cilindros de hierro fundido (figura 231); y una máquina de Watt (figura 238), cuyo funcionamiento es descrito así: “...el vapor se escapa de la caldera por el moderador y se propaga en el cuerpo de la bomba CC, para producir su efecto mecánico en el pistón P'. El vapor llega, actúa y destruye y todos estos fenómenos ocurren por sí mismos con una regularidad maravillosa...”¹⁹¹

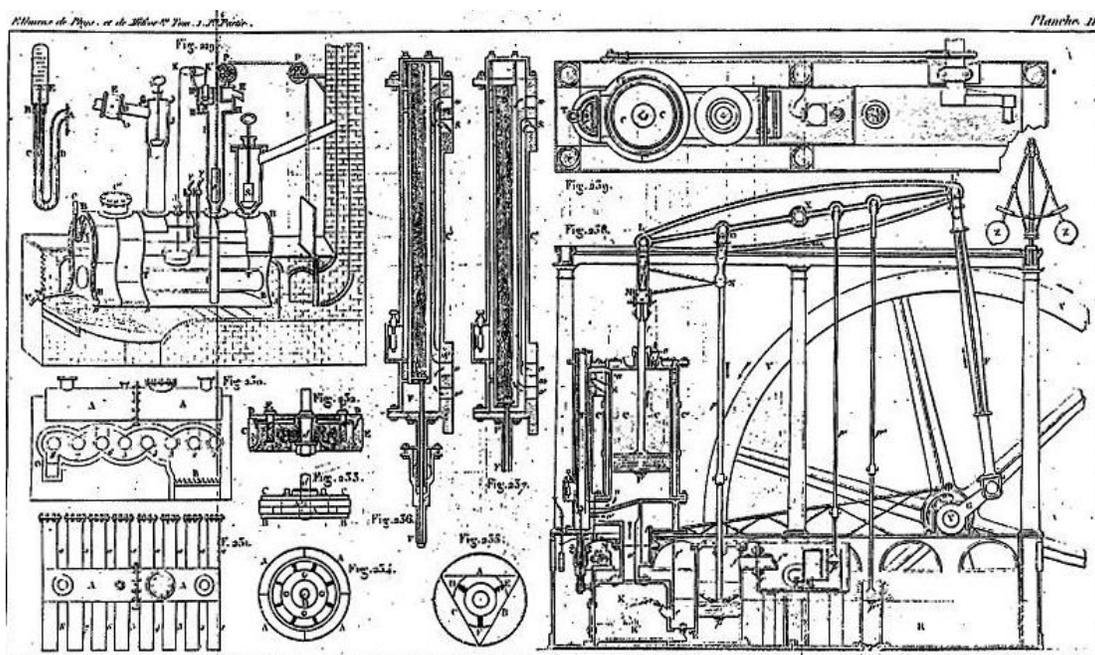


Imagen 13

Es así que, las máquinas y sus partes se describen con la ayuda de letras, números y apostrofes, pero entregando al alumno únicamente una visión estática y frontal de las mismas, sin una descomposición en piezas y fases que le permitieran reconocer y recrear el movimiento en su mente. De esta manera, a los estudiantes que no pudieran complementar la imagen con la visión y operación directa de las máquinas, como lo hacían los alumnos franceses en sus instituciones, se les dificultó participar cabalmente de la cultura visual de estos libros, tal era el caso de los alumnos mexicanos. Debido a esta carencia, era el profesor quien tenía que transmitir su imaginario sobre los objetos a los que referían los representámenes, procurando que los estudiantes, en la medida de lo posible, pudieran denotar y connotar los dibujos. Para esto, se apoyaron tanto en las imágenes presentes en las obras, como en sus dibujos, apuntes y experiencias.

¹⁹¹ Pouillet, *op. cit.*, *Tome premier*, pp. 113 – 114.

Por último, en este año podemos mencionar el texto del ingeniero, geógrafo y matemático francés L. Puissant, *Traité de géodésie*,¹⁹² que llevó la descripción de un instrumento a un nivel no visto antes en los libros revisados. En él encontramos la representación del repetidor circular de Borda en nueve *tableaux*, compuestas de íconos – imágenes que hacen uso de la geometría descriptiva, el dibujo lineal y la línea punteada para entregar el conocimiento más completo posible sobre dicho instrumento. Así, tenemos la información de la escala en que se dibujó el artefacto y sus piezas, vistas frontales, de $\frac{3}{4}$, de perfil y cenital de la disposición del instrumento, y la combinación de la línea punteada y el achurado para separar las ubicaciones espaciales de las piezas y destacar ciertas partes del repetidor (imagen 14). El mismo Puissant señala que es uno de los dispositivos de los cuales dará “...una descripción particular, y de los cuales daremos a conocer su uso, debido a la extrema precisión que proporciona...”¹⁹³

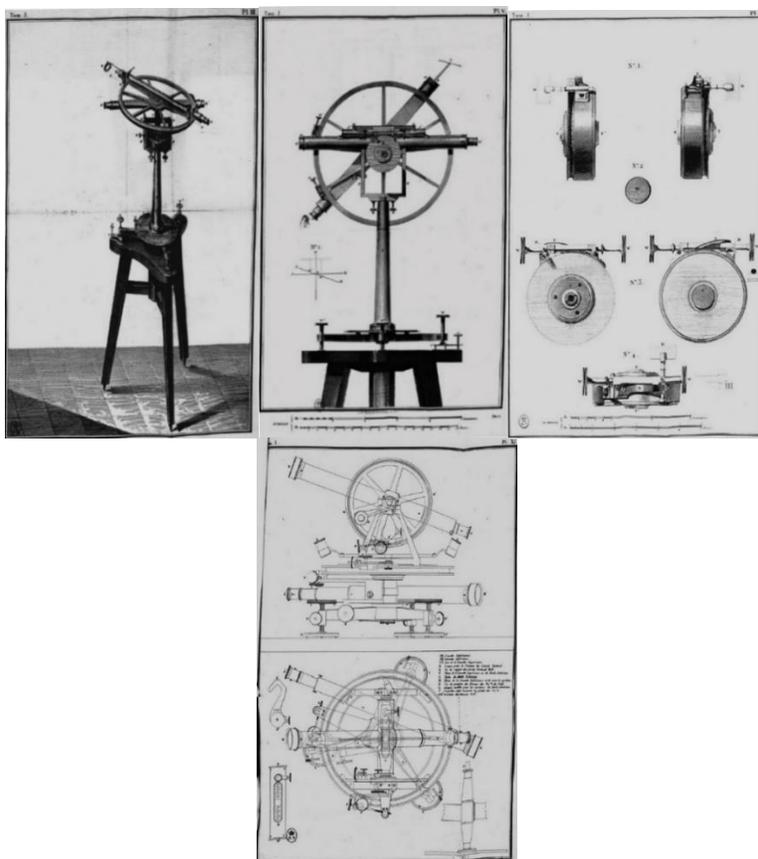


Imagen 14

¹⁹² L. Puissant, *Traité de géodésie, ou exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques*, deuxième édition, París, M^{me} V^e Courcier, Imprimeur – Libraire pour les Sciences, 1819, 2 vols.

¹⁹³ Puissant, *op. cit.*, *Tome premier*, p. 133.

Este cuidado en la representación de este aparato también puede deberse a lo hecho por el científico francés Jean-Charles de Borda, que fue mejorar un instrumento creado por el geómetra y astrónomo alemán Tobias Mayer. De esta manera, la serie de ilustraciones utilizadas por Puissant enaltecerían el ingenio de la ciencia y técnica francesa, acorde al nacionalismo y el tono propagandista que poseen estas obras. Iremos encontrando otros ejemplos de esta competitividad en el ámbito científico-técnico en ilustraciones futuras, que reforzaran esta apreciación.

En cuanto a los planos empleados para mostrar el instrumento, encontramos conjuntos y detalles que combinan ángulos de visión, ocupándose también convenciones como el dibujo de un ojo para indicar el visor, así como letras para destacar ciertas partes. Aún es posible encontrar ilustraciones que caben más dentro del ícono – imagen con índices, aunque, en este caso, tiene una justificación. Ello lo podemos apreciar en el primer *tableau* de la imagen 14, donde en un plano general aparece el instrumento en su hábitat, de pie apuntando hacia a luz, que notamos proviene de la izquierda gracias a la sombra en el piso. Así, establece la correcta posición del instrumento cuando se utiliza dentro de un cuarto.

Observamos que las ilustraciones adquieren preponderancia en muy poco tiempo, impulsadas por la utilidad didáctica que ven en ellas los científicos y profesores, así como por las posibilidades que va permitiendo el desarrollo de la impresión. Dicha evolución amplió los tipos de representaciones que integran la cultura visual técnica, junto con la calidad de las imágenes, pudiendo ahora fusionarse dos tipos de signos y técnicas como el dibujo lineal y el achurado para realizar una descripción detallada de un instrumento si se considera necesario por el autor. No obstante, la mayoría de estas imágenes son estáticas, o sea, no vemos el instrumento siendo operado, o una descomposición en figuras de su movimiento particular, como si veíamos en la *Encyclopédie*... Ello nos lleva a pensar, por un lado, que lo enrevesado de los procesos hacía más difícil su representación, todavía no aparecen diagramas en estos libros; y, por otro lado, que el objetivo de estas publicaciones no fue el transmitir la forma de operar ciertas máquinas o realizar ciertas cosas, como señalamos en los apartados anteriores, lo que hizo más complejo que las nuevas tecnologías fueran aprehendidas por los estudiantes mexicanos.

En el caso de los libros utilizados en la carrera de Ingeniería Civil en San Carlos, recordamos que la gran mayoría fueron traídos de Europa por Cavallari, salvo la

*Introducción al estudio de la química*¹⁹⁴ de Leopoldo Río de la Loza. Sólo pudimos revisar la segunda edición de esta obra, que apareció 12 años después de la primera de 1850, la cual cuenta con seis *tableaux* impresos en el taller de J. M. Lara. Éstos se componen de diferentes íconos – imágenes de herramientas, instrumentos y procesos, tal como observamos en la imagen 15. Con este estilo se exponen diversos tipos de vasijas comúnmente cilíndricas, de cristal o de vidrio y de capacidad variable, muy usadas en los laboratorios para contener o preparar diversos productos.¹⁹⁵

La cultura visual utilizada aquí era reconocible para los alumnos, pues eran íconos – imágenes con más o menos detalles de instrumentos de uso común para un químico, ayudados por manos e índices para su mejor comprensión; algo similar a lo visto en el trabajo de Lavoisier. Así, hacia la mitad del siglo XIX, ya existía la capacidad en el país de imprimir ilustraciones técnicas; lamentablemente, aún eran pocos los científicos que tenían la competencia para realizar obras didácticas, a lo que se sumaba el mínimo apoyo del gobierno a dichas iniciativas.

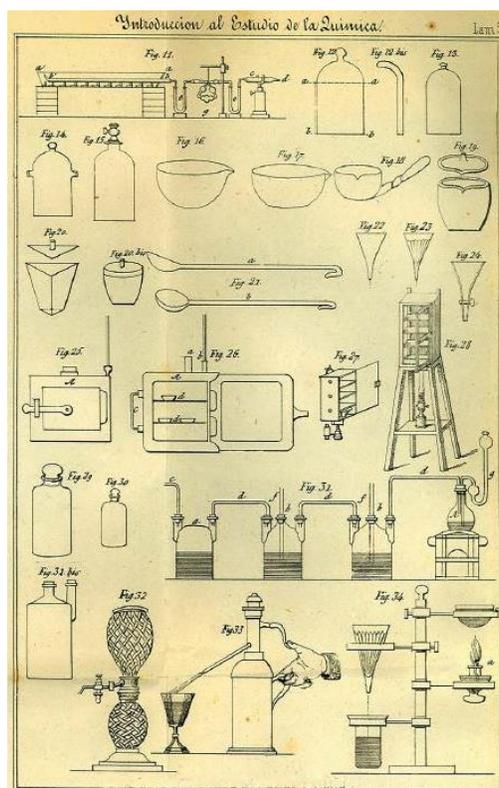


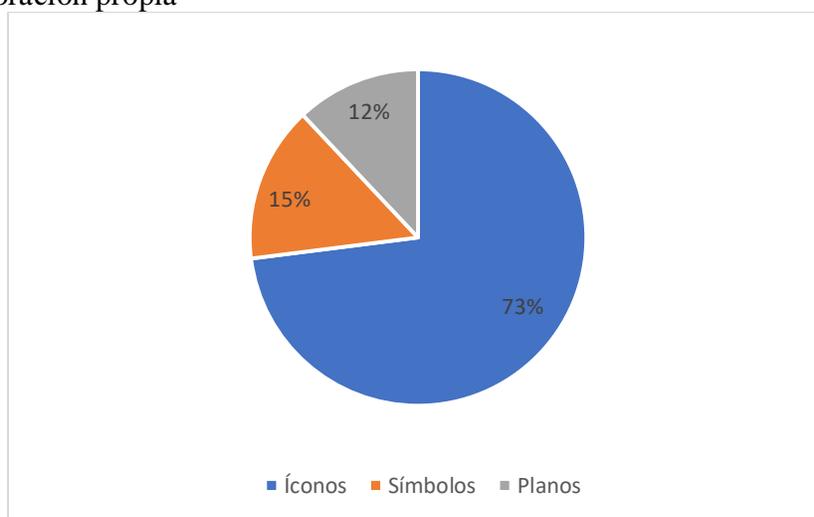
Imagen 15

¹⁹⁴ Río de la Loza, *op. cit.*

¹⁹⁵ Aguilar Ochoa, *op. cit.*, p. 62.

Ahora bien, la mayoría de los tipos de representación técnica que hemos encontrado hasta ahora, fueron incluidas en el primer trabajo utilizado en México dedicado íntegramente al ferrocarril, el *Traité élémentaire des chemins de fer*.¹⁹⁶ Éste fue publicado en 1858 por Auguste Perdonnet, y se compone por dos volúmenes con 654 figuras incluidas en el mismo corpus, además de seis *tableaux* con mapas que destacan vías férreas de Europa y América. El texto inicia apoyándose en los *tableaux* para relatar la historia del ferrocarril en el mundo, y, a partir del tercer capítulo, incorpora dibujos contiguos a las explicaciones, no sólo de tecnología ocupada en Francia, sino que también de la desarrollada en Alemania, Inglaterra, Bélgica y Estados Unidos.

Fuente: Elaboración propia¹⁹⁷



Gráfica 4. Tipos de signos que representan las ilustraciones del libro *Traité Élémentaire des Chemins de Fer*

Dependiendo del tema a tratar, el ingeniero francés usó los diferentes signos, así como distintas técnicas de dibujo, convenciones y métodos didácticos utilizados para representar la tecnología. El primer volumen inicia con un escaso apoyo en ilustraciones, los capítulos iniciales sólo incluyen los mapas ya señalados, pero en el tercero, “Nociones generales sobre la disposición de los caminos de fierro”, encontramos un pequeño número de figuras cuyas formas de representación son las que más abundan en la obra, y que son parte de las técnicas que hemos visto existía en los libros ocupados en la enseñanza técnica: el achurado, el plano detalle y la comparación de tecnología.

¹⁹⁶ Perdonnet, *op. cit.*, 1858.

¹⁹⁷ *Id.*

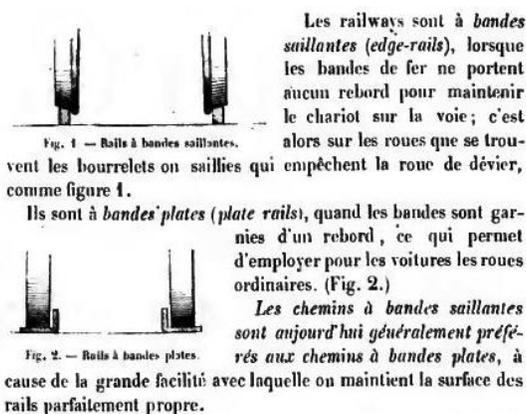


Imagen 16

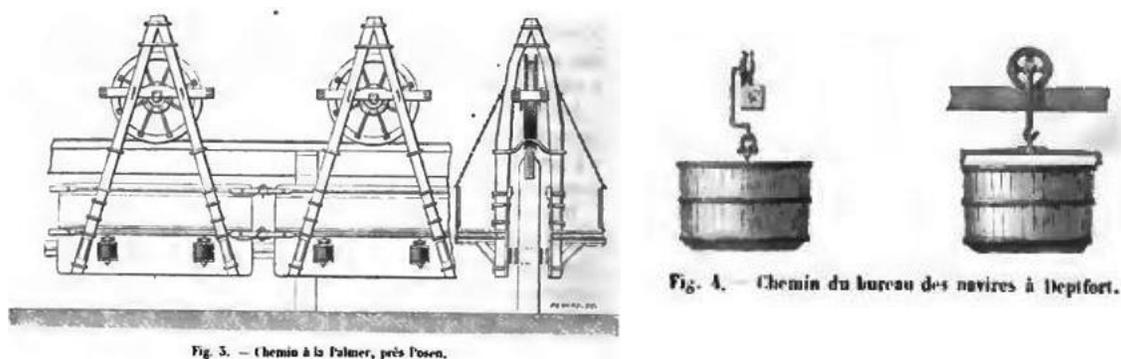


Imagen 17

Ya en las dos primeras figuras del escrito tenemos íconos – imágenes que comparan diferentes tipos de rieles, los de borde y de banda plana, para lo cual se utiliza el plano detalle y el achurado, más para señalar el lugar en el que la pieza es diferente que para darle volumen (imagen 16).¹⁹⁸ Por su parte, en las figuras de la imagen 17, la tercera y la cuarta del volumen, el detalle se vuelve a hacer presente aunque con una mayor cercanía, sombreándose todo el dibujo para mostrarnos cuidadosamente el peso ocupado en los rieles del camino hacia Almer (figura 4).¹⁹⁹ Ese nivel de minuciosidad es complementado con la inclusión de dos vistas de la tecnología, que son las se ocupan en el texto por lo general, un plano conjunto frontal y su perfil. Lo mismo vemos en los rieles (figura 3), dibujados en forma lineal de modo que el achurado destaca claramente en sus dos ángulos de visión. Era común que ambas técnicas se combinaran con este objetivo, para así no depender tanto de las letras que debían ser muy pequeñas para su inclusión, lo cual producía que generalmente terminarían borrándose.

¹⁹⁸ Perdonnet, *op. cit.*, Tome premier, 1858, p. 64.

¹⁹⁹ *Ibid.*, p. 66.

El capítulo cuarto, que aborda el trazado de los ferrocarriles, se apoya igualmente en escasas ilustraciones, no apareciendo para secundar explicaciones como las de las trayectorias en valles y planicies, las pendientes y radios de curvatura o la influencia del viento y la nieve; sin embargo, cuando Perdonnet se refiere a la extensión de las estaciones y las dimensiones de la vía, utiliza la metáfora y símbolo conocido como plano, reconocible fácilmente por los estudiantes de San Carlos. Un ejemplo de ello lo tenemos en la imagen 18, plano que representa el lugar que ocupa la estación de tren del Oeste en París.²⁰⁰

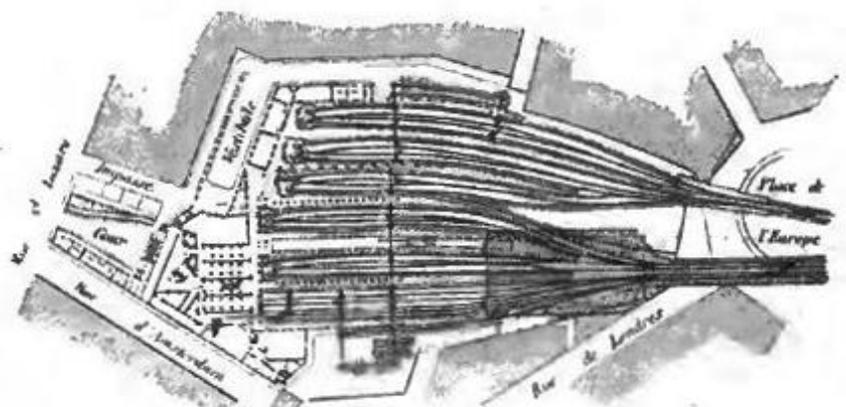


Fig. 7. — Plan de la gare des chemins de l'Ouest à Paris.

Imagen 18

Es recién el sexto capítulo, “Movimiento de tierras y obras de arte”, el primero que incluyó abundantes dibujos para complementar la información expuesta. En él, encontramos 83 figuras que acompañan temas como el cavado de trincheras, las modalidades de descarga, el transporte de tierra, el revestimiento de los terraplenes, las alcantarillas y la colocación de tuberías de drenaje; así como puentes y viaductos de diferente naturaleza, en madera, en piedra, en fierro, y la construcción de calzadas. Esta cantidad de imágenes tiene una explicación por las temáticas, pues una descripción de lo que tenían que hacer los trabajadores en el terreno podía tomar varias páginas, volviéndose cansado para el lector, y, sobre todo, menos preciso. Además, el movimiento de tierras y obras de arte eran temáticas que los países exportadores de tecnología podían compartir con los países receptores, pues, eran parte de la transferencia parcial que de la tecnología ferroviaria hicieron los europeos a México y otras naciones, ya que, como vimos en los

²⁰⁰ *Ibid.*, pp. 134 – 135.

apartados anteriores, belgas primeros y norteamericanos después llegaron con equipos y trabajadores, empleando ingenieros mexicanos precisamente para el trazado.

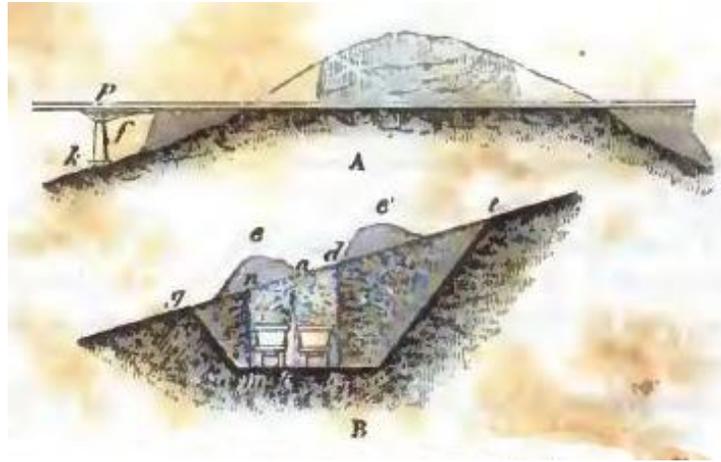


Imagen 19

Al igual que en toda la obra son los íconos – imágenes los más utilizados en el capítulo, exhibidos en plano conjunto frontal y compuestos mayormente por una figura que nos muestra sólo una tecnología o proceso. Empero, también hay figuras que incluyen dos o más dibujos, encargados de mostrar distintos momentos de un procedimiento. Esto es posible observarlo en la imagen 19, cuya ilustración A nos muestra el camino ya emplazado en el cerro, y la B, la zanja que se debía cavar dentro de la trinchera para instalar los carros encargados de ir sacando la tierra. Esta manipulación del tiempo, sumada a los planos conjuntos y el achurado, así como al uso de diferentes tonalidades, busca separar el terreno de lo cavado y de la tierra amontonada.

Por su parte, como apuntamos en el caso del repetidor de Borda, el nacionalismo y la competencia llevó a los autores a incluir diversas vistas y representaciones de tecnologías diferentes a la francesa, sin dejar fuera el factor didáctico que significaba una explicación más detallada de herramientas que los lectores no conocían directamente. Así, al fijarnos en la imagen 20, notamos que la figura 15 tiene dos perspectivas de las carretillas de uso general en Inglaterra, ocupando el plano conjunto cenital en vez del perfil para exhibir el espacio de carga de la herramienta, cuyo volumen es acentuado por el achurado. En tanto, la figura 16 exhibe un dibujo lineal de un vagón de movimiento de tierras que pretende

asemejarse al objeto real sin el detalle del sombreado, precisamente para sumarle medidas y líneas punteadas propias de la geometría descriptiva.²⁰¹

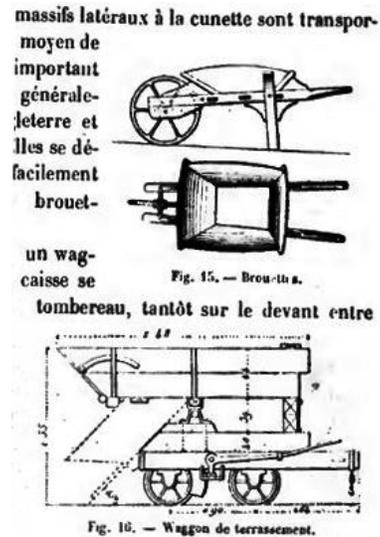


Imagen 20

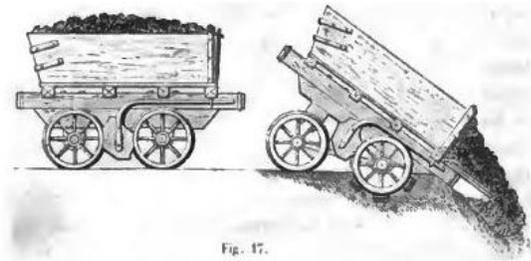


Imagen 21



Imagen 22

Adicionalmente, Perdonnet incorporó un ícono – imagen totalmente figurativo del vagón (imagen 21), prefiriendo en esta ocasión dos dibujos continuos a la línea punteada para ejemplificar como el ángulo de caída se incrementa por una especie de rodadura artificial. Este tipo de decisiones pensamos se deben al presupuesto con que disponía la obra, pues a

²⁰¹ *Ibid.*, p. 363.

pesar de lo costoso que podía llegar a ser incluir muchas litografías, aquí se emplean más de 600 figuras por parte del ingeniero francés. Además, como señalamos recién, era este tipo de trabajos el que realizarían los trabajadores de la periferia donde se instalara la tecnología ferroviaria francesa, por ello era importante que los ingenieros de estas naciones conocieran más a detalle el proceso. También encontramos el uso de numerosas páginas completas para litografías de pinturas figurativas, como la estación de la imagen 22, estilo conocido con el nombre de en plena página, que también tiene como característica formar parte de la foliación general del libro.



Fig. 18. — Chantiers de terrassements anglais.

Imagen 23

Al uso de la plena página para la representación de las estaciones se le suma la exhibición de procesos, como el sistema empleado por los ingleses para disminuir la fatiga del trabajador obligado a montar la carga en las pendientes (imagen 23).²⁰² Allí vemos las diversas fases que componen la faena en un plano general, a modo de la antigua *Encyclopédie*..., estilo que había disminuido ante el creciente dibujo detallista. Sin embargo, el interés por el conocimiento del modo inglés para los franceses, por las razones ya apuntadas, hacía pertinente mostrar todo el procedimiento, que gracias a la sistematización de la imagen técnica se reúne en una sola figura.

En el mismo tono figurativo, hay pinturas de puentes que nos muestran estas construcciones de forma majestuosa, incorporados orgánicamente al ambiente en un plano general y siendo atravesados por una locomotora humeante, signo inequívoco del progreso.

²⁰² *Ibid.*, p. 364.

Es revelador, que la mayoría de las imágenes donde vemos el puente completo sean realizadas desde un punto de vista inferior, a fin de que se pudieran observar los estribos sobre los que descansa la estructura (imagen 24). El artista debía bajar hacia el río o barranca para poder tener esa vista del puente, sobre todo si era de armaduras, y así enfocarse en los detalles propios de la construcción.



Imagen 24

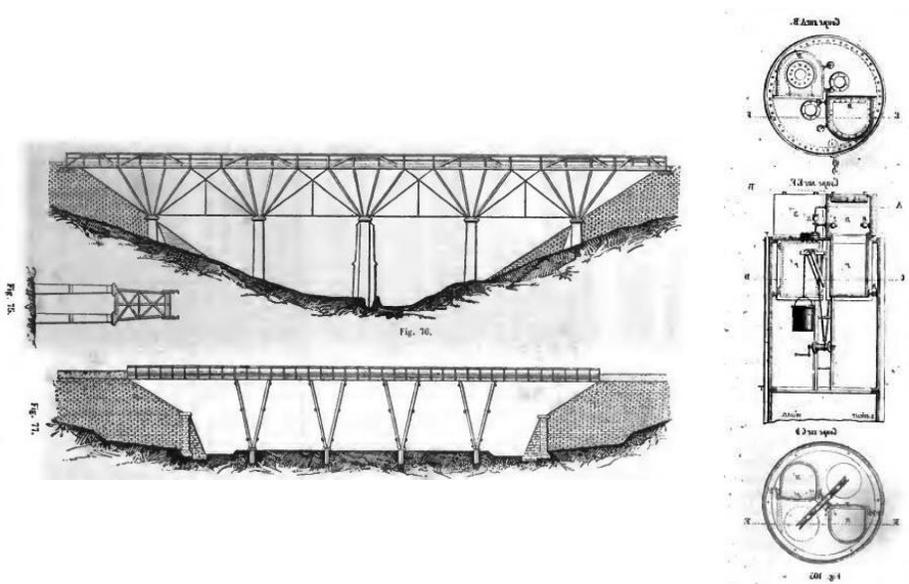


Imagen 25

Junto con estos íconos – imágenes se incluyeron otros que se adentran en los pormenores de la obra, como la comparación de los puentes en vigas o barreras que vemos achurados y en planos conjuntos (imagen 25), pues su construcción era un objetivo del texto a diferencia

de la construcción de estaciones.²⁰³ Asimismo, tenemos ilustraciones en planos detalles cortados transversalmente de diferentes partes de una pieza, como en la figura de la derecha de la imagen 25, donde se expone el interior de una viga que utiliza aire comprimido, explicándolo su funcionamiento a través del uso del ícono – imagen, el achurado y las letras para destacar diversos sectores.²⁰⁴

Los últimos capítulos del primer volumen, “Establecimiento y Accesorios de la vía”, utilizan 134 figuras entre los dos, que en general mantienen lo visto en las secciones previas pero con un mayor nivel de descripción. En efecto, la gran mayoría de íconos – imágenes que dominan estos apartados son planos detalles, encargados de comparar numerosos modelos de tecnología o mostrárnosla desde diversas perspectivas, centrándose principalmente en los durmientes y rieles: su forma, dimensiones, pesos, partes y montaje; y los diferentes sistemas de vía (Pouillet, Barberot) con sus componentes: barreras, señales, placas giratorias, cambios y cruces de caminos.

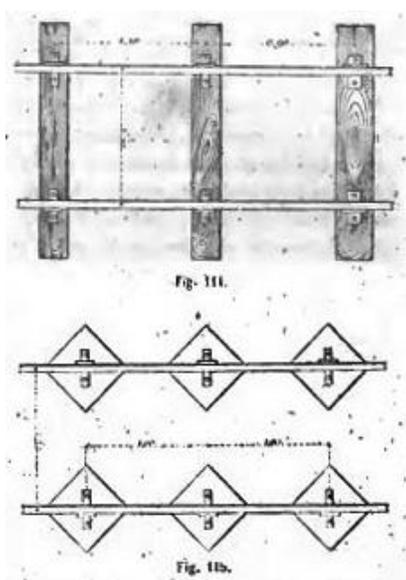


Imagen 26



Imagen 27

La necesidad de ilustrar detalladamente esta rama de la tecnología ferrocarrilera, instó al dibujante a ocupar un punto de vista que no habíamos visto, el escorzo. Éste es el complemento de la visión cenital, pues, es precisamente lo contrario, una vista en un ángulo de 90° desde debajo de un objeto, indispensable en este caso para conocer las vías en su

²⁰³ *Ibid.*, p. 430.

²⁰⁴ *Ibid.*, p. 447.

totalidad (imagen 26). Por su parte, la variedad de formatos utilizados en la construcción de rieles, volvía ineludible una representación individual que los separa eficazmente, tal como apreciamos en el caso del riel conocido como champiñón (figura 121 de la imagen 27). Aunque el dibujo no posee un gran detalle, se halla rodeado de información escrita y otra figura, la 122, que muestra la forma como se acopla el riel a la almohadilla, y como ésta se une al durmiente mediante clavijas de hierro.

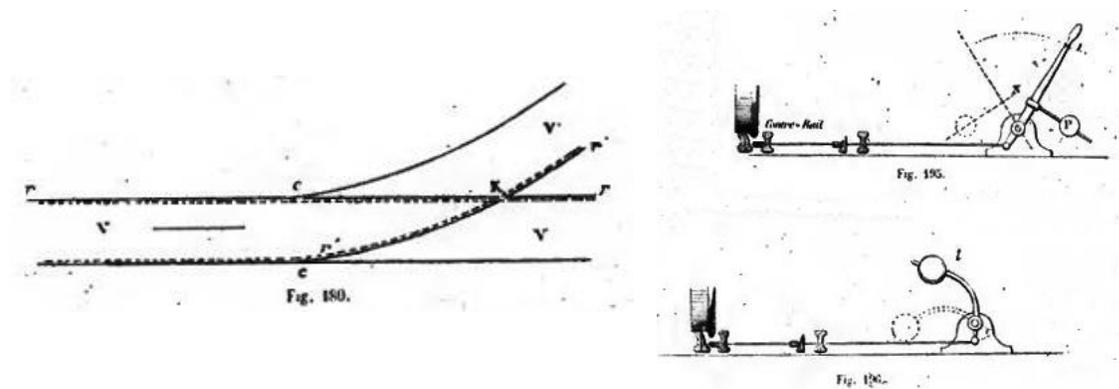


Imagen 28

Es digno de señalar que el capítulo dedicado a los accesorios posee un mayor número de símbolos que todos los anteriores, generalmente dibujos lineales utilizados para representar los cambios de vía, información que necesitaba de un nivel de abstracción que permitiera al lector observar el sistema ocupado en una escala apropiada. Esto, se complementa con el uso tanto de letras como de flechas, convenciones útiles para la descripción en el texto (figura 180 imagen 28). El tema se amplía gracias a los recurrentes íconos – imágenes, que aquí ejemplifican en plano conjunto, las manecillas de cambio de carril en las figuras 195 y 196 de la misma imagen. Estas hacen uso de la línea punteada para indicar movimiento, una simplificación respecto a lo visto.²⁰⁵

Este capítulo va incluso más allá en el nivel de abstracción que nos había tocado observar, incorporando símbolos solo entendibles para un especialista, como el que representa unas placas giratorias dispuestas oblicuamente, y la forma de colocarlas cuando dos pistas están demasiado cerca (imagen 29).²⁰⁶ Por último, también aparece un nuevo modelo didáctico relacionado con los íconos – imágenes, aprovechando el achurado y el

²⁰⁵ *Ibid.*, pp. 543 – 544.

²⁰⁶ *Ibid.*, p. 568.

dibujo lineal para complementar una información. El sombreado se ocupa para mostrarnos una tecnología en plano conjunto frontal, una columna cilíndrica para contener agua, mientras que las líneas exhiben el interior de la misma tecnología, necesario para dejarnos ver el calentador que el autor señala posee la columna (imagen 30).²⁰⁷

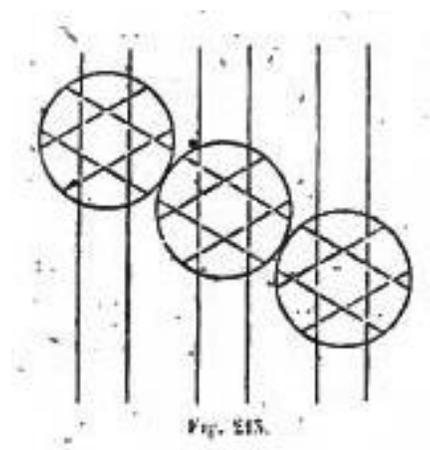


Imagen 29

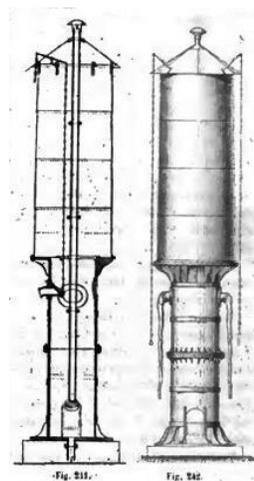


Imagen 30

El segundo volumen del *Traité...* inicia enseñando la disposición de las estaciones, con la mayor cantidad de planos reunidos en un solo capítulo; ya sean del tipo examinado al comienzo del primer tomo, que mostraba todas las áreas exteriores de una estación (imagen 19), como aquellos pensados para representar el interior de los edificios que la componen. Éstos, generalmente son ubicados contiguos a una pintura figurativa de la estación en cuestión (figuras 340 y 341 imagen 31), de tamaño y detalle medio por lo regular, aunque también hay varias pinturas de página completa. A ello se le vienen a sumar iconos – imágenes lineales, dibujados según las reglas de Monge, para representar partes de infraestructura, lo que vuelve a esta temática una de las representadas con mayor detalle hasta ahora, pues también se necesitaría de la participación de ingenieros y arquitectos del lugar donde se transfiriera la tecnología francesa para su construcción.

El plano conjunto sigue predominando en la exposición de esta tecnología, no obstante, en este capítulo hace dupla más que con el ángulo frontal con el cenital, propio de los símbolos – planos. Además, al igual que en la pintura figurativa de la imagen 19,²⁰⁸ vemos

²⁰⁷ *Ibid.*, p. 595.

²⁰⁸ *Ibid.*

claramente el uso del color en el edificio de la estación, incluso, es posible advertir que la litografía tiene diferentes intensidades, buscando que el espectador reconozca como incide la luz del sol en el edificio. De todas maneras, no veremos muchos dibujos coloreados en los libros de texto, pues era un procedimiento costoso no utilizado si no tenía un estricto uso educativo; en este caso, el detalle del dibujo busca suplir la breve explicación escrita de cada una de aquellas construcciones.

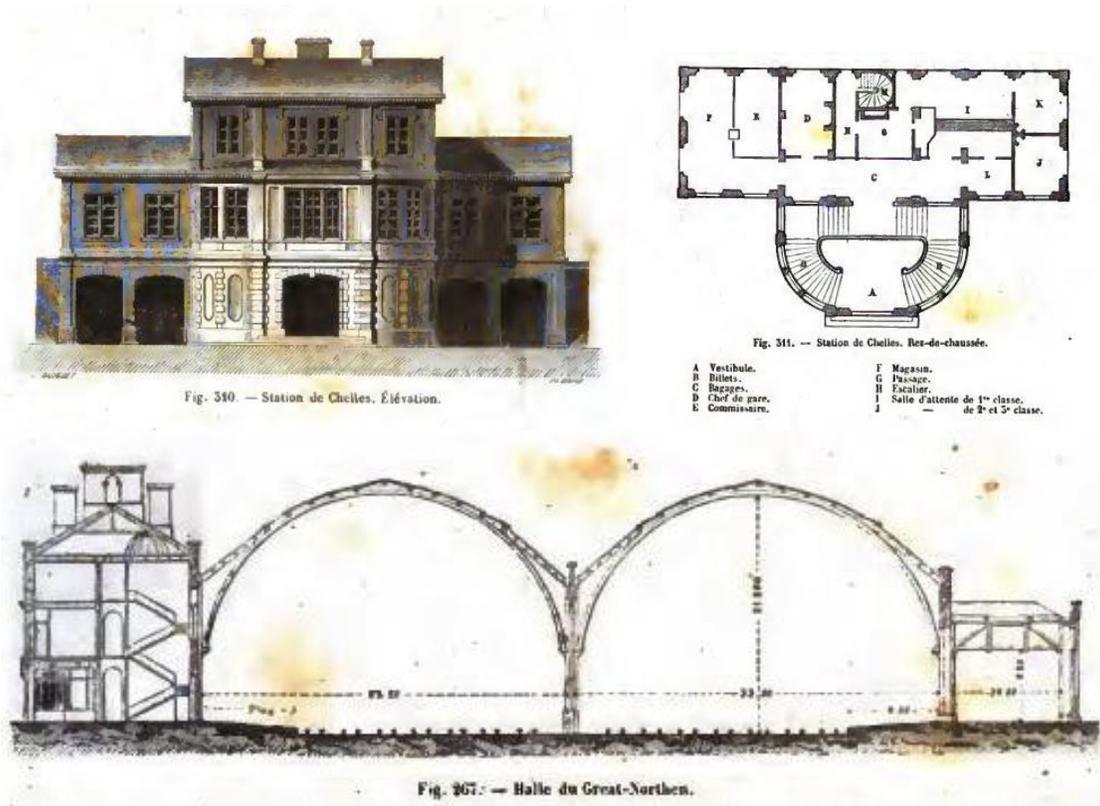


Imagen 31

Tras este capítulo, tenemos la sección dedicada al material rodante, que emplea casi únicamente íconos – imágenes. En total son 79 figuras, con algunos símbolos matemáticos para explicar parte de la teoría expuesta, que representan los chasis, los dispositivos de impacto y tracción, los enganches, la suspensión, la caja de grasa, las ruedas, los ejes, los diferentes tipos de vagones y los frenos. Para todos ellos, se dan ejemplos como nunca antes de la tecnología ocupada en diferentes países de Europa, mayormente en dibujos lineales vistos desde planos conjuntos frontales, que nos permiten apreciar de forma íntegra uno de los lados del vagón. Es en dicho estilo que se incluyen numerosos modelos de los mismos, permitiendo a los alumnos escrutarlos en toda su extensión e identificar

superficialmente sus partes. Esto podemos verlo en la figura 352 de la imagen 32, donde tenemos la representación común de un vagón de madera con ocho ruedas en dos ejes paralelos.²⁰⁹

Sin embargo, Perdonnet acompaña estas vistas amplias de planos conjunto más acotados, que exhiben las partes principales de un carro: su tren y su cuerpo. El cuerpo, cuyas formas y dimensiones varían según el tipo de transporte, debe trasladarse sobre el tren, pieza que vemos en plano conjunto frontal y cenital en la figura 353 de la imagen 32. Dicha ilustración vuelve a mezclar la línea con el achurado, procurando destacar ciertas partes de la tecnología, y se apoya en las letras y la línea punteada para realizar una descripción escrita detallada. Igualmente, acorde a lo que hemos señalado respecto a las representaciones del material extranjero, encontramos vistas de perfil y de escorzo que nos muestran algunos chasis foráneos, como en el caso del chasis belga de la figura 358 (imagen 32).

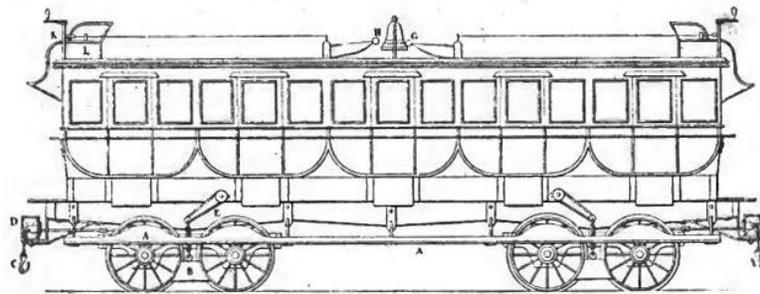


Fig. 352. — Wagon à huit roues.

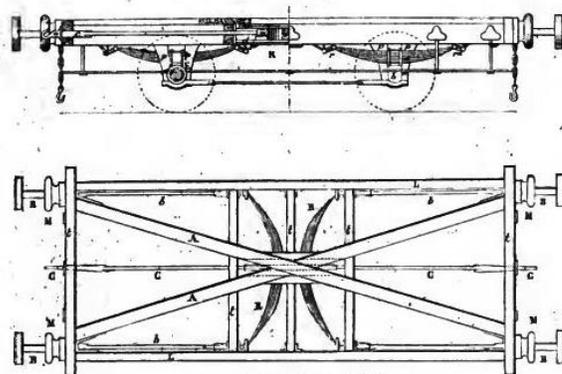


Fig. 353. — Châssis du chemin de fer de flouren.

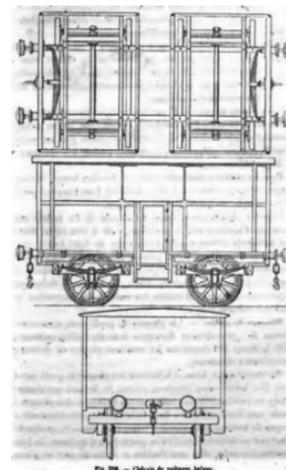


Fig. 358. — Châssis de voitures belges.

Imagen 32

²⁰⁹ *Ibid.*, p. 192.

Es así que tenemos una minuciosidad en la exposición al nivel de lo visto en el capítulo anterior, y, a falta de planos, tenemos un nuevo tipo de ícono – imagen inserto en el corpus y a página completa. En efecto, si vemos la figura 406 de la imagen 33, apreciamos un vagón norteamericano representado con un corte transversal, en el que las líneas sólidas y punteadas se unen con el achurado para crear las diferentes dimensiones donde se ubican el contorno, la puerta, los asientos, los ejes, etc.²¹⁰ Por su parte, la figura 379 nos muestra tres puntos de vista diferentes de la caja de grasa ocupada en el Ferrocarril del Norte, así como la pieza cortada transversalmente para ver su interior, llevando más allá la descripción de las típicas dos vistas de frente y perfil.²¹¹

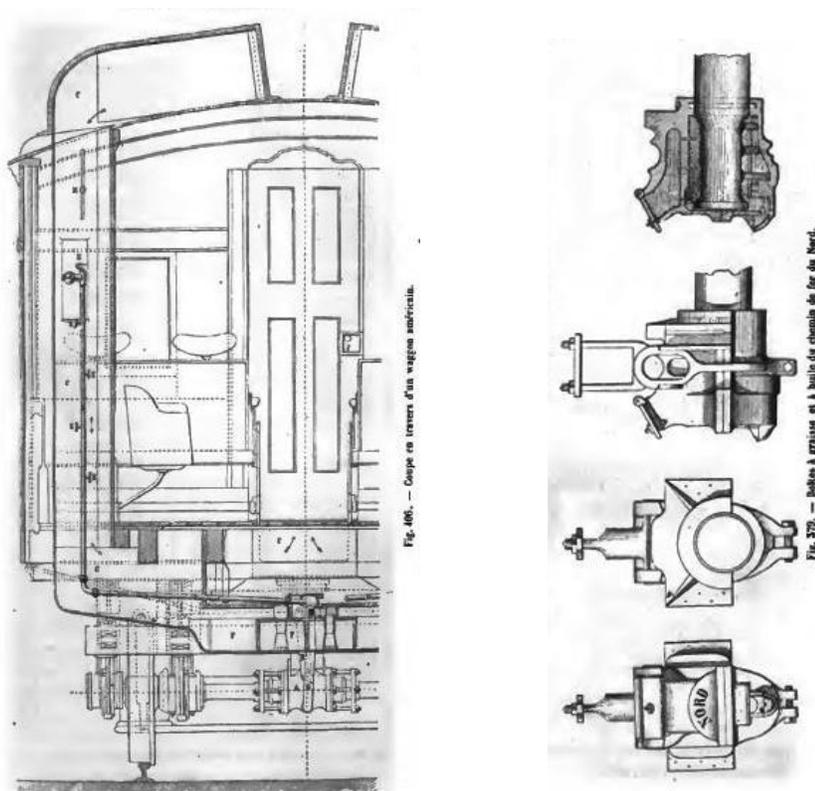


Imagen 33

A estas alturas de la obra, podemos afirmar que el dibujo lineal es ocupado principalmente para tecnología que demanda una mayor descripción, misma que se refleja en el texto que se refiere a ellas; mientras que ocurre exactamente lo contrario con las pinturas figurativas o el achurado, cuyo mayor nivel de realismo es contrastado con una

²¹⁰ *Ibid.*, p. 252.

²¹¹ *Ibid.*, pp. 220 – 222.

breve explicación escrita, por lo que generalmente ni siquiera incluyen letras, como vemos en las vistas de la caja de grasa. Entretanto, el diagrama no es empleado por Perdonnet, precisamente por la mayor preocupación en ofrecer imágenes descriptivas de las diferentes partes de una tecnología, poniéndolas en relación en el escrito mediante el señalamiento de achurados, líneas punteadas o letras mayúsculas y minúsculas en la imagen, que en explicar el funcionamiento de las máquinas. Es notable, además, que la sección dedicada al material rodante utiliza tantas figuras y casi todas íconos-imágenes, hablándonos del tono nacionalista, competitivo y propagandista de la obra, exhibiendo los diferentes modelos de tecnología ferroviaria con los que contaba el país galo y comparándolos con algunos tipos de otras latitudes.

Las siguientes secciones de este volumen se refieren a los motores y a las máquinas locomotivas, abordándose a los primeros con el apoyo de muy pocas figuras, únicamente diecinueve. Estas ilustran cuestiones como el motor animal, los autopropulsados y los sistemas que transmiten la acción del motor a los vagones, mas, como acabamos de señalar, es revelador que no se ocuparan diagramas para representar su funcionamiento, o íconos – imágenes de los motores en plano conjunto, primando aquellos detalles de piezas como válvulas y pistones.

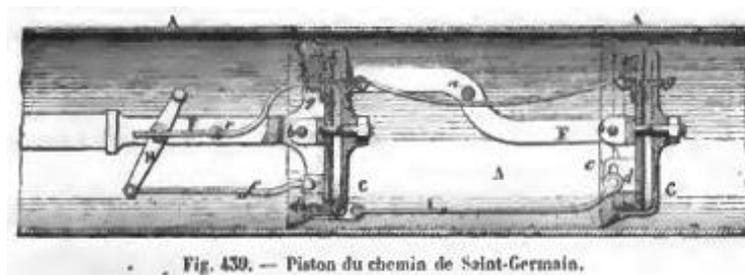


Imagen 34

Éstas se describen con cierto cuidado en el texto, pero pieza por pieza, sin dar una explicación acabada de su funcionamiento en conjunto. Para dichas representaciones encontramos planos detalles del interior de una tecnología, cuya exactitud es analoga a su descripción; por ejemplo, la de la figura 439 de la imagen 34, cuya descripción señala que el pistón está “...compuesto por una barra de horquilla F conectada por el perno a y por los pernos b, que sirven como ejes para los discos C”.²¹² Esta faltas de explicaciones más

²¹² *Ibid.*, pp. 330 – 331.

acabadas del funcionamiento en sí del motor contrasta con lo que vimos en el movimiento de tierras, los rieles o las estaciones, dejando claro que el objetivo de la obra no era transmitir con mayor profundidad este aspecto de la tecnología ferrocarrilera. Los estudiantes franceses, para quienes fue escrita la obra de Perdonnet, tendrían locomotoras a su disposición para complementar las imágenes y aprender directamente en ellas lo necesario, mientras que los estudiantes de otros países, como el caso de los estudiantes mexicanos, si no tenían esa posibilidad tendrían que quedarse con una explicación general de las piezas y su funcionamiento.

Ocurre todo lo contrario cuando se examinan los modelos de locomotoras del mundo, conformándose el capítulo con más ilustraciones de toda la obra, nada menos que 156. De éstas, la mayoría son iconos – imágenes que muestran estas máquinas en planos conjuntos frontales, que, como vimos en el caso de los vagones, es el plano preferido, pues muestra la extensión total de un costado del aparato. Los apartados hablan de la historia de las locomotivas, y describen las partes principales de una locomotora a vapor: caldera o boiler para llevar el agua a su punto de ebullición; cámara de fuego que alimenta la caldera; fluses o flushes para la salida de los gases y el calentamiento interno de la caldera; caja de humo; bastidor sobre el que se sostiene la caldera; conjunto de cilindros que convierten la energía calorífica en energía mecánica; y conjunto de bielas y ruedas que convierten el movimiento mecánico de los pistones en rotación uniforme de ruedas.²¹³

Perdonnet exhibe primero los modelos originales de locomotoras, para lo que emplea principalmente el plano conjunto combinado con diversos puntos de vista. Los ángulos frontal y de perfil los vemos en las figuras 446 y 447 de la imagen 35, para el caso de la máquina creada en 1814 por George Stephenson, que conectó los tres ejes por medio de engranajes y una cadena sin fin para utilizar la adherencia de todas las ruedas.²¹⁴ Junto a aquellos dibujos achurados, que intentan dar una idea sencilla de la máquina, también tenemos íconos – imágenes lineales como el de la figura 451 de la misma imagen, que se utilizan para describir las diferentes partes señaladas por las letras, por ejemplo, la F de la caja de humo. Ésta es detallada como aquella a la que “...van los productos de combustión

²¹³ Yanes Rizo, *op. cit.*, p. 67.

²¹⁴ Perdonnet, *op. cit.*, *Tome deuxième*, 1858, pp. 352 – 353.

después de pasar a través de los tubos. Su forma es muy variable, pero siempre lleva en su parte superior la chimenea a través de la cual el humo se escapa a la atmósfera.”²¹⁵

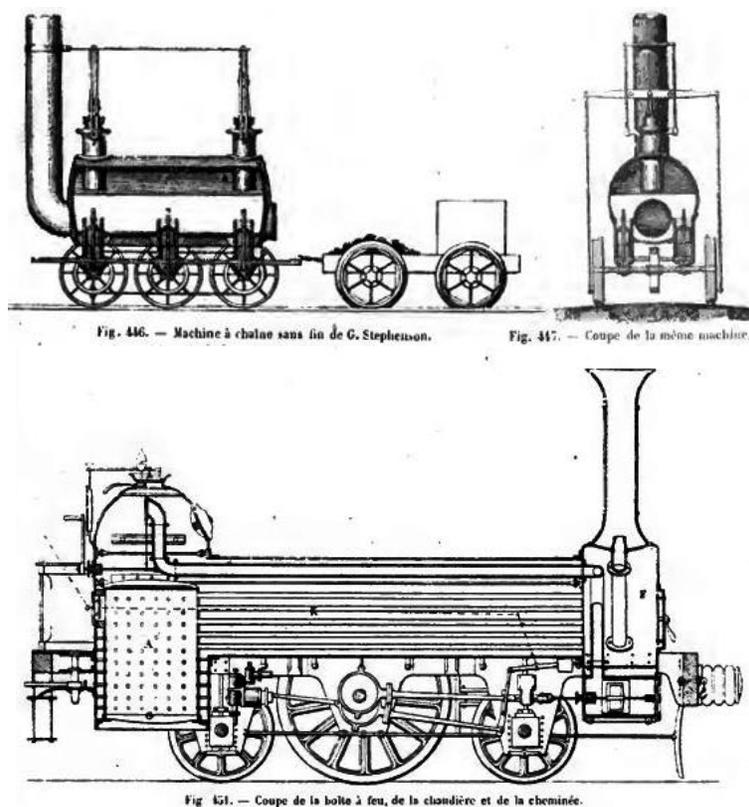


Imagen 35

También tenemos pinturas figurativas de locomotoras y otros puntos de vista como el escorzo (imagen 36), siendo bastante más detalladas las descripciones escritas que las encontradas previamente con otras ilustraciones de este tipo, pues muchos de estos modelos nunca habrían sido apreciados en la realidad por la mayoría de lectores no franceses. Por ello, se necesitaba complementar un texto minucioso con ilustraciones de todo tipo, para describir bombas, cilindros, consumo de combustible, velocidad y presión.²¹⁶ Por otro lado, encontramos dibujos que mezclan el achurado con la línea para indicarnos la ubicación de las ruedas en distintos modelos de máquinas, como en el caso de la Stephenson 1845, mostrándonos las figuras 463 y 464 de la imagen 36 la evolución de la posición de las ruedas.²¹⁷

²¹⁵ *Ibid.*, p. 365.

²¹⁶ *Ibid.*, pp. 564 – 566.

²¹⁷ *Ibid.*, p. 385.

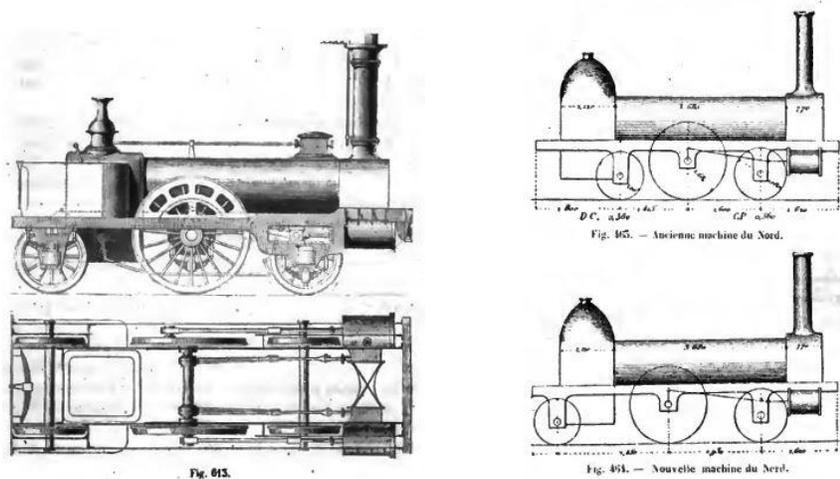
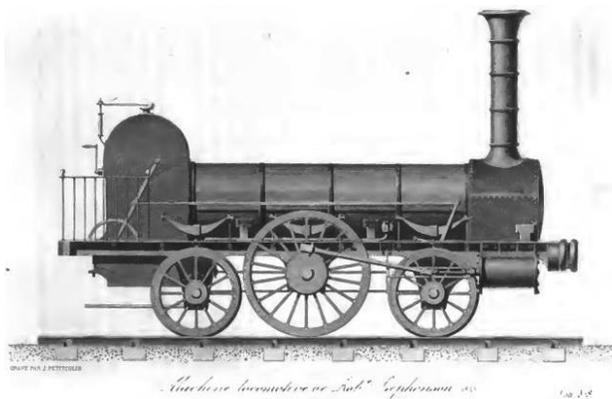


Imagen 36

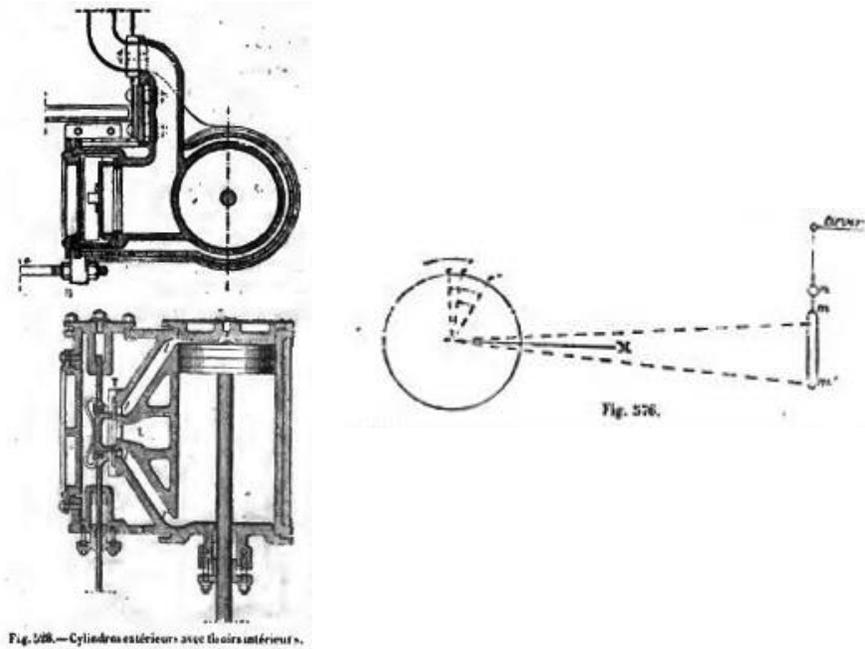


Imagen 37

Por último, el autor ilustra las explicaciones de las diferentes partes de la locomotora con múltiples planos detalles de íconos – imágenes achurados y lineales, que muestran desde diferentes puntos de vista estas piezas, tal como es posible observar en la figura 528 de la imagen 37, que representa un cilindro exterior de frente y cenital.²¹⁸ Allí vemos como se complementan las representaciones con mayor y menor detalle para entregar la información completa de una pieza; además, también son empleados algunos símbolos para plantear ciertas situaciones, por ejemplo, la figura 576 demuestra cómo debe comportarse el radio de una manivela al bloquearse su movimiento.²¹⁹

De esta manera, dichas imágenes sirven a los alumnos para reconocer los distintos modelos de locomotoras, de acuerdo a como éstas lucen desde diferentes ángulos y la manera en que disponen sus ruedas, conociendo más detalles de las mismas en el texto; no obstante, como ya señalábamos, no se incluyen en el libro descomposiciones de los procesos que en íconos – imágenes o diagramas nos permitan ver el funcionamiento de estas máquinas, limitándose a describir ello teóricamente con símbolos matemáticos y geométricos. Así, podemos afirmar que estas ilustraciones sirven fundamentalmente como un primer acercamiento al tema ferroviario, mas no para profundizar en él.

Los últimos apartados presentan muy pocas imágenes, sólo 43 entre 5 capítulos y un apéndice, incluso el capítulo 13, “Dimensiones de las maquinas, carga, durabilidad y consumo de combustible,” no apoya su discurso en ninguna figura. El resto se enfrasca en describir la máquina, la resistencia al movimiento de los vagones, la teoría de las locomotivas y los nuevos sistemas para perfeccionar las vías y los materiales. Estas pocas imágenes no presentan nada nuevo, mostrando locomotoras en planos conjuntos y escorzos, sus piezas en planos detalles y algunas con cortes transversales, así como símbolos del mismo tenor que el que acabamos de mencionar.

Notamos que la obra solicitada por Cavallari era bastante completa, abarcando todos los aspectos técnicos de la empresa ferroviaria, menos aquellos relacionados con la administración de la empresa en sí, para lo cual se apoyaba en numerosas ilustraciones de buena calidad. La gran mayoría de éstas eran parte de la cultura visual técnica introducida por la *Encyclopédie*... y sus epígonos, pero también había otras que encarnaban nuevos

²¹⁸ *Ibid.*, pp. 451 – 452.

²¹⁹ *Ibid.*, pp. 491 – 492.

tipos de signos, que enriquecieron las formas de representación de la tecnología ferroviaria. Es claro, además, que el ícono – imagen se encumbra en estos años como el modelo de representación predilecto para representar esta tecnología, siguiendo las leyes de la geometría descriptiva o no, mientras que son los planos detalles, conjuntos y generales vistos desde ángulos frontales, cenitales y escorzos los escogidos por Perdonnet, exhibiendo sólo una vista de la tecnología correspondiente, pero también se encuentran aquellas figuras que reúnen dos o más puntos de vista.

Esta cultura visual se asocia al objetivo de estos libros, difundir la tecnología francesa y hacer sólo una transferencia parcial de la misma a los países periféricos, pero también a que los alumnos galos que utilizaran el texto tendrían las máquinas a su disposición para practicar. De esta forma, realmente no podríamos hablar de una cultura visual en la obra desde el punto de vista de los estudiantes mexicanos, pues esta no sólo corresponde a la presentación o a la producción de imágenes, sino también a la interpretación de las mismas por parte de los espectadores. Así, la falta de máquinas con las que ensayar y de prácticas donde ejercer impedía que se produjera la semiosis entre imágenes y alumnos locales, ya que el objeto de la estructura triádica no era del todo reconocible por ellos. A esto se le suma el hecho de que ni siquiera había un curso de geometría descriptiva en la carrera de ingeniería civil, por lo que también muchos códigos del dibujo no les eran familiares. No les quedaba más que confiar en el imaginario que sobre la tecnología ferroviaria les pudiera transmitir el profesor, así como en sus enseñanzas acerca de los códigos presentes en las imágenes.

Es en los capítulos dedicados a los movimientos de tierra, material rodante y las locomotoras donde se utilizan más representaciones, no obstante, ello no implica una profundidad en el tratamiento del tema. Es cierto que se entrega un mayor conocimiento visual al estudiante, como los modelos de vagones extranjeros o los planos generales de procesos en el primer caso, pero, en cuanto a las locomotivas y material rodante, las ilustraciones se remiten a exhibir los modelos y sus partes, sin figuras que escenifiquen visualmente su funcionamiento, pareciendo más un catálogo detallado que un libro de enseñanza. Finalmente, son tantos los temas abordados por Perdonnet, que el trabajo se vuelve de un carácter muy general, y, precisamente, dicho carácter era útil para Cavallari. La duración del curso de solamente un año no le dejaba más opciones al italiano que dictar

una introducción general a la empresa ferrocarrilera, esperando que las prácticas llenaran las lagunas, o, quizás, su objetivo era dictar el tema ferroviario a sus alumnos simplemente para aumentar su ilustración, sin pensar en que el curso repercutiría en la creación de especialistas en el área.

Una vez que la carrera de ingeniería civil se traslada a la Escuela de Ingenieros, por decreto de la Ley Orgánica de Instrucción Pública de 1867, Francisco de Garay mantiene como base de su curso de puentes sus apuntes, mientras que Eleuterio Méndez, que reemplaza a Cavallari, elige para su cátedra un libro de Perdonnet publicado antes que el *Traité...*, el *Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer*,²²⁰ que escribe junto a su colega de la *Centrale* Camille Polonceau. Éste incluía pocas consideraciones teóricas, pero muchos números que podrían servir de base para la teoría, concentrando sus ilustraciones en la reproducción de modelos lo suficientemente detallados de cada tipo de mecanismo; aunque, como señalan los autores, era imposible proporcionar dibujos para cada objeto por lo excesivamente costosa que se hubiera vuelto la obra.²²¹

El *Portefeuille...* consta de cinco volúmenes con pocas imágenes, reuniendo la gran mayoría de ellas en un Atlas compuesto por 144 *tableaux* de alta calidad. El primer volumen concentra la mayoría de la información contenida en el *Traité...*: el movimiento de tierra; los rieles y su fabricación; la colocación y mantenimiento de la vía; los cambios de vías; los vagones y las estaciones, para lo cual los autores se apoyan en 95 ilustraciones insertadas entre el texto. En ellas, siguen primando los íconos – imágenes en planos detalles y conjuntos, así como la vista única de una tecnología y/o proceso, sin por ello carecer de las figuras con diversos puntos de vista. De esta forma, los dibujos mantuvieron el tono en la obra posterior de Perdonnet, aunque los que no fueron retomados en el Atlas tenían una calidad inferior. Esto se lo atribuimos a los quince años que pasaron desde la impresión de este trabajo y la publicación del *Traité...*

De hecho, el segundo volumen, que recopila numerosos documentos de diferentes ferrocarriles de Europa y Norteamérica, sólo utiliza tres íconos – imágenes de vagones para el movimiento de tierra como los vistos en el *Traité...* Entretanto, el tercer tomo se dedica a explicar los *tableaux* que componen el Atlas, sin incluir figuras; y el cuarto se compone de

²²⁰ Perdonnet y Polonceau, *op. cit.*

²²¹ *Ibid.*, *Tome premier*, pp. i – vi.

los apéndices con algunos iconos – imágenes de chimeneas o ruedas sin una que destaque frente a lo que ya hemos visto.

Ahora bien, el Atlas tiene muchas figuras que complementan la información de los volúmenes anteriores, dedicando cada *tableau* a un aspecto de la empresa ferroviaria exhibido por múltiples dibujos. En este estilo, se abordan el terreno, las trincheras, los terraplenes, los tipos de rieles (imagen 38), la fabricación de rieles (imagen 39), las diversas herramientas ocupadas para ello en Europa, los cambios y cruces de vías, las barreras, los vagones belgas, ingleses, franceses, norteamericanos de mercancías, de pasajeros, de acarreo de tierra, etc. Todo esto expuesto desde los diferentes puntos de vista, técnicas y modelos didácticos de representación que hemos encontrado hasta ahora, a lo que se suman las descripciones que se encuentran en el volumen tres. Dichas explicaciones se adhieren al sistema de Monge, iniciando por la escala de las imágenes, continuando con la especificación de cada una, y terminando con la aclaración del proceso que realizan en conjunto; sin embargo, esta obra no incorpora texto ni imágenes sobre las locomotoras y sus partes.

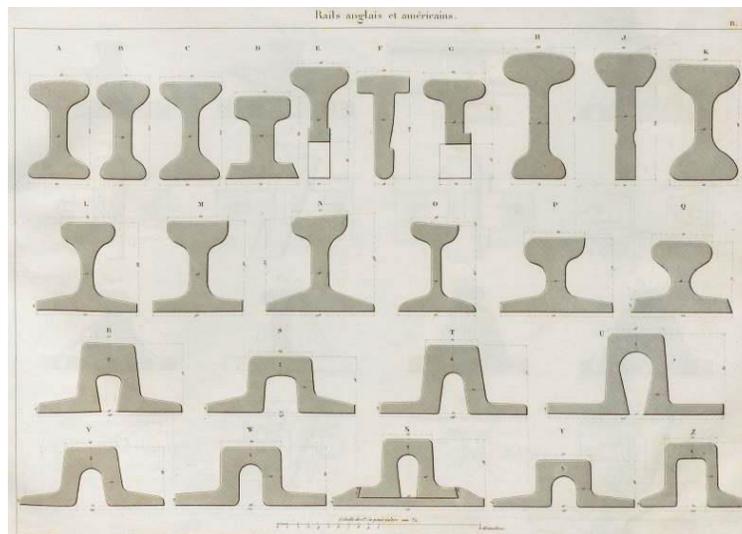


Imagen 38

Muchos de estos dibujos fueron ocupados posteriormente en el *Traité...*, ya fuera exactamente el mismo dibujo o la misma tecnología mostrada desde un ángulo de visión idéntico, pero dibujada por otro artista. Esto lo podemos ver en los tipos de rieles ingleses y norteamericanos de la imagen 38, representados de igual forma que en dicha obra, aunque el formato de *tableau* favorece el reconocimiento y la comparación por parte del alumno.

Así, esta obra viene a ser un buen complemento del *Traité...* Empero, la falta nuevamente de descripciones profundas, diagramas e información más detallada de las locomotoras, la hacía una obra general que servía para conocer mucha de la tecnología ocupada en la empresa ferrocarrilera, pero no tanto para saber utilizar la misma en la práctica. De todas maneras, Perdonnet ocupaba en el *Portafeuille...* la geometría descriptiva de forma más rigurosa que en el *Traité...*, que advertimos era un libro más general y somero que éste, técnica que los alumnos empezaron a conocer detalladamente ese año de 1867 gracias al plan de estudios, que incluyó un curso dedicado a la geometría de Monge.

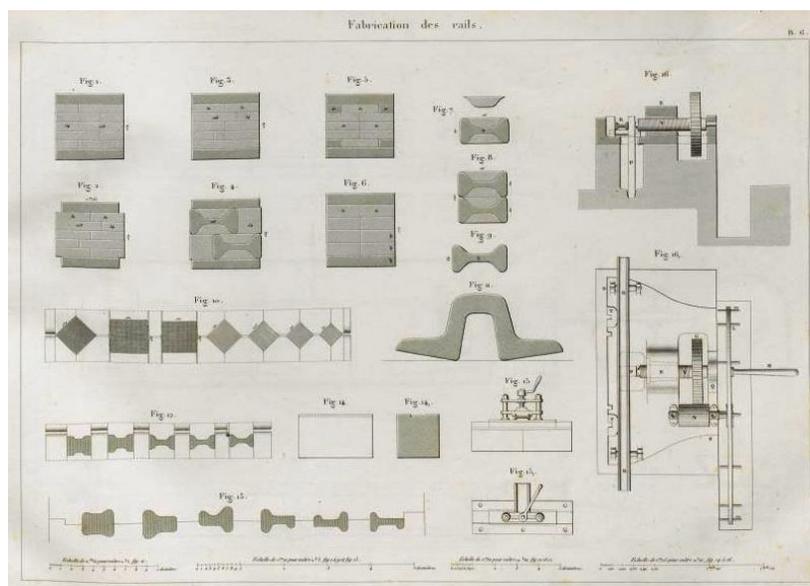


Imagen 39

En el plan de 1877 de la Escuela Especial de Ingenieros también se solicita el trabajo del ingeniero de la *Centrale* Charles Goschler, *Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer*,²²² consagrado a explicar lo concerniente al mantenimiento de la empresa ferroviaria. Sin embargo, no deja fuera otras áreas, pues, como dice Goschler, "...dado que el ferrocarril no es más que un material para la industria del transporte, cualquier obra que se ocupe de su mantenimiento, debe indicar los principios que guían el trabajo de estudio y construcción antes de abordar los temas más específicos de la explotación."²²³ En otras palabras, tanto el mantenimiento de la empresa como su explotación son parte de la tecnología ferroviaria, al igual que una locomotora o un vagón.

²²² Goschler, *op. cit.*

²²³ *Ibid.*, *Tome premier*, pp. v – vi.



Imagen 40

Acorde a ello, Goschler dividió su trabajo en cuatro partes interconectadas: vía, locomoción, explotación y administración, que corresponden a la noción moderna de tecnología, es decir, la ciencia del trabajo productivo.²²⁴ Para cada una de estas partes incluyó abundantes litografías, nada menos que 467 a lo largo de los cuatro volúmenes, todas ellas con una calidad y estilo similar a lo visto en el *Traité...* de Perdonnet; incluso, incorporando algunas pinturas figurativas para la representación de piezas aisladas. El capítulo acerca de las medidas de seguridad de los trenes incluyó este tipo de figuras, como la de la imagen 40, que exhibe una máquina de inducción creada por Siemens, descrita someramente en el texto gracias a la separación que realizan las letras sobre el dibujo.²²⁵ Claramente, este estilo de representación era necesario para la temática abordada, pues se precisaba que los alumnos reconocieran rápidamente dichas herramientas, y no tanto que conocieran su interior, o sus medidas exactas, sin que por esto deje de jugar un papel el aspecto propagandístico ya señalado, en este caso de una empresa.

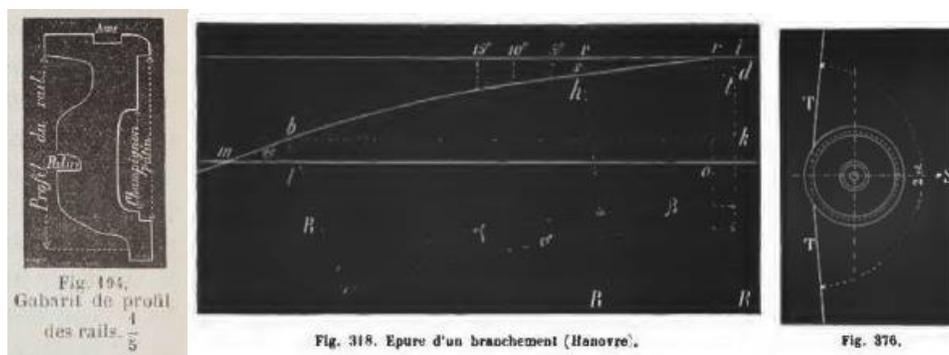


Imagen 41

²²⁴ *Ibid.*, pp. vii – viii.

²²⁵ *Ibid.*, Tome quatrième, p. 326.

Al igual que otros libros, el primer volumen inicia con el movimiento de tierras, seguido por las obras de arte, las defensas viales y la colocación y mantenimiento de la vía, utilizando 181 figuras para apoyarlo. Aquí, es destacable un nuevo tipo de impresión que aparece en el apartado sobre rieles, donde la representación hecha linealmente en color blanco se coloca sobre un fondo negro, logrando un contraste que destaca claramente las líneas e impide su mimesis con el papel. Este estilo se ocupa para representar íconos – imágenes como los rieles vignoles del Norte (figura 194 imagen 41); símbolos, como la ruta que siguen los agentes de servicio de la pista en Hannover (figura 318 imagen 41); y razonamientos matemáticos, como el que se refiere a la resistencia en una polea horizontal (figura 376 imagen 41).²²⁶ Es un estilo diseñado únicamente para resaltar las líneas, y no tiene una relación directa con algún tipo de signo, de hecho, es posible que se haya empleado en esta publicación únicamente ante una impresión de mediana calidad, pues es un método que no se extendió a otros trabajos.

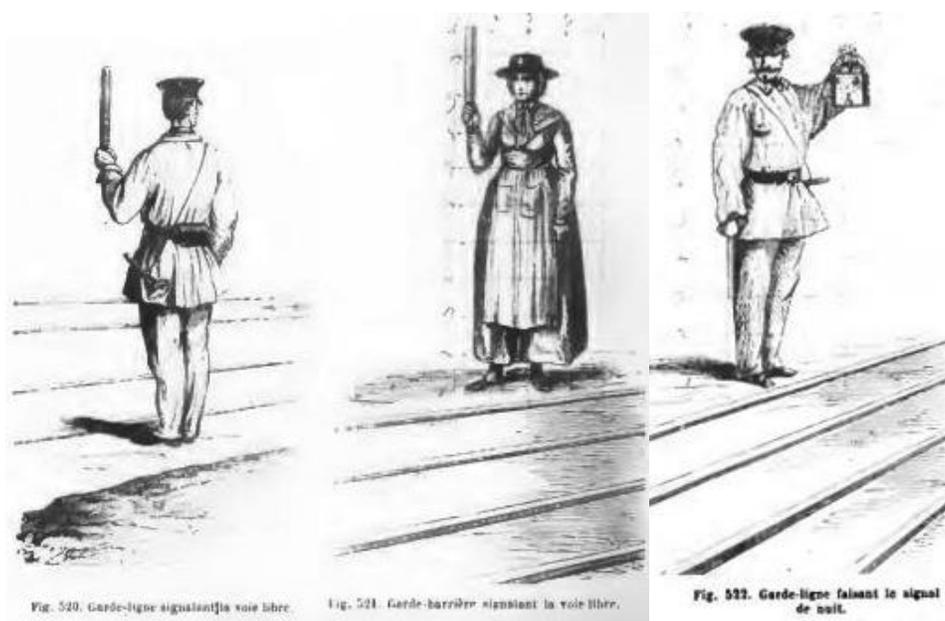


Imagen 42

El tomo siguiente se encarga de los accesorios de la vía, las estaciones y la organización del servicio de la vía, para lo cual se incluyeron 187 dibujos. Al igual que lo visto en el ejemplar anterior, las figuras se mantienen en el tono de lo incluido en las obras de Perdonnet, pero en la sección sobre la “Organización del servicio de la vía”, hay íconos –

²²⁶ *Ibid.*, p. 401.

imágenes de personas haciendo señales de cuerpo completo (imagen 42). Advertimos así, que la operación de la empresa ferrocarrilera exigía nuevas representaciones, como la de estas figuras que exponen las formas de señalizar que la vía no está libre. En efecto, las figuras 529 y 521 de la imagen 42, muestran la posición de descanso con un objeto en posición vertical asumida por el encargado para señalar el estado de la vía durante el día; mientras que en la noche debía levantar su linterna encendida, como en la figura 522 de la misma imagen.²²⁷

El volumen tres reúne 45 ilustraciones sobre construcción de carros, de vagones, de trenes, sus frenos y el recorrido que deben realizar, dibujos muy parecidos a lo ya visto pero que innovan en aras de la simplificación. Un ejemplo de esto es posible apreciarlo en la imagen 43, donde tenemos un vagón expuesto mitad por fuera y mitad por dentro, a la par que su tren se halla invertido en cada lado.²²⁸ Entretanto, notamos aquí otro de los problemas que presentaban estas publicaciones extranjeras para estudiantes de países periféricos, en este caso mexicanos, el tratar temáticas que no tenían nada que ver con las condiciones de construcción y operación de los ferrocarriles de esos países, por lo cual, muchos de sus apartados e imágenes no eran útiles para los alumnos de ingeniería locales. Por ejemplo, en el texto de Goschler encontramos dibujos de máquinas ocupadas en el mantenimiento de las vías, pero en climas inexistentes en México, como el carro para quitar nieve de Austria de la imagen 44.²²⁹

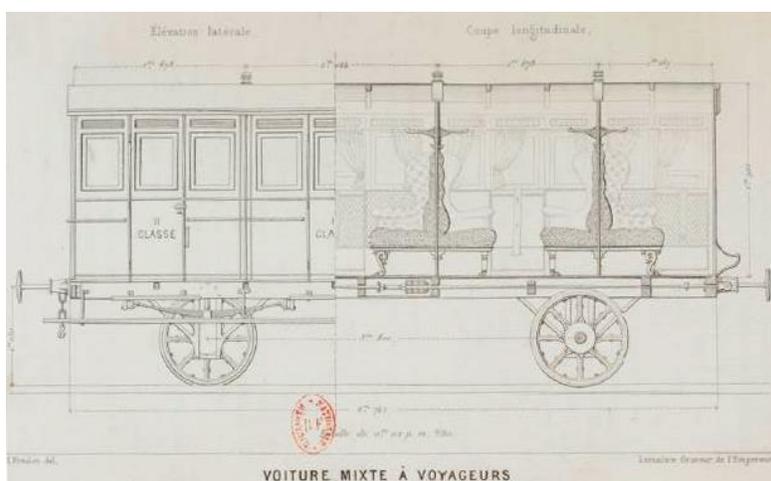


Imagen 43

²²⁷ Goschler, *op. cit.*, *Tome deuxième*, pp. 523 – 524.

²²⁸ Goschler, *op. cit.*, *Tome troisième*, p. 68.

²²⁹ *Ibid.*, p. 274.

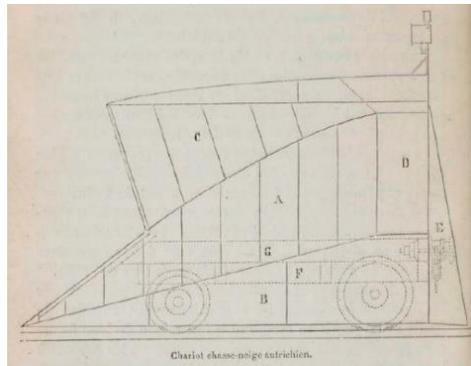


Imagen 44

Por último, el cuarto volumen reúne 54 imágenes, la mayoría utilizadas en su segundo capítulo para representar aparatos de acoplamiento, muelles de choque, cajas de grasa, ejes de carros, ruedas y frenos. Otras de las figuras presentes son esencialmente simbólicas, sin nada que alguien no entrenado pudiera comprender, como el cuadro del servicio de las máquinas del ferrocarril del Norte de la imagen 45, que representa un tercio de vagón cargado moderadamente.²³⁰ Vemos así, que las imágenes empleadas por Goschler se mantienen en el tono del resto de impresos, aunque su cantidad y calidad es inferior a lo visto en Perdonnet. Asimismo, fuera de algunos símbolos discernibles para los alumnos sólo con la ayuda del profesor, la mayoría se mantenía en el tono de ícono-imagen que eran reconocibles para los estudiantes, pero no cabalmente como ya señalamos ante la falta del conocimiento de los objetos, las máquinas en este caso.

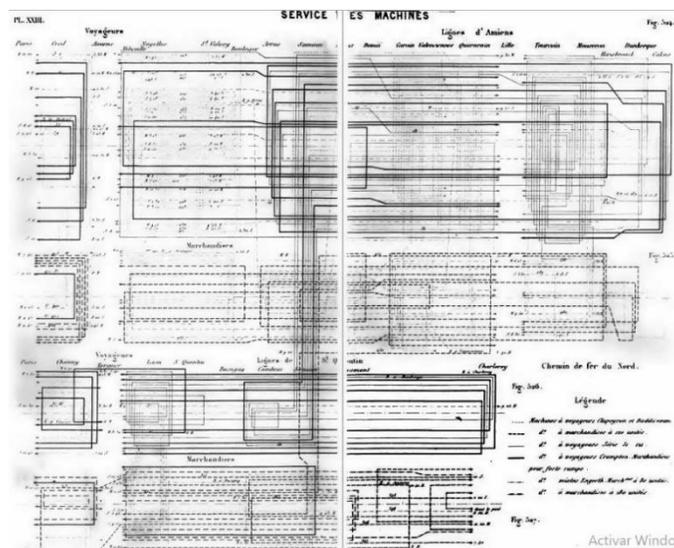


Imagen 45

²³⁰ Goschler, *op. cit.*, Tome quatrième, p. 114.

No podemos dejar de nombrar el libro de Pascual Almazán, el cual también fue ocupado en estos años, aunque, lamentablemente, no incluyó ningún tipo de ilustración para apoyar su información, pero es el único escrito dedicado expresamente a la enseñanza que utilizaron los estudiantes de ingeniería civil de la ENI, lo que lo convierte en el primer libro de texto como tal sobre tecnología ferroviaria utilizado por los estudiantes de ingeniería mexicanos.

Para finalizar el capítulo, es importante señalar que las imágenes de los libros fueron importantes para que los alumnos pudieran reconocer múltiples tecnologías, Perdonnet y en menor grado Goschler, incluían fuera de la francesa ejemplos de aquella desarrollada en Alemania, Bélgica, Inglaterra y Estados Unidos. Esto es significativo para el caso de México, donde se mezclaban principalmente la belga y la norteamericana, pero como vimos éstas eran en su mayoría ilustraciones y descripciones estáticas. El alumno sería capaz de reconocer la pieza por fuera, y algunas de éstas también por dentro, pero fuera de la explicación de cómo se disponen y se conectan sus partes no hay muchas especificaciones de cómo colocarlas, cómo se ven cuando está operando normalmente, cómo se ven cuando no lo está haciendo, etc. Convenciones como las flechas y las manos intentaban arreglar este problema, pero fueron desapareciendo y nunca fueron realmente muy populares.

Por esto, no se podría hablar aún de una formación de una cultura visual técnica local, pues fuera de las explicaciones de los libros y de los profesores en las clases, los estudiantes carecían del conocimiento directo de la tecnología que enriqueciera un imaginario que ayudara a la denotación y connotación, a la semiosis. Podían ser guiados por el docente que poseería esa cultura visual, pero, al todavía no imponerse la geometría descriptiva en el tema ferroviario al menos, y también por los aspectos nacionalistas y publicitarios de las obras, no se lograba el objetivo de las imágenes técnicas de ser reconocibles y aprehensibles en cualquier contexto.

Estas carencias la conocía Juárez, que legisló para que los estudiantes pudieran hacer sus prácticas en las propias compañías; lo sabían los profesores, que incluían ese rubro en sus cátedras, y los sabían los directivos mismos de la Escuela, quienes exigían estas prácticas para titularse; sin embargo, vimos que esto era difícil de realizar, pues los ingenieros extranjeros no cedían sus espacios y eran pocos las líneas que se construían en el país. Veremos en el próximo capítulo si esto cambió con la llegada de las grandes empresas

norteamericanas, además de conocer la influencia que éstas pudieron haber tenido en la enseñanza de los ingenieros en la ENI, y las posibles repercusiones en los textos y sus imágenes.

Capítulo 2. La cultura visual asimilada por los ingenieros mexicanos durante la implantación de la tecnología ferrocarrilera norteamericana, 1880 – 1900.

Introducción

Este segundo capítulo, lo dedicaremos al análisis del curso que toma la enseñanza de la tecnología ferrocarrilera en la Escuela de Ingenieros, mientras las compañías ferroviarias norteamericanas se instalaron en el país y construyeron las líneas troncales, que unieron la ciudad de México con la frontera norte en diferentes puntos. En esos años, el Estado fue cambiando su postura respecto a las concesiones para la construcción de estas líneas, de una apertura total, aprovechada por muchos empresarios estadounidenses, a un enfoque cada vez más restrictivo, debido al temor que produjo en el gobierno mexicano el monopolio manejado desde los Estados Unidos, temor que fue acrecentándose a medida que nos acercamos al cambio de siglo.

Aquel recelo se transmitió de diferentes formas a la enseñanza ferrocarrilera en el país, por una parte, el gobierno buscó preparar trabajadores que pudieran manejar la tecnología del país del norte en el corto plazo creando la Escuela Práctica de Maquinistas; mientras que, por otra parte, en la Escuela de Ingenieros se buscó finalmente una renovación del modelo didáctico que había primado en todo el siglo XIX, por lo que examinaremos las nuevas reformas que intentaron mejorar la enseñanza en la institución, tanto las emanadas del gobierno como las del mismo establecimiento. En ese contexto, pondremos especial atención en las consecuencias que estos hechos tuvieron en las clases acerca de la empresa ferrocarrilera en la ENI, en sus programas, profesores y libros.

Cerraremos el capítulo con el análisis de la cultura visual de las publicaciones utilizadas en los cursos, que irán adecuándose a todas las renovaciones que se dieron en la instrucción nacional. Inspeccionaremos primero las continuidades y desigualdades en la forma de exhibir la tecnología en los dibujos, entre aquellos utilizados en las décadas del modelo francés de ingeniería y baja construcción ferroviaria, y aquellos que presentan los textos

empleados bajo la égida de las compañías norteamericanas y su técnica. Para terminar, examinaremos las particularidades que la fotografía y su utilización frente al uso de las ilustraciones tradicionales.

2.1 La enseñanza de la ingeniería civil y sus libros de texto en los años de consolidación de la red ferroviaria mexicana, 1880 – 1892.

Las concesiones otorgadas por el general Díaz al final de su primer mandato, surtieron efecto rápidamente, terminándose las líneas troncales más importantes entre 1880 y 1890. Éstas unieron el centro del país con Nuevo Laredo (Ferrocarril Nacional Mexicano), Ciudad Juárez (Ferrocarril Central Mexicano) y Piedras Negras (Ferrocarril Internacional Mexicano). Asimismo, dos líneas comunicaban la altiplanicie central con el puerto veracruzano (Ferrocarril Mexicano e Interoceánico), existían vías férreas en Yucatán y el noreste, y estaban en proceso de terminarse líneas entre San Luis Potosí y Tampico, Manzanillo y Colima y Guadalajara e Irapuato.²³¹

Esta red ferroviaria fue construida casi exclusivamente con materiales traídos de los Estados Unidos, ya que las concesiones porfirianas incluyeron la liberación de la importación, desde un clavo hasta una estación completa. En ese sentido, el auge constructivo de los ochentas no significó la apertura de un gran espacio laboral para los mexicanos, ya que las compañías más grandes del período, las del Ferrocarril Nacional y Central, contrataron ingenieros civiles norteamericanos para el trazado, construcción y mantenimiento de sus líneas, debido a su familiaridad con los trabajos y las máquinas. Además, aún en los puestos bajos los estadounidenses tuvieron la preferencia, y un peón de aquel país, ganaba casi el doble haciendo el mismo trabajo que un mexicano.²³²

La necesidad de adoptar los patrones tecnológicos estadounidenses en los caminos de fierro locales, mermó tanto las áreas de trabajo para los ingenieros nacionales, entrenados en la poco pragmática ingeniería francesa, como la posibilidad de desarrollar una tecnología autóctona. Sin embargo, la Escuela se mantuvo en pie, ya que un grupo de sus graduados eran captados por la administración pública. Esto le otorgó cierta importancia a la ingeniería durante el régimen de Díaz, cuyo perfil nacionalista lo impelía a promocionar

²³¹ Guajardo Soto, *op. cit.*, 1995, pp. 59 – 60.

²³² *Ibid.*, pp. 138 – 141.

la cultura tecnológica local, que sumado a la mentalidad de progreso material que se fue creando y el interés por mostrar modernidad al resto del mundo, derivó en un constante interés por mantener la ENI pese a los pobres resultados.²³³

Ahora bien, el arribo de la tecnología estadounidense a los ferrocarriles locales no significó un cambio inmediato en la enseñanza ofrecida en la Escuela de Ingenieros. Entre 1880 y 1882, el curso de puentes, canales y obras en los puertos continuó dictándose con base nada más que en los apuntes de su profesor, que siguió siendo Francisco de Garay; mientras que la cátedra de caminos comunes y ferrocarriles mantuvo los mismos textos de Perdonnet, Goschler y Pascual Almazán utilizados por Eleuterio Méndez, quien conservó la estructura previa de su programa, idéntica a los informes dirigidos por los ingenieros a la Secretaría de Fomento y los manuales sobre ferrocarriles: introducción, caminos comunes, ferrocarriles, diversas instalaciones ferroviarias, los diferentes sistemas locomotrices de tracción y la locomotora de vapor.²³⁴ Lo que diferencia a un manual de un libro de texto, es fundamentalmente que el primer busca ser a la vez texto y profesor, o sea, no está escrito para ser utilizado en un salón de clase bajo la guía de un docente, sino para personas con ciertos conocimientos que podían ocuparlo como libro de consulta y aprender algunos aspectos que no conocieran.²³⁵

Méndez había ganado experiencia práctica durante la década de 1870 trabajando como segundo ingeniero del Ferrocarril de Toluca y Cuautitlán al lado de su hermano y jefe Santiago, por lo que conocía los formatos de los informes que se debían entregar al gobierno, y era capaz de utilizar los manuales.²³⁶ Sin embargo, quizás esto mismo interfirió con su curso, pues al traspasar el formato del manual al plan de estudios intentó darle un aspecto práctico que los alumnos no iban a poder realizar, siendo un factor más para no pudieran aprehender la experiencia adquirida por Méndez, algo que también ocurría con los demás profesores. Antonio del Castillo, director de la Escuela en estas fechas, apuntó la urgencia de dar un carácter más práctico a los estudios de la institución. Para del Castillo, el exceso en la adquisición de conocimientos matemáticos abstractos, y la tendencia a dar

²³³ Saldaña, *op. cit.*, 2010, pp. 91 – 92.

²³⁴ Acuerdo, minuta y oficio donde el Secretario de Fomento solicita al director de la Escuela Especial de Ingenieros [Antonio del Castillo], que le envíe un programa de estudios detallado de los cursos que se imparten en este establecimiento, el cual les es remitido, 21 diciembre 1881 – 18 enero 1882. AHUNAM : ENI, caja 19, exp. 4, f. 13 – 17.

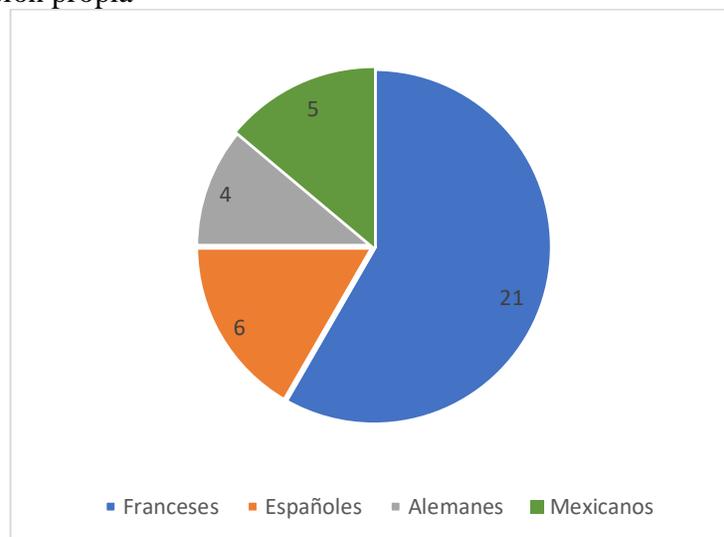
²³⁵ Choppin, *op. cit.*, p. 158.

²³⁶ Aguayo Hernández, *op. cit.*, p. 146.

preferencia a la teoría sobre la práctica, hizo que no se obtuvieran los resultados esperados. Sin embargo, también era fundamental que el presupuesto del Establecimiento hizo imposible comprar la maquinaria necesaria para que los alumnos ensayaran.²³⁷

En 1883 se promulgó la Ley de Instrucción Pública, que transformó la Escuela Especial de Ingenieros en la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI), nombre que le acompañaría por el resto de su vida institucional. Se iniciaron los estudios de telegrafía e ingeniería industrial, que reemplazaron a los de mecánica, y se actualizaron los planes de estudio de las diferentes carreras, siempre buscando una mayor práctica.²³⁸ Esto se advierte en la creación de un tronco común para las diferentes ingenierías, conformado por: matemáticas superiores, geometría descriptiva, topografía e hidromensura, mecánica analítica y aplicada, hidrografía y meteorología, estereotomía y carpintería, conocimiento de materiales de construcción, teoría mecánica de las construcciones, química analítica aplicada y cursos de dibujo. Mientras que para la ingeniería civil también se debería cursar: geometría analítica y cálculo infinitesimal, construcción práctica, caminos comunes y ferrocarriles, y puentes, canales y obras en los puertos.²³⁹

Fuente: Elaboración propia²⁴⁰



Gráfica 5. País de origen de los libros de texto utilizados en 1884

²³⁷ Oficios, programas y minutas en que Antonio del Castillo, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, informa y remite al Ministro de Fomento los diferentes programas de estudios de los cursos que se imparten en esa Escuela, 14 enero – 13 noviembre 1882. *AHUNAM : ENI*, caja 19, exp. 5, f. 20.

²³⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, 2012, p. 79.

²³⁹ *Ibid.*, pp. 97 – 98.

²⁴⁰ Programas de estudio de los cursos impartidos en la escuela, 5 – 15 octubre 1883. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 19, exp. 8, f. 109 – 164.

En cuanto a los libros de texto que se usaron con la reforma, al ver la gráfica 5 notamos que en 1884 los franceses seguían dominando la enseñanza en la Escuela, siendo 21 de las 41 obras utilizadas en este plan de estudios de dicha nacionalidad. No obstante, también es posible advertir una mayor diversidad de textos que antes de la enmienda, apareciendo obras españolas, mexicanas y alemanas. La Escuela Politécnica de París se mantuvo como la principal productora de los libros empleados en las aulas de la ENI, mientras que la Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento se hizo presente con el texto de *Hidromensura*²⁴¹ de Manuel Fernández Leal.

Fernández Leal, catedrático de topografía e hidromensura de la Escuela, señaló en el prólogo de su obra que cuando tomó aquel curso en 1868, no había un libro que pudiera servir de texto según el programa del mismo.²⁴² Debido a esto, decidió combinar el *Traité d'hydraulique*²⁴³ del ingeniero francés D'Aubuisson con apuntes realizados por él mismo, los que entregaba a los alumnos para que los copiasen. Esta práctica fue conocida por el Secretario de Fomento, Carlos Pacheco, quien dispuso la impresión de dichos apuntes.²⁴⁴

En este caso, la impresión se fundamentó en la Ley de Instrucción Pública, la cual buscaba promover la redacción de apuntes de clase y la publicación de libros de texto por parte de los profesores.²⁴⁵ Entre los materiales didácticos que se escribieron o publicaron en este tiempo, Ramos Lara enumera los de Francisco Bulnes para meteorología e hidrografía y física del globo; Mariano Villamil para telegrafía y matemáticas superiores; Manuel Urquiza para mineralogía, geología y paleontología; Francisco Díaz Covarrubias y Leandro Fernández para análisis trascendente; el mismo Covarrubias para matemáticas superiores, geodesia y astronomía práctica y topografía y legislación de tierras y aguas; Francisco de Garay para puentes y canales; y Eleuterio Méndez para caminos comunes y ferrocarriles.²⁴⁶

Lamentablemente, Ramos Lara no da la referencia bibliográfica de los textos, y, como iremos viendo en este capítulo, no siempre estos libros se ocuparon en clases, o al menos no

²⁴¹ Manuel Fernández Leal, *Hidromensura o medida del agua en los diversos casos que puedan presentarse. Precedida de las nociones indispensables de hidráulica*, segunda edición, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1891, 74 pp.

²⁴² *Ibid.*, pp. v – vi.

²⁴³ J. F. D'Aubuisson de Voisins, *Traité d'hydraulique a l'usage des ingénieurs*, seconde édition, Paris, Chez Pitois – Levrault, 1840, 644 pp.

²⁴⁴ Fernández Leal, *op. cit.*, pp. v – vi.

²⁴⁵ Decreto y oficio expedido por Manuel González sobre la nueva Ley de Instrucción Pública, 1883. *AHUNAM : ENI*, caja 2, exp. 18, f. 139 – 141.

²⁴⁶ Ramos Lara, *op. cit.*, 2012, pp. 120 – 121.

aparecían en las listas de obras remitidas a las Secretarías de Fomento y de Instrucción Pública para su aprobación. De hecho, el único autor de los señalados por Ramos Lara del cual encontramos publicaciones es Covarrubias, cuyos trabajos se utilizaron en matemáticas superiores²⁴⁷ y topografía²⁴⁸ en 1884. Entretanto, no nos fue posible encontrar los escritos atribuidos a de Garay y Méndez para sus respectivas cátedras, y no fueron incluidos por ellos mismos en los planes de estudios del periodo.

De todas maneras, si notamos un cambio en la clase de puentes, canales y puertos, solicitando de Garay por vez primera algunas obras para complementar sus apuntes. Así, tenemos los trabajos de Mary, *Cours de routes et ponts*²⁴⁹ y Minard, *Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux*,²⁵⁰ para las lecciones sobre puentes y navegación, obras dedicadas a la enseñanza que se ocupaban en la *Centrale* y en la *École des Ponts et Chaussées*. En éstas, junto a unas pocas ilustraciones, se habla de la clasificación de las rutas, la formación de un proyecto vial, el trazado, construcción y mantenimiento de calzadas, la construcción de puentes en madera, piedra, suspendidos, la enseñanza de la navegación fluvial, las principales circunstancias de movimiento del agua, las fórmulas de hidráulica, las defensas costeras, los diques transversales y longitudinales, los puertos y estaciones, los acueductos y las bocas de canales en ríos, entre otros temas.

Minard también incluyó un Atlas, que para estos años ya era un recurso casi obsoleto como veremos en el tercer apartado, pero que se entiende al revisar el año de publicación de la obra, 1841, por lo que claramente estaba desactualizada en cuanto a la tecnología de puentes, canales y puertos, así como de impresión. Al menos, los dos trabajos eran libros de texto con una orientación más práctica, como denotaba su utilización en la *Centrale*. Esta continuidad del modelo francés de enseñanza ingenieril en la Escuela tiene una explicación en que Francia era el modelo cultural e intelectual de la élite porfiriana, por lo que la

²⁴⁷ Francisco Díaz Covarrubias, *Elementos de análisis trascendente o cálculo infinitesimal: fundado en nuevos principios independientes de toda consideración de límites y de cantidades infinitesimales o evanescentes*, México, F. R. Castañeda y L. G. Rodríguez, 1873, 303 pp.

²⁴⁸ Francisco Díaz Covarrubias, *Tratado de topografía y de geodesia. Con los primeros elementos de astronomía práctica*, México, Imprenta de Gobierno en Palacio [A cargo de José María Sandoval], 1868, 2 vols.

²⁴⁹ Mary, *Cours de routes et ponts professé a L'École Centrale des Arts et Manufactures*, Paris, J. Dejeu & Cie, Imprimeurs – éditeurs : J. Baudry, Libraire – éditeur, 1873, 397 pp.

²⁵⁰ Minard, *Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux, professé a L'École des Ponts et Chaussées de 1832 a 1841*, Paris, Carilian – Gœury et Von Dalmont, Éditeurs, 1841, 425 pp.

instauración de la filosofía positivista de Augusto Comte y su concepto de la ciencia en la enseñanza era un paso lógico para el régimen.²⁵¹

Por su parte, el Ferrocarril Mexicano continuó siendo el campo de práctica para los alumnos de ingeniería civil, por la variedad de equipos, infraestructuras, y las obras de arte con las que contaba; pero, como apuntamos en el capítulo anterior, la recepción de los alumnos por la compañía no siempre fue de las mejores. A esto, vino a sumarse en estos años, el que los trabajadores estadounidenses terminaron rápidamente la construcción de la vía, truncando con ello al poco tiempo una posibilidad de práctica para los estudiantes mexicanos. Esto trajo como consecuencia que algunos alumnos buscaran salir del país, como lo intentaron cinco de ellos en 1886, pues la escasez de construcciones ferrocarrileras de importancia en territorio nacional lo volvía obligatorio si se deseaba conocer a cabalidad el medio de transporte.²⁵²

En 1885 la lista de textos mantuvo la tendencia hacia los franceses, aunque se advierte un crecimiento paulatino de las obras norteamericanas, así como la aparición de estudios de otras naciones como Italia.²⁵³ Estas obras italianas son dignas de destacar, pues, en una de ellas, encontramos por primera vez la utilización de la fotografía para la enseñanza dada en la ENI. Es el astrónomo italiano Pietro Angelo Secchi el autor de *Le soleil*²⁵⁴ y *Les étoiles*,²⁵⁵ publicadas en Francia en la séptima década del siglo XIX y solicitadas por el profesor Ángel Anguiano, ingeniero civil y arquitecto recibido en San Carlos, para la clase de astronomía física y elementos de mecánica celeste.²⁵⁶ La primera de aquellas obras incluyó fotos de eclipses y del sol, junto a dibujos de instrumentos y otros fenómenos cósmicos, pues el uso didáctico dado a las imágenes fotográficas difería del otorgado a las ilustraciones. Tanto usos, como tipos de representaciones ocupadas en la fotografía, lo trataremos en extenso en la tercera sección del presente capítulo.

Es importante destacar que el empleo de libros actuales en la clase de astronomía, producidos con la última tecnología de impresión, no era una casualidad. Díaz la consideró

²⁵¹ Mauricio Tenorio Trillo, *Artifugio de la nación moderna. México en las exposiciones universales, 1880 – 1930*, México, Fondo de Cultura Económica, 1998, p. 38.

²⁵² Guajardo Soto, *op. cit.*, en Rodríguez Sala y Moncada Maya (coords.), *op. cit.* pp. 131 – 132.

²⁵³ Planes y programas de estudio, 1885. AHUNAM : E.N.I., caja 19, exp. 10, f. 66.

²⁵⁴ P. A. Secchi, *Le soleil*, deuxième édition revue et augmentée, París, Gauthier Villars, Imprimeur Librairie, 1875 – 1877, 2 vols.

²⁵⁵ P. A. Secchi, *Les étoiles essai d'astronomie sidérale*, Paris, Librairie Germer Bailliére et Cie, 1879, 2 vols.

²⁵⁶ Planes y programas de estudio, 1885. AHUNAM : E.N.I., caja 19, exp. 10, f. 67.

esencial junto a la cartografía, fundando primero la Comisión Geográfico Exploradora en 1877, encargada de las observaciones, mediciones y reconocimiento del territorio nacional; y, al año siguiente, el Observatorio Astronómico Nacional, bajo la dirección de Anguiano. Estas decisiones correspondían a los planes del general para el reconocimiento de todo el terreno nacional, y para la profesionalización del ejército, propósitos que se reflejaron en aquella cátedra, la cual formó astrónomos de calidad para que dichas instituciones no tuvieran que recurrir a extranjeros para su funcionamiento.²⁵⁷

Este mismo año de 1885, ya mostrándose los efectos de la reforma de 1883, la clase de caminos comunes y ferrocarriles solamente mantuvo el texto de Goschler del viejo plan, y sumó una nueva obra impresa en 1876 por la *Centrale*, *Calculs de voies ou application de la trigonométrie aux calculs des branchements traversées communications et raccordements des voies dans les gares*.²⁵⁸ Ésta fue escrita por J. Maridet, jefe de sección de una compañía ferrocarrilera gala, sin incorporar ninguna ilustración para tratar el cálculo y la trigonometría de las vías, sirviendo más bien como un complemento teórico del tratado de Goschler.²⁵⁹ Es destacable que se hallan dejado de lado tanto el *Portafeuille...* como el *Traite...*, que señalamos en el capítulo anterior no eran libros dedicados expresamente a la enseñanza, y cuyo objetivo no era una transferencia completa de la tecnología ferrocarrilera. Esto nos habla de que Méndez buscaba transmitir de una mejor manera la tecnología francesa, quedándose con Goschler, que abordaba todos los aspectos de la empresa ferrocarrilera, y sumando un libro teórico para que los estudiantes entendieran las bases de máquinas que en su mayoría no iban a poder utilizar.

Para finales de la década de los 80 del siglo XIX, la influencia francesa en la enseñanza técnica de la ENI alcanzó su punto más alto, pues de los 48 libros de texto utilizados en 1887, 30 eran de origen francés; a pesar de ello, la nacionalidad de los textos se amplió notablemente (gráfica 6).²⁶⁰ Si bien se mantuvo un número considerable de obras ocupadas

²⁵⁷ Saldaña, *op. cit.*, Tomo II, 2010, pp. 70 – 71.

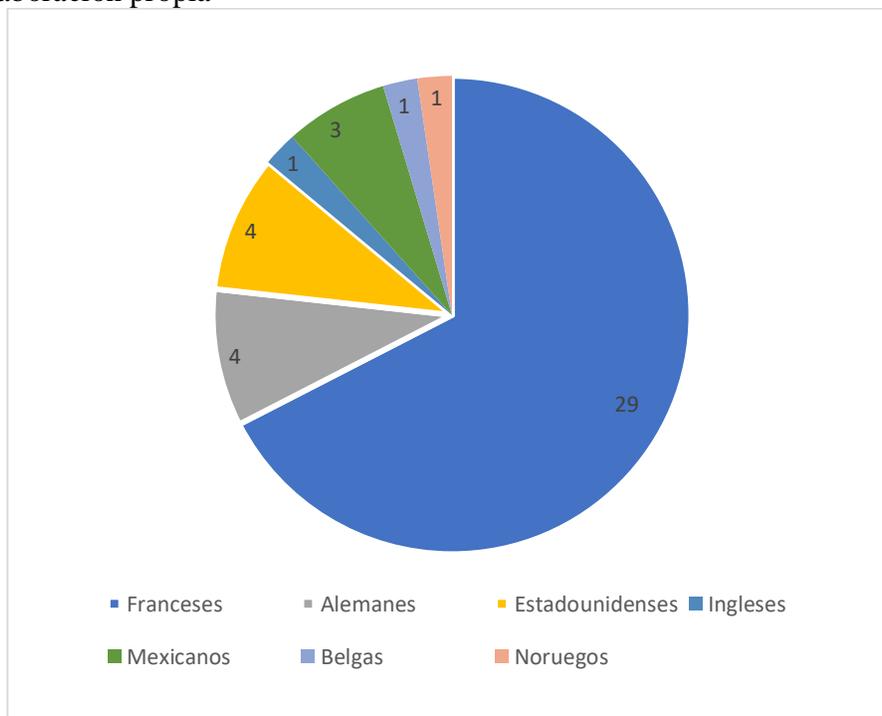
²⁵⁸ J. Maridet, *Calculs de voies ou application de la trigonométrie aux calculs des branchements traversées communications et raccordements des voies dans les gares*, Paris, J. Dejeu & Cie, Imprimeurs – Éditeurs de l'École Centrale des Arts et Manufactures de la Société des anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Metiers, 1876, 103 pp.

²⁵⁹ Oficios, programas y minutas enviados por Manuel Urquiza, de la Escuela Especial de Ingenieros al Ministro de Fomento, en relación con las clases que se imparten en esa Escuela, así como información acerca de los textos que se usarán para cada materia en el año de 1885. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 19, exp. 10, f. 178.

²⁶⁰ Programas de estudio de los cursos impartidos en la escuela, 9 julio 1886 – 31 enero 1887. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 19, exp. 11, f. 240 – 283.

anteriormente, poco menos de la mitad eran nuevas; aunque, de éstas, sólo cuatro fueron publicadas en el mismo decenio. En este panorama, es la clase de astronomía la que incorporó los libros más actuales, sumando a las obras de Secchi el texto publicado en 1883 por el astrónomo y profesor de la Escuela Politécnica de París H. Faye, *Cours d'Astronomie*.²⁶¹

Fuente: Elaboración propia²⁶²



Gráfica 6. País de origen de los libros de texto utilizados en 1887

Junto con esto, es digno de destacar que para el curso de dibujo de máquinas, que era parte de la carrera de ingeniería civil, su profesor, el ingeniero Antonio A. Anza, pidió el *Album de Mécanique*²⁶³ del ingeniero francés Perrot. Éste incluía algunos *tableaux* de máquinas de vapor, locomotivas y sus partes, acercando a los alumnos a los códigos que la cultura visual ferrocarrilera francesa utilizaba en sus representaciones. No obstante, dicha obra cuenta ya con varios años en ese momento, pues fue publicada en 1859, por lo que las ilustraciones de locomotivas representan modelos ya anticuados para la época.

²⁶¹ H. Faye, *Cours d'astronomie de L'École Polytechnique*, Paris, Gauthier – Villar, Imprimeur – Librairie du Bureau des Longitudes, de L'École Polytechnique, 1883, 464 pp.

²⁶² Programas de estudio de los cursos impartidos en la escuela, julio 9 1886 – enero 31 1887, *AHUNAM : E.N.I.*, caja 19, exp. 11, f. 240 – 283.

²⁶³ Perrot, *Album de mécanique. Principes élémentaires et applications a la construction des machines*, Paris, Chez Bernard Éditeur, 1859, 128 pp.

Las prácticas seguían siendo un problema para la titulación. En 1887 cuatro alumnos de ingeniería civil solicitaron a la Secretaría de Fomento realizar su práctica en Estados Unidos, pues señalaban que no había trabajos de construcción ferrocarrilera en el país con obras de arte dignas de estudiar. La Secretaría dispuso que los alumnos “...Francisco Serrano, Juan Mateos, Carlos Daza y Álvaro Rodríguez, que han terminado sus estudios teóricos para ingeniero civil, pasen a comenzar su práctica haciendo un estudio del Ferrocarril Mexicano en su locación y en sus obras de arte...,”²⁶⁴ no obstante, también autorizó sus prácticas fuera de México. Es así que muchos de los titulados, quienes recibieron el apoyo del gobierno para foguearse en el extranjero, ni siquiera realizaban sus prácticas en algún taller o en una construcción, sino que debían realizar un estudio del funcionamiento de una empresa ferroviaria.

En 1888, Méndez quitó el libro de Maridet y sumó al de Goschler un texto reciente, *Cours de routes* del inspector general de puentes y calzadas de Francia León Durand-Claye.²⁶⁵ De éste solamente nos fue posible encontrar su segunda edición de 1893, dedicada a la disposición, el estudio y la redacción de un proyecto de ruta, así como de su construcción y mantenimiento; pero, a diferencia de Maridet, este autor si se apoya en numerosas litografías que analizaremos posteriormente. Es destacable que Méndez nunca dejó de renovar su curso, cambiando libros y reestructurando sus planes de estudio de acuerdo con las necesidades de su alumnado. Ejemplo de esto es el libro de Durand-Claye, el cual profundizaba en un área de la empresa ferroviaria en la que si se sumaron ingenieros mexicanos, como vimos en el capítulo anterior.

Además, el texto servía como apoyo para los primeros cuatro apartados del curso: la vía; los materiales y la superestructura; los aparatos de las vías; y las partes especiales de la misma. En la quinta, se trataba los accesorios de los ferrocarriles: señales, indicadores, aparatos para cargar y pesar, etc., temáticas que podemos encontrar en el libro de Goschler, al igual que las siguientes secciones del programa: edificios ferroviarios, material rodante, y

²⁶⁴ Minuta, carta y oficio de Antonio del Castillo, director de la Escuela de Ingenieros, informando al Secretario de Fomento, sobre la solicitud de los alumnos Serrano, Mateos, Daza y Rodríguez para hacer sus prácticas profesionales en Estados Unidos, lo cual se autoriza, 10 – 30 diciembre 1887 *AHUNAM : E.N.I.*, caja 30, exp. 8, f. 24.

²⁶⁵ León Durand-Claye, *Cours de routes. Professe à L'École des Ponts et Chaussées. Dispositions d'une route – Étude et redaction des projets – construction – Entretien*, seconde édition revue et corrigée, París, Librairie Polytechnique : Baudry Et Cie, Libraires – Éditeurs, 1893, 606 pp.

locomotivas.²⁶⁶ Es notable que los ingenieros mexicanos aprendían muy poco de las locomotoras que se ocupaban en el país, al menos por lo que indican los libros ocupados en clase, porque si bien estos abordaban la tecnología norteamericana no lo hacían en términos prácticos.

Acerca de esto, en las consultas que se realizaron a los profesores sobre el plan de estudios, Leandro Fernández, que fue director de la Escuela entre 1895 y 1900, señaló que el programa de caminos comunes y ferrocarriles era bastante completo pero en extremo detallado, con textos de consulta mas no didácticos. En tanto, acerca del programa de puentes, canales y obras en los puertos, apuntó que le parecía exhaustivo en la parte relativa a puentes y canales, mas muy conciso en la de puertos de mar, tachando de anticuada la obra de Minard.²⁶⁷ Es claro que Fernández no estaba de acuerdo con las obras escogidas en las clases ligadas al ferrocarril, con lo que discrepaba Antonio del Castillo, director de la institución de 1881 a 1895, quien permitió que trabajos como el de Goschler se mantuvieran por largo tiempo sin presionar a los profesores para que los actualizaran.

Esta permisividad de del Castillo en cuanto a las publicaciones utilizadas por los profesores, se refuerza con lo ocurrido años antes en el curso de mecánica analítica y aplicada, dictado por el topógrafo e hidromensor Francisco Rodríguez Rey, quien incluyó en su clase el texto del ingeniero de minas Edmond Bour, *Cours de mécanique et machines*,²⁶⁸ escrito para la clase correspondiente de la Escuela Politécnica, y otro de un autor llamado Faffe, de quien no encontramos algún tipo de información. Lo interesante, es que del Castillo aprobó estos textos apuntando "...que aunque sería de desear se diera más extensión al conocimiento y aplicación de las máquinas de vapor, como los autores Bour y Faffe, cada uno en su especialidad, son buenos, el programa lo es igualmente..."²⁶⁹ De esta manera, sin más política que la calidad de los autores, se aprobó un programa sin mayor conocimiento del mismo.

²⁶⁶ Oficios, programas y minutas enviados por Antonio del Castillo, director de la Escuela de Ingenieros, al Secretario de Fomento, en los que se describen los estudios que se harán en las diversas materias para el año de 1888, 17 agosto 1887 – febrero, 1888. *AHUNAM : ENI*, caja 19, exp. 12, f. 294 – 297.

²⁶⁷ *Id.*

²⁶⁸ Edmond Bour, *Cours de mécanique et machines professé a L'École Polytechnique*, deuxième édition, Gauthiers – Villars, Imprimeur – Libraire du Bureau des Longitudes, de L'École Polytechnique, 1887, 319 pp.

²⁶⁹ Planes y programas de estudio, 1883. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 19, exp. 8, f. 119.

Sin embargo, debemos señalar que en la institución existía una dependencia encargada de aprobar, negar o cambiar una obra, la Junta de Profesores de la Escuela; aunque, hasta este momento, no habíamos encontrado indicios de que hubiera negado el uso de un libro a un profesor. La única vez que supimos de su actuar, fue cuando en 1885 le negó el uso de la misma obra de Edmond Bour a Eduardo Garay, quien había reemplazado a Rodríguez Rey en el curso de mecánica. En efecto, la Junta decidió postular otro texto a la Secretaría de Fomento, pues aquel le parecía un clásico poco accesible para la mayoría de los alumnos, por lo que propuso el *Cours de mécanique pure et appliquée* de Charles Viry,²⁷⁰ ingeniero civil y mecánico de la *Centrale*, el cual juzgó como más didáctico y adecuado para los ingenieros mexicanos.²⁷¹ Advertimos una preocupación de la ENI por actualizar la información entregada a los estudiantes, pero todavía sin mirar más allá del modelo educativo francés.

Entrando a la última década del siglo XIX, había un acuerdo cada vez mayor entre la élite política mexicana en que el comercio y las inversiones con Estados Unidos implicaban un verdadero peligro para la soberanía económica y política del país.²⁷² Al gobierno mexicano le preocupaba que las líneas férreas fueran en su mayoría de dueños norteamericanos, nacionalidad que compartía el personal que ocupaba los altos puestos en los talleres, trenes y estaciones. Años más tarde, dicha preocupación derivó en la creación de Ferrocarriles Nacionales Mexicanos, pero, en 1890, se realizó un primer intento por parte del Estado de capacitar trabajadores ferroviarios con el fin de abrir espacios en las empresas para los operarios mexicanos.

En aquel año, el ingeniero y catedrático de construcción y establecimiento de máquinas de la Escuela, Daniel Palacios, fue comisionado por el ejecutivo para elaborar el proyecto de una Escuela Práctica de Maquinistas (EPM) que formara parte de la ENI. Palacios propuso la creación de dos carreras: conductor de locomotivas y maquinista general. La primera sólo duraría un año, entregando a los alumnos los conocimientos más

²⁷⁰ Charles Viry, *Cours de mécanique pure et appliquée*, Paris, Victor Masson et Fils place de L'École de Médecine, 1870, 370 pp.

²⁷¹ Planes y programas de estudio, 24 enero 1884 – 25 febrero 1885. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 19, exp. 10, f. 178.

²⁷² Paul Garner, *Leones británicos y águilas mexicanas. Negocios política e imperio en la carrera de Weetman Pearson en México. 1889 – 1919*, trad. De Mario A. Zamudio Vega, México, Fondo de Cultura Económica, COLMEX, El Colegio de San Luis, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, 2013, p. 52.

indispensables para conducir una locomotora, mientras que la segunda estaría orientada a preparar gente con la capacidad de reparar y producir tecnología. La Secretaría de Fomento eligió establecer sólo la carrera de conductor, pues los maquinistas no eran bien recibidos en las empresas.²⁷³

De esta forma, la carrera de conductor se abrió el 18 de diciembre de 1890, con un programa que contenía: aritmética; álgebra, hasta ecuaciones de primer grado; geometría elemental; trigonometría plana; elementos de física; elementos de mecánica; conocimiento práctico de los materiales de construcción empleados en las máquinas y; herramientas empleadas para armar y desarmar las locomotoras. Los estudiantes también tendrían conocimiento práctico y detallado de las máquinas de vapor, especialmente de las locomotoras cuyos sistemas fueran los más modernos, y del trabajo práctico y manejo de las máquinas de vapor en general. Finalmente, debían dominar los reglamentos y disposiciones relativas a la marcha de los trenes en las vías férreas, el dibujo lineal y de máquinas, así como realizar una práctica en los talleres de ferrocarriles, maestranzas, fundiciones y establecimientos industriales.²⁷⁴

Lamentablemente, este primer intento no floreció, pues su inserción en la Escuela Nacional de Ingeniería no estaba claramente definida, creando dificultades en la enseñanza a los profesores de ingeniería. Debido a esto, la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública, de la cual pasó a depender la ENI en 1891, emitió un decreto el 20 de febrero de 1892 por el cual se dispuso que los talleres y las clases de la EPM pasaran a ser parte de la Escuela Nacional de Artes y Oficios para Hombres (ENAOH). Así, la carrera fue desapareciendo al ser absorbida por dicha institución; y, para 1911, no existía ninguna asignatura relacionada con el manejo de locomotoras en aquel establecimiento.²⁷⁵

Ahora, si examinamos la clase de construcción y establecimiento de máquinas, que Palacios inició en 1899 como parte de la carrera de Ingeniería Industrial de la ENI, notamos un distanciamiento del modelo francés. Esto lo podemos apreciar en los textos que requirió para su cátedra, dos de origen alemán y uno galo, además de los libros que escribió para el curso. Entre las obras alemanas tenemos la del ingeniero mecánico Franz Reuleaux, *The*

²⁷³ Daniel Palacios al ministro de fomento, 10 de junio de 1890. *AHUNAM : ENI*, caja 3, exp. 33, f. 251, 253.

²⁷⁴ Decreto que crea la Escuela Práctica de Maquinistas, 18 de diciembre de 1890. *AHUNAM : ENI*, caja 3, exp. 33, f. 261.

²⁷⁵ Guajardo Soto, *op. cit.*, 1995, p. 161.

kinematics of machinery. Outlines of a theory of machines,²⁷⁶ que, como señala el mismo autor, se “...ocupa principalmente del establecimiento de aquellas ideas que forman la base de la parte aplicada de la ciencia...”²⁷⁷ Así como, *Lehrbuch der ingenieur und maschinen mechanif, mit den nöthigen hülfsehren aus der unalpfis für den unterricht an technischen lebransialten fomie um gabrauche für lechnifer*²⁷⁸ del ingeniero alemán Julius Weisbach, dedicada a examinar la parte matemática de diferentes construcciones y máquinas.

Sin embargo, es el escrito del ingeniero y antiguo estudiante de la Politécnica Pierre-Jules Callon, *Cours de machines professés a L'École des Mines de Paris*,²⁷⁹ el que proveía a los estudiantes de información sobre motores hidráulicos, movimiento del agua, la neumática, las propiedades mecánicas del vapor y diversos tipos de máquinas de vapor, incluyendo locomotivas y sus calderas. De esta forma, Palacios prolongó la enseñanza de la tecnología ferrocarrilera gala más allá de las clases vinculadas directamente a la misma, lo que vimos anteriormente en la clase de dibujo de máquinas. Por su parte, los trabajos del ingeniero mexicano, *Apuntes para el constructor*²⁸⁰ y *Tratado práctico de calderas de vapor*,²⁸¹ impresos en la Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento en 1889 y 1890 respectivamente, buscaban tener un enfoque práctico, pero no incluían aplicaciones directas para la empresa ferroviaria, centrándose en los motores de vapor de Watts y las calderas usadas en la marina.

Finalmente, los dichos de Fernández, que apuntaban a que los libros parte del programa de caminos comunes y ferrocarriles eran de consulta mas no didácticos; los planes del gobierno de fundar la EPM en la ENI; y la propia experiencia ganada por Méndez en cuanto a que libros se necesitaba, influyen en su decisión de agregar un nuevo libro en el plan de 1889, *Les chemins de fer en Amérique*²⁸² de los ingenieros franceses Lavoinne y

²⁷⁶ Franz Reuleaux, *The kinematics of machinery. Outlines of a theory of machines*, London, Macmillan and Co., 1876, 622 pp.

²⁷⁷ *Ibid.*, p. 1.

²⁷⁸ Julius Weisbach, *Lehrbuch der ingenieur und maschinen mechanif, mit den nöthigen hülfsehren aus der unalpfis für den unterricht an technischen lebransialten fomie um gabrauche für lechnife*, Braunschweig, Drud un Beriag von Friedrich Bieweg un Sohn, 1850, 2 vols.

²⁷⁹ M. J Callon, *Cours de machines professés a L'École des Mines de Paris*, Paris, Dunod éditeur Libraire des Corps des Ponts et Chaussées et des Mines, 1873, 3 vols.

²⁸⁰ Daniel Palacios, *Apuntes para el constructor*, México, Imprenta de la Secretaría de Fomento, 1889, 65 pp.

²⁸¹ Daniel Palacios, *Tratado práctico de calderas de vapor*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1890, 87 pp.

²⁸² E. Lavoinne y E. Pontzen, *Les chemins de fer en Amérique*, Paris, Dunod éditeur Libraire des Corps des Ponts et Chaussées et des Mines, 1880, 4 vols.

Pontzen. En este libro, publicado al inicio de la década de 1880, el término América hace referencia nada más que a Estados Unidos, por lo que el texto se dedica por completo a analizar lo ocurrido con los ferrocarriles de aquel país; pues ambos autores consideraban que los ingenieros franceses harían bien en imitar cierta tecnología norteamericana, como las instalaciones especiales para el bienestar de los pasajeros en viajes largos, o los frenos continuos de vacío y de aire comprimido.²⁸³

Es claro el intento de Méndez por enseñar al fin la tecnología que se hallaba activa en la nación, lo curioso es que fue elegido para ello un libro francés y no uno norteamericano. Quizás se deba a que el francés era un idioma mucho más conocido por los alumnos, quienes lo estudiaban desde la Escuela Nacional Preparatoria, o al hecho que Méndez entendiera mejor la forma de presentar los temas por los franceses, pues siempre había estado ligado a su ingeniería. Como sea, fue un primer paso por acercar a los estudiantes a la tecnología ferroviaria estadounidense.

Dicho trabajo aborda la historia de los ferrocarriles en Estados Unidos, los trazados y construcción de sus diferentes líneas, sus diversos puentes, viaductos y túneles y sus sistemas de construcción, la superestructura (ballast, durmientes, rieles y su montaje, cambios y cruces de vía, placas giratorias), estaciones, señales y costos. Por su parte, el segundo tomo aborda los tipos de coches, vagones y sus partes, lo mismo con las locomotivas y ténder, la generación de vapor, la organización del servicio, mantenimiento y vigilancia de la vía, la importancia del tráfico, tarifas y los tranvías. Así, Méndez buscaba dar una pincelada de todos los aspectos de la industria ferroviaria estadounidense a los futuros ingenieros mexicanos, para lo cual esta obra era idónea, pues el objetivo de sus autores era similar para el caso francés. Así, esta es una primera señal de renovación que veremos en la enseñanza dada en la ENI al cambio de siglo.

Este cambio se hallaba ligado al desarrollo económico por el que apostaron los gobiernos de Díaz, que volvía vital el fortalecimiento del Estado para proteger la soberanía política y económica ante el mayor peligro de dominación extranjera. En su visión del país se necesitaba de un desarrollo industrial, el cual, a su vez, exigía la actualización de los planes de estudios. Esta situación influyó para que el gobierno no perdiera el interés en formar ingenieros, aunque la Escuela no entregara los resultados esperados. Así, el 15 de

²⁸³ *Ibid.*, Tome premier, p. 6.

septiembre de 1891 se dictó la Ley de Enseñanza Profesional de la Escuela Nacional de Ingenieros,²⁸⁴ cuyos efectos examinaremos en el apartado siguiente.

2.2 El crecimiento de las compañías norteamericanas y el recelo del gobierno. Restricciones ferrocarrileras y el interés por renovar la enseñanza en la Escuela Nacional de Ingenieros, 1892 – 1900.

El nuevo intento por legislar acerca de la educación dictada en la Escuela Nacional de Ingenieros no cambió inmediatamente la tendencia en la enseñanza de la ingeniería civil, puesto que para 1892 sólo encontramos una reordenación de los cursos. Los profesores se mantuvieron en su mayoría, al igual que la influencia francesa que encarnaban, de hecho, en aquel año, 27 de los 51 textos son de ascendencia gala.²⁸⁵ De todas maneras, ocurrió una actualización en cuanto a las obras empleadas, tanto con nuevas ediciones como con libros de reciente aparición. Entre ellos, vale la pena destacar *Abrégé de géologie*²⁸⁶ del geólogo Albert de Lapparent, utilizado en la clase de conocimiento de materiales de construcción. Este texto es otro de los pocos que utilizaron la fotografía, en este caso para representar lugares geográficos y eventos naturales, como veremos en el último apartado.

Asimismo, de Garay sumó a su curso el trabajo del ingeniero de puentes y calzadas Alphonse Debaue, *Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées*,²⁸⁷ compuesto por veinte volúmenes. Éstos contienen partes de los cursos dados en la Escuela Politécnica, necesarios como introducción, y todos los cursos dictados en la *École des Ponts et Chaussées*. Es el compendio más grande de la ingeniería francesa, profundizando en todos los temas del programa del curso, pero mayoritariamente en la teoría, lo que se intentaba cambiar a favor de la práctica.²⁸⁸ La obra lleva bien puesto su título de manual, pues vimos que este se caracteriza por ser a la vez texto y profesor, característica a la pensamos se debe su

²⁸⁴ Ramos Lara, *op. cit.*, 2012, p. 80.

²⁸⁵ Programas de estudio de los cursos impartidos en la escuela, 1892. AHUNAM : ENI, caja 7, exp. 10, f. 105 – 398.

²⁸⁶ A. de Lapparent, *Abrégé de géologie*, sixième édition revue, corrigée et augmentée, París, Masson Et Cie Editeurs : Libraires de L'Académie de Médecine, 1907, 438 pp.

²⁸⁷ Alphonse Debaue, *Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées*, París, Dunod éditeur, 1871 – 1880, 20 vols.

²⁸⁸ Oficios, informe y anexos enviados por Manuel María Contreras al secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública, sobre la Escuela Nacional de Ingenieros y la parte material del edificio el orden en el establecimiento, el plan de estudios, los programas de los cursos y las proposiciones del director y los profesores. 1892. AHUNAM : ENI, caja 7, exp. 10, f. 112.

extensión. Quizás de Garay lo solicitaba ante la falta de prácticas de los alumnos, hecho que había presenciado durante décadas como profesor, esperando que así tuvieran al menos una publicación que les sirviera de consulta en su vida académica y profesional, pero su voluminosidad la volvía poco práctica y encarecía su costo.

La ENI nunca había dejado de ser criticada por el teoricismo de sus cátedras, al igual que el resto de escuelas técnicas del país, por lo que el gran debate sobre cómo hacer más pragmática y utilitarias las profesiones, sin eliminar las secciones teóricas de los cursos, seguiría hasta después de 1914, fecha en que finalizo esta investigación.²⁸⁹ Para 1895, la preparación de los ingenieros continuaba siendo esencialmente la misma que había prevalecido desde el plan de estudios de 1877, pues faltaba el cambio que mezclara de mejor manera la teoría y la práctica y acercara las temáticas estudiadas a las condiciones que en México se desarrollaba la industria. Acorde con ello, en 1897 se publicó una nueva Ley de Enseñanza Profesional de la Escuela Nacional de Ingenieros, buscando consolidar los esfuerzos por mejorar la situación escolar que se venían realizando desde 1867.²⁹⁰

La decisión de volver a reformar la enseñanza ofrecida por la ENI, se daba ahora dentro de un marco de crecimiento industrial logrado por el país, gracias al cual se ampliaron las posibilidades de prácticas de los estudiantes y se estrecharon las relaciones con el sector productivo de la institución. Los ingenieros civiles pudieron visitar talleres estatales de armas, pólvora y timbres, así como fábricas de todo tipo que funcionaban con energía eléctrica; lo que compensó las pocas prácticas desarrolladas en empresas ferroviarias por la oposición de los ingenieros extranjeros, así como por la disminución en las grandes construcciones de vías férreas. Dicho fenómeno se intensificó en 1891 con la creación de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), a cuyo cargo quedaron entre otros ramos el de ferrocarriles, que se veía afectado por una restricción progresiva de la política de concesiones.²⁹¹

El descenso en la instalación de caminos de fierro, sumado a la reforma de 1897, influyeron para que los cursos de la ENI ligados a los ferrocarriles cambiaran la forma de aproximarse a las temáticas. Caminos comunes y ferrocarriles cambió su nombre por vías de comunicación terrestre, y, aunque el plan de estudios mantuvo los grandes temas que

²⁸⁹ Ramos Lara, *op. cit.*, 2007, p. 28.

²⁹⁰ Ramos Lara, *op. cit.*, 2012, p. 115.

²⁹¹ Bazant, *op. cit.*, p. 266.

abordaban los anteriores, ahora eran tratados de una manera pragmática, obviando muchos de los detalles que sobrecargaban programas pasados. La clase conservó los apartados de carreteras, vías y ferrocarriles, agregando los puentes, que Francisco de Garay había abandonado en su cátedra. Ésta última pasó a denominarse vías de comunicación fluviales y obras hidráulicas, concentrándose en la enseñanza de la navegación y la construcción de puertos y canales, tal como años antes había propuesto Antonio del Castillo aludiendo al modelo de la Escuela de Puentes y Calzadas de París.²⁹²

Este cambio en los nombres y programas de las cátedras ferroviarias aún no se veía reflejado en los textos, pues en 1897 Méndez conservó a Durand – Claye y sumó a Mary para Puentes, pero eliminó el dedicado a la tecnología ferroviaria norteamericana y el de Goschler, que fue reemplaza por el *Traité complet des chemins de fer*²⁹³ de G. Humbert, ingeniero de puentes y calzadas. Aquella obra trataba de la vía, la superestructura, las estaciones, el tráfico, las señales, el material rodante, las locomotivas y sus partes (chasis, ruedas, caldera, etc.), los tranvías y la explotación comercial de la empresa ferroviaria; temas que eran acompañados en su mayoría por ejemplos de tecnología norteamericana.

Vemos así, que vuelve a ser la tecnología francesa el centro de la clase, aunque con un libro más actual y técnico que el de Goschler, que además abordaba principalmente la empresa ferroviaria estadounidense. Quizás por esto Méndez decidió dejar de lado *Le chemins de fer en Amérique*, ya que la obra de Humbert en tres volúmenes trataba lo necesario para el nuevo plan, mientras que entre Goschler y Lavoine y Pontzen reunían nueve volúmenes, lo que seguramente hizo engorrosa la realización de la clase y la consulta para los alumnos de los cursos anteriores.

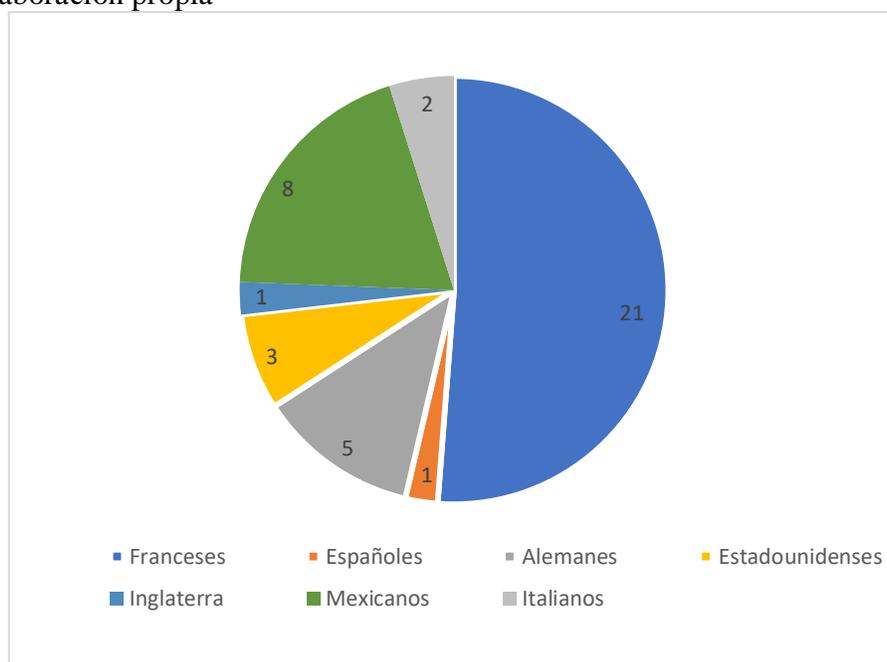
El resto de las asignaturas también mantuvieron la tendencia previa a la reforma, algo que se puede apreciar claramente en la gráfica 7, empero, es posible observar que la escuela francesa disminuyó paulatinamente su presencia frente a otras naciones. De forma notable

²⁹² Minuta y programas enviadas por Joaquín Baranda, Secretario de Justicia e Instrucción Pública, y recibidos por Leandro Fernández, director de la Escuela de Ingenieros, en donde le comunica que el Presidente de la República aprobó los programas para los diferentes cursos de esa Escuela, por lo que pueden regir durante el año de 1899. 19 diciembre 1898 – 4 enero 1899. *AHUNAM : ENI*, caja 20, exp. 20, f. 523.; Para lo dicho por del Castillo: Acuerdo, minutas, oficios y programas en que Carlos Pacheco, ministro de Fomento, solicita a Antonio del Castillo, director de la Escuela de ingenieros, le envíe los programas de estudio de todos los cursos que se imparten en esa Escuela, así como los textos que se utilizarán en cada clase para el año de 1884. Se adjuntan programas. 1894. *AHUNAM : ENI*, caja 19, exp. 8, f. 119.

²⁹³ G. Humbert, *Traité complet des Chemins de Fer*, Paris et Liège, Librairie Polytechnique, Baudry et C^{ie}, 1891, 3 vols.

vemos que los libros mexicanos están entre los más utilizados, escoltados por los alemanes y estadounidenses, que se mantuvieron constantemente a través de los años en números pequeños. Entre las obras mexicanas tenemos las de Covarrubias y de Fernández Leal, el *Tratado de geología*²⁹⁴ de Mariano de Bárcena y los *Apuntes de Magnetismo*²⁹⁵ de Francisco Garibay y Adolfo Díaz, catedráticos de la ENI. Todos estos libros, a excepción de los de Covarrubias, fueron impresos por la Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, que tuvo un papel destacado en la enseñanza en la Escuela, pero todavía insuficiente.

Fuente: Elaboración propia²⁹⁶



Gráfica 7. País de origen de los libros de texto utilizados en 1897

Un ejemplo de ello, lo tenemos cuando el ingeniero de minas Miguel Bustamante reemplazó a Francisco Rodríguez Rey como profesor de Mecánica, quien, consciente de la falta de escritos relacionados con lo que ocurría en el país, y el desconocimiento del alemán de los alumnos, se abocó a desarrollar un texto para el curso. Una vez terminada su obra, le propuso al gobierno que se imprimieran 500 ejemplares, lo cual nunca ocurrió, porque éste

²⁹⁴ Mariano Bárcena, *Tratado de geología. Elementos aplicables a la agricultura a la ingeniería y a la industria*, México, Oficina Tipográfica De la Secretaría de Fomento, 1885, 435 pp.

²⁹⁵ Adolfo Díaz y Francisco Garibay, *Apuntes de Magnetismo Terrestre*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1887, 99 pp.

²⁹⁶ *Revista de la Instrucción Pública Mexicana*, Tomo I, Núm. 21, enero 15 de 1897, México, p. 643.

no encontró la obra “suficientemente buena”.²⁹⁷ Hubo que esperar un siglo para que esta tendencia en la educación cambiara, aunque virando hacia al modelo norteamericano y no fortaleciendo la producción local de textos de estudio.

A fines del siglo XIX, señala Ramos Lara, la ENI tenía los planes de estudio más sólidos de su historia. Las carreras que más alumnos habían graduado continuaban en ascenso, ensayadores y topógrafos, y aquellas que habían sido perjudicadas como la ingeniería industrial y eléctrica, empezaron a titular estudiantes.²⁹⁸ El mismo Fernández Leal, que en 1900 fue director de la Escuela, decía en 1898 que la instrucción recibida en la institución había ido cambiando en favor de una educación más práctica: “Si se había criticado la educación teórica ésta había ido desapareciendo con el tiempo.”²⁹⁹

Este cambio se venía dando en la Escuela de Ingenieros en respuesta al contexto en el que estaba envuelto el gobierno, que, como señalábamos, temía al expansionismo estadounidense. Aquel temor llegó a un punto crítico en estos años, alimentado por la controversia que rodeó la adjudicación del contrato del ferrocarril de Tehuantepec a una firma británica, hecho que reflejó las crecientes tensiones entre los grupos empresariales y de cabildeo de Estados Unidos con el régimen de Porfirio Díaz.³⁰⁰ El secretario de Hacienda José Yves Limantour (1893 – 1911), consideraba que en la primera etapa del régimen porfiriano había sido necesario fomentar el establecimiento de vías férreas, por lo que casi siempre se concedió el trazado de líneas y otros conceptos a dichos grupos empresariales. Esa política, pensaba, ya no era adecuada para el México de 1898, por los problemas derivados del dominio de las compañías extranjeras sobre amplias zonas del país, especialmente del norte, donde se generaba gran parte de las exportaciones.³⁰¹

En efecto, gracias a los ferrocarriles, fue posible desarrollar en el norte de México una asociación entre las operaciones mineras y de fundición. Un ejemplo es la maniobra hecha por la American Smelting and Refining Co., propiedad de los Guggenheim, que movilizaba mediante la línea del Nacional los minerales en bruto y refinados a su fundición en

²⁹⁷ Bazant, *op. cit.*, p. 273.

²⁹⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, 2012, p. 20.

²⁹⁹ *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1898, pp. 7 – 8.

³⁰⁰ Garner, *op. cit.*, p. 192.

³⁰¹ Yanes, *op. cit.*, 1998, pp. 97 – 98.

Monterrey, a la frontera norte y al puerto de Tampico, ligándose a la vez con los campos carboníferos de Coahuila mediante el FF. CC. Internacional.³⁰²

La situación descrita obligó al gobierno porfiriano a ejercer un mayor control sobre las compañías ferroviarias, que terminó plasmándose en la ley ferrocarrilera de 1899 creada por Limantour. Ésta perseguía restringir los subsidios federales a nuevas líneas que unieran las partes dispares de la red existente; reducir los montos globales de los subsidios gubernamentales; y, mexicanizar progresivamente el sistema mediante el incremento del porcentaje de propiedad estatal.³⁰³ El último objetivo hizo más necesaria que nunca la formación de los ingenieros mexicanos en la operación y mantenimiento de la tecnología ferroviaria norteamericana en la Escuela de Ingenieros.

Fue en el cambio de siglo que esta visión, materializada en la reforma de 1897, se hizo sentir en la Escuela, modificándose gran parte de la planta docente. Dicha renovación incluyó las clases de vías de comunicación terrestre y vías de comunicación fluvial, asumiendo la titularidad de la primera Carlos Daza, ingeniero civil titulado en la ENI, director de la misma entre 1914 y 1915, y uno de los que solicitó realizar su práctica en Estados Unidos; mientras que en la segunda, Juan Mateos, ingeniero topógrafo e hidrógrafo, ingeniero civil, geógrafo y astrónomo de la Escuela, fungió como profesor interino ante la licencia del ingeniero Manuel Marroquín y Rivera. Éste había sido nombrado profesor titular del curso, y, en 1903, Porfirio Díaz lo designó como responsable de las obras de conducción del agua de los manantiales de Xochimilco a la ciudad de México.

Ambos profesores sumaron a la renovación de los programas la actualización de los textos, buscando que fueran más concisos y prácticos. El catedrático de geodesia y astronomía práctica, el ingeniero topógrafo e hidrógrafo Adolfo Díaz Rugama, apuntaba que para ello "...lo mejor será escogerlos entre los autores ingleses o estadounidenses, aunque sería mejor que se escribieran libros adaptados al país, o cuando menos modificar las obras extranjeras."³⁰⁴ Si bien hemos visto que no pocos textos se habían escrito por

³⁰² Guajardo Soto, *op. cit.*, 1995, pp. 63 – 65.

³⁰³ Garner, *op. cit.*, pp. 174 – 176.

³⁰⁴ Oficio, acuerdo e informes en que Ezequiel A. Chávez, de la Sección de Instrucción Pública de la Secretaría de Justicia, notifica al Ministro que, de acuerdo con el informe anual de 1900 presentado por Manuel Fernández Leal, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, es muy bajo el resultado de los exámenes en algunas clases, y que sólo dos alumnos de toda la Escuela fueron acreedores al 2º premio, por lo

profesionales mexicanos, e impresos por la Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, ello no había pasado con regularidad en la especialidad de ferrocarriles, pues fuera del libro de Pascual Almazán, que había quedado obsoleto a la llegada de las compañías norteamericanas, sólo se habían ocupado textos franceses; no obstante, hubieron intentos por adaptar los textos a los cursos.

Como hemos señalado, muchos profesores daban sus clases con sus apuntes y algunos pedían textos extranjeros después de un tiempo, pero, cuando esto ocurría, no significaba que sus apuntes fueran abandonados, sino más bien que había un proceso de adaptación de los textos por parte de los catedráticos. El mismo Fernández Leal lo señaló en relación a su obra sobre hidromensura, realizada mediante una hibridación entre sus anotaciones y el tratado de hidráulica de D'Aubuisson de Voisins. En el caso de los ferrocarriles, esto al parecer no ocurrió, pues los ingenieros mexicanos que entraron a las compañías extranjeras fueron muy pocos, y los que trabajaron en las empresas ferroviarias foráneas estaban supeditados al trazo, a la colocación de vías, a la construcción del camino de fierro más que a la locomotora y sus secretos. En el siguiente capítulo veremos las consecuencias que el cambio de catedráticos tuvo en las clases referentes a los ferrocarriles, las nuevas obras que introdujeron en la enseñanza, las similitudes y diferencias que la cultura visual de las mismas tenía frente a la francesa.

2.3 Continuidades y desigualdades en la cultura visual ferroviaria utilizada por los libros de texto. Las representaciones de fines de siglo

Vimos en el apartado inicial del capítulo, que en la primera mitad de la penúltima década del siglo XIX, se solicitaron casi los mismos libros que hacía unos lustros. En el caso de los cursos vinculados a la empresa ferroviaria, encontramos exactamente las mismas obras con las que terminamos el capítulo anterior, algo lógico al seguir siendo Francisco de Garay y Eleuterio Méndez los profesores. Fue en 1884 que de Garay solicitó un par de trabajos, sin abandonar el modelo francés, para complementar sus apuntes: el *Cours de routes et ponts*³⁰⁵ de Mary y el *Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières*

que se nombró una comisión de profesores para estudiar las causas, la que a su vez rinde un informe. 27 febrero 1901. *AHUNAM : ENI*, caja 8, exp. 15, f. 445 – 450.

³⁰⁵ Mary, *op. cit.*

*et des canaux*³⁰⁶ de Minard, ambos escritos fueron realizados con la enseñanza como objetivo y empleados por de Garay para apoyar las secciones del plan de estudios referentes a los puentes y a la navegación.

Mary, inspector de puentes y calzadas y profesor de la *École des Ponts et Chaussées*, incluyó 90 imágenes a lo largo de 397 páginas, aunque no todas las secciones de la obra poseen alguna representación. De hecho, el comienzo del trabajo, dedicado a la clasificación de las carreteras y sus partes, sólo confía en la explicación escrita para transmitir la información; mientras que, para los detalles sobre la formación de un proyecto vial, tratados en el capítulo siguiente, utilizó 7 figuras, mayormente símbolos geométricos junto a un par de íconos – imágenes que ilustran el movimiento de tierra.

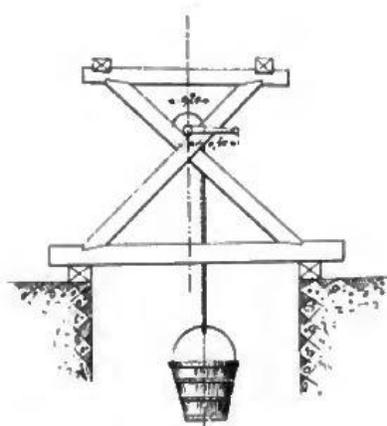


Imagen 46

En la imagen 46, podemos ver una máquina ocupada para levantar cubetas de tierra en un plano conjunto frontal, cuyo dibujo mezcla el trazo lineal con el achurado para destacar la cubeta y su cuerda, así como, para dejar un lugar despejado donde colocar el ángulo y las medidas propios de la geometría descriptiva. Extrañamente, Mary no incluye ilustraciones que acompañen las explicaciones de los capítulos siguientes, sobre construcción de calzadas y mantenimiento vial, que cierran la primera parte de la obra. De esta manera, en el volumen uno sólo tenemos representaciones para el movimiento de tierra, tecnología que hemos notado se encuentra retratada en todos los libros revisados hasta ahora, pues es una temática utilizada en diferentes áreas de la ingeniería civil. Es destacable, igualmente, que a pesar de ser ésta una publicación más o menos reciente, 1873, no incluye una numeración

³⁰⁶ Minard, *op. cit.*

para muchas de sus ilustraciones, ni tampoco un pie que las identifique, volviendo engorrosa la ubicación de la explicación correspondiente en el corpus.

El segundo volumen se dedica a la construcción de puentes, y si bien, principia sin ocupar representaciones que apoyen lo referente a las alcantarillas, su segunda sección, consagrada a los puentes en piedra, es una de las que utiliza más imágenes en el libro (incorporando 22). Entre estas priman los símbolos matemáticos junto a seis íconos – imágenes, que representan diferentes formas de pilares para la bóveda de los puentes, así como para el zócalo, cornisa y parapeto. La forma de abordar dichas temáticas por los dibujos, comparando la disposición de las construcciones, hace indispensable su numeración, lo cual vuelve incomprensible que no se hubiera hecho en todo el trabajo. Quizá Mary confiaba en demasía en el texto para la mayoría de los temas, por lo cual la relación entre éste y la imagen era discontinua a lo largo de las páginas; como fuera, lo relevante es que todavía en las décadas finales del siglo XIX, la imagen no era un material didáctico consolidado para todo ingeniero.

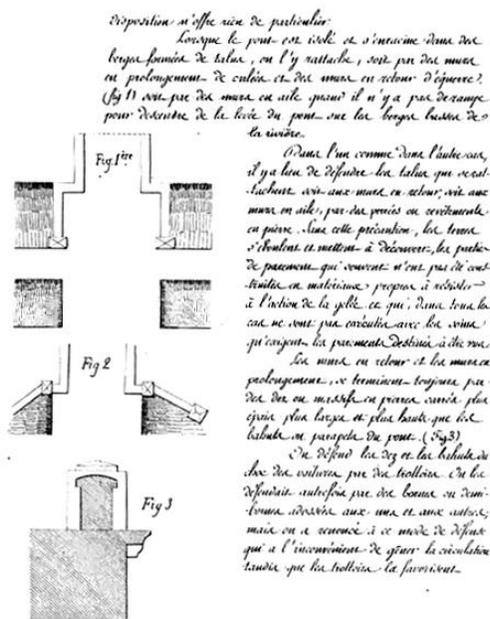


Imagen 47

En la imagen 47 tenemos una excepción, exponiéndose tres formas de realizar un banco, las que además se hallan a un costado de la información. Esto las distingue totalmente de la imagen 46, que podía explicarse casi por sí sola; sin embargo, mantiene el plano conjunto y agrega el plano detalle, otro de los más ocupados en la cultura visual técnica, para aquello

que se quiere resaltar de la vista más amplia. Este mismo estilo se mantiene en el tercer capítulo, uno de los que reúne más íconos – imágenes del libro para explicar los cimientos de puentes, muelles y obras similares. A pesar del mayor número de figuras, Mary optó por concentrarlas en aquellas construcciones que deben realizarse sobre un suelo propenso al deterioro, ya que ese terreno presenta muchos más problemas a un ingeniero novato. Es por esto, que el inspector francés incluyó dibujos que no comparan las formas de hacer algo, si no que a través de diferentes puntos de vista y planos nos muestran las piezas de un cimiento sobre un suelo eminentemente abrasivo.³⁰⁷ Así, en la imagen 48 vemos un plano conjunto en el que se exhibe la sección completa de frente, otro de escorzo que nos muestra los maderos bajo el camino, y, finalmente, un plano detalle del madero en cuestión. Estas ilustraciones van acompañadas de sus referencias escritas a un costado, donde se nos da información detallada que no aparecen en el dibujo, como las diferentes medidas.

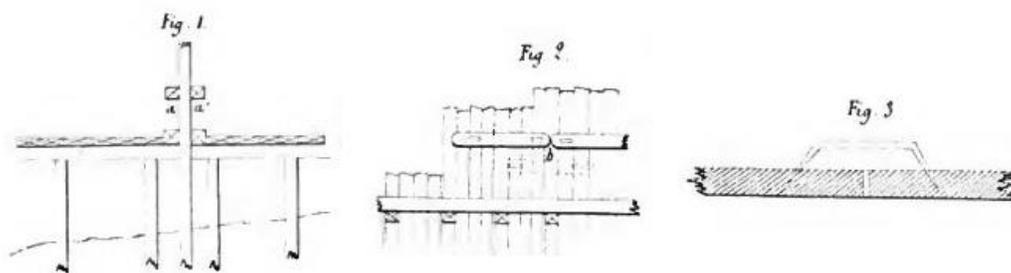


Imagen 48

Ahora bien, cuando se abordan los puentes estructurales, Mary usó íconos – imágenes para exhibir pilares y caballetes, y sitúa al lector en el contexto de un puente real como ejemplo. En efecto, incluyó dos dibujos del puente de Trenton sobre el río Delaware en Estados Unidos, en los que vemos un plano detalle del lado izquierdo del mismo y una vista poco usual para una construcción de este estilo como es el perfil. Gracias a la combinación de estas vistas, el alumno puede conocer la altura de la entrada al puente y el máximo nivel que alcanza a la mitad de camino (imagen 49). Lo mismo hizo en el apartado dedicado a los puentes suspendidos, que secunda su información en la mayor cantidad de figuras del libro (incorporando 30), representando el puente real de la localidad francesa de Triel, que exhibe la elevación de la mitad del mismo en un plano general, para que el alumno pueda apreciar los distintos terrenos acompañados por sus características escritas (imagen 50).

³⁰⁷ Mary, *op. cit.*, p. 235.

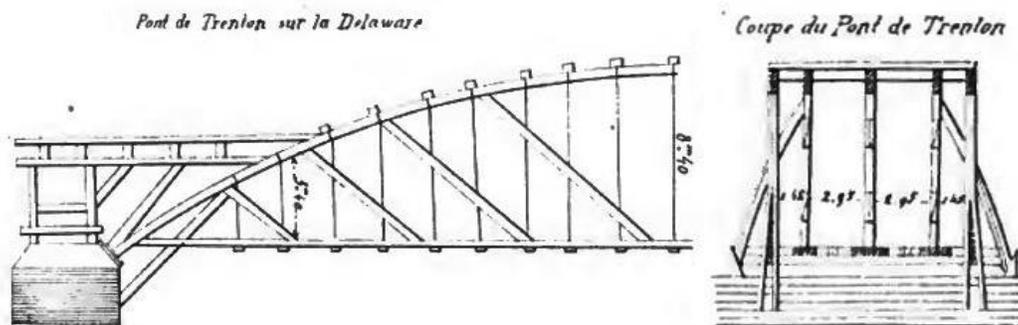


Imagen 49

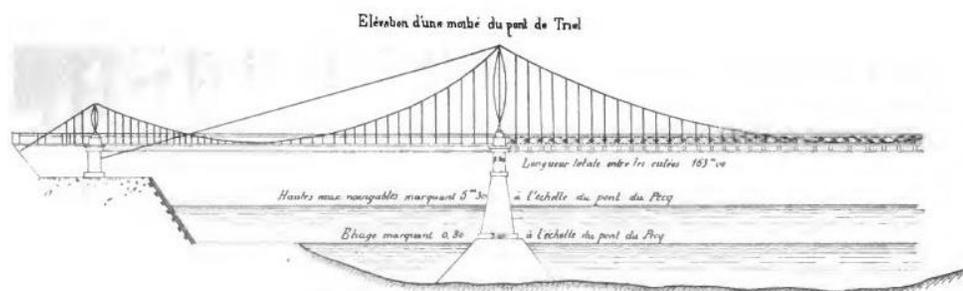


Imagen 50

De esta forma, al igual que ocurría en los libros franceses sobre ferrocarriles, en aquellos dedicados a los puentes también se incluían ejemplos de lo que se realizaba en Estados Unidos, acompañados de nuevas vistas para exhibir una tecnología ajena a la gala; sin embargo, el autor no profundizaba en dicha técnica, sirviendo más bien como un punto de comparación que como una capacitación que permitiera a los estudiantes construir puentes de esa naturaleza. Los estudiantes franceses habrían estado o estarían en prácticas de construcción de puentes cuando utilizaran el texto, por lo que podrían denotar y connotar mejor estas representaciones, sacándoles verdadero provecho, lo que no ocurriría con sus contrapartes periféricas.

Así, este libro no escapa a lo ya observado en aquellos que tratan la empresa ferrocarrilera, al menos en cuanto a las representaciones de la tecnología; más bien, presenta menos figuras y con una menor calidad a lo visto en las obras de Perdonnet o incluso de Goschler, y se dedica aún más que ellos al aspecto teórico. No hay movimientos descritos por las imágenes, ya sea con fases descompuestas o con flechas, limitándose éstas a exhibir los diferentes estilos con que se ejecuta una técnica. Tampoco encontramos diagramas, solo símbolos matemáticos e íconos – imágenes, lo que se debe al ser la construcción el ramo principal de la obra, siendo importante que los alumnos reconozcan

los terrenos, los materiales y las partes que conforman las diferentes construcciones. Por esto, estimamos que la cultura visual presente en el libro era reconocible por los alumnos mexicanos, debido tanto a la decodificación que el profesor realizaría en el aula; como a la geometría descriptiva que empleó Mary en sus ilustraciones, disciplina que desde la creación de la ENI en 1867 era uno de los cursos que debían aprobar los estudiantes.

Por último, vale la pena destacar el interés de Mary por el alumnado al que dirigía su obra, aprovechando puentes reales como ejemplos para transmitir un caso exitoso al lector, y no sólo la forma teórica de cómo hacer una construcción genérica no ubicada en el espacio real; y privilegiando la representación de temáticas que les serían más complicadas de resolver a los ingenieros novatos. Esto deja entrever un afán por entregar un conocimiento aplicado entre tanta teoría, simplificando, aclarando la información y enfatizando ciertas áreas a través de planos detalles. Es quizás por esto que de Garay solicitó el libro, a pesar de que las imágenes no estaban totalmente integradas al discurso, así como por su extensión, limitada a un solo volumen de 397 páginas, lo que hizo más fácil su consulta y más económica su adquisición a los estudiantes.

Por su parte, el trabajo de Minard se empleó en la *École des Ponts et Chaussées* para la enseñanza de la navegación fluvial, las principales circunstancias de movimiento del agua, las fórmulas de hidráulica, las defensas costeras, los diques transversales y longitudinales, los puertos y estaciones, los acueductos y las bocas de canales en ríos, entre otros temas. Esta obra es acompañada por un Atlas, un modelo ya casi en desuso en estos años, pero acorde al año de publicación del libro, 1841. Debido a que esta parte del curso de puentes, canales y puertos no se relacionaba directamente al ferrocarril y su operación, no revisaremos las figuras del libro, empero, podemos señalar que esta sección del programa se hallaba bastante estancada, presentado una tecnología de hace más de cuarenta años atrás a los alumnos.

En 1885 aparecieron las obras del astrónomo italiano Pietro Angelo Secchi, incluyéndose en una de ellas la fotografía en forma didáctica, primer texto que lo hace de los utilizados en la ENI como señalábamos al inicio del capítulo. Este libro es *Le soleil*,³⁰⁸ el cual reúne fotos de eclipses y del sol, junto a dibujos de otros fenómenos cósmicos e instrumentos que no escapan a lo visto en otras publicaciones. Entre las fotografías tenemos una del eclipse

³⁰⁸ Secchi, *op. cit.*, 1875 – 1877.

de 1860 (imagen 51), que Secchi pone como ejemplo del aspecto de una corona solar, aunque nos advierte que ésta forma no es constante, por lo que también incluye fotografías de diferentes eclipses para comparar.³⁰⁹

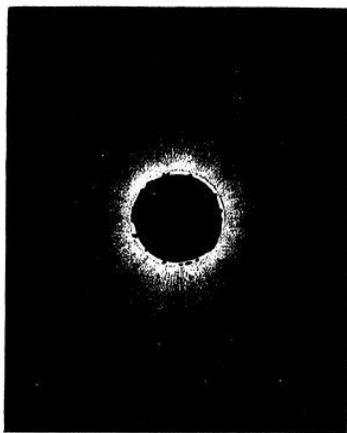


Imagen 51

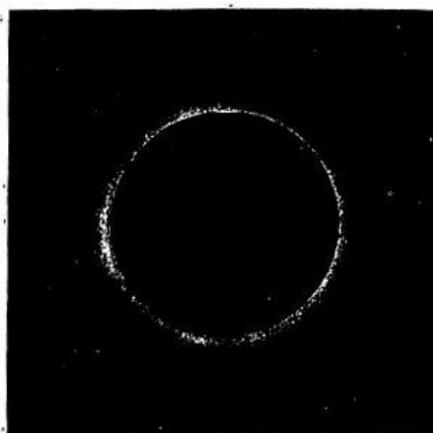


Imagen 52

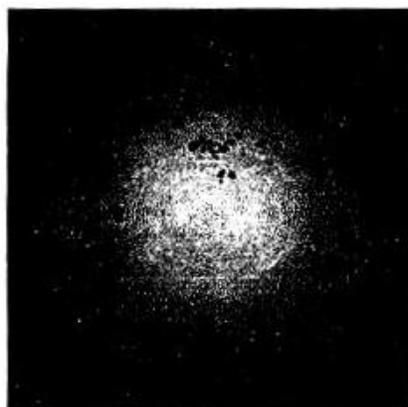


Imagen 53

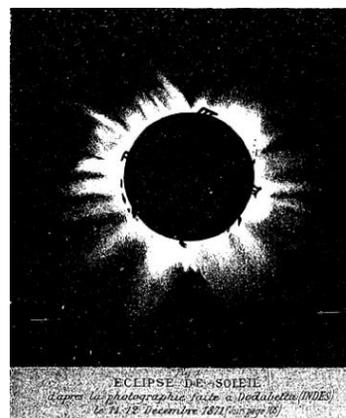


Imagen 54

De esta manera, en la imagen 52 tenemos una corona fotografiada por astrónomos estadounidenses en Cádiz, el 22 de diciembre de 1870, de la cual se señala que una ligera niebla eliminó la nitidez que debería haber tenido, y que la pequeñez del diafragma limitó la extensión del halo en las regiones ecuatoriales.³¹⁰ Además, encontramos imágenes fotográficas del sol, utilizadas para exhibir la estructura y el tamaño relativo de sus manchas, como en el caso de la fotografía obtenida por Rutherford el 22 de septiembre de 1870 en New York (imagen 53).³¹¹ En tanto, en *Les étoiles*,³¹² se incorpora una litografía

³⁰⁹ Secchi, *op. cit.*, 1875, p. 334.

³¹⁰ *Ibid.*, p. 312.

³¹¹ *Ibid.*, p. 5.

hecha a partir de la fotografía de un eclipse, junto a varios dibujos en blanco y negro de instrumentos como telescopios y cámaras (imagen 54).

Hasta la invención en la penúltima década del siglo XIX de la técnica de reproducción en medio tono, es decir, la traducción de las imágenes en puntos de diversas densidades para su impresión directa en papel, la fotografía alimentó principalmente los talleres de los grabadores, que copiaban las imágenes en litografía o en grabado. Fue en New York que John Calvin Moss creó un método de fotograbado comercialmente factible para trasladar fotografías a placas metálicas para impresión. Se hacía un negativo de la ilustración original en una cámara copiadora, el que luego se imprimía por contacto en una placa de metal cubierta con una emulsión de gelatina sensible a la luz, acabando con el grabado en ácido. Después de labrar la placa a mano para refinarla, la placa de metal era montada sobre una base de madera de la altura de los tipos para su reproducción.³¹³

La otra tecnología necesaria para que pudiéramos tener fotografías de astros en estos libros fue la invención del proceso de gelatino-bromuro en 1871 por Richard Leach Maddox, gracias a las cuales se pudo llegar a técnicas más sensibles que permitieron revelar ante la fotografía diferentes cuerpos celestes. Años después aparecieron las placas de gelatina o colodión seco, que se convirtieron en el método preferido de impresión hasta la época en que termina la presente tesis, facilitando la práctica de la fotografía al aire libre. La situación era totalmente opuesta a como se trabajaba el colodión húmedo, que requería una preparación y un revelado inmediatos, pues estas nuevas placas podían estar meses sin utilizarse y sin revelarse.³¹⁴

Es destacable la coexistencia y complementación del dibujo y la fotografía en el texto de Secchi, al igual que ocurría en las páginas de revistas y periódicos modernos. Esto se debe a que la referencia que aporta la imagen fotográfica es única, refiere a una situación específica e instantánea; como señalaba Barthes, la fotografía se separa de la imagen o del signo en que su referente es algo o alguien necesariamente real que se ha colocado ante la cámara, por lo que identificará únicamente los rasgos particulares de un individuo o

³¹² Secchi, *op. cit.*, 1879.

³¹³ Maribel Ahuatzin Pérez, *Fotografía en ciencias: aplicación a la botánica*, Tesis de Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual, Asesor Ernesto Sánchez Correa, ENAP, UNAM, México, 2005, pp. 19 – 20.

³¹⁴ Brenda Verónica Ledesma Pérez, *Técnica y géneros fotográficos en transición. Fotografía e instantaneidad (1871 – 1900)*, Tesis de Maestría en Historia del Arte, Asesor Laura González, Rebeca Monroy y José Antonio Rodríguez, FFyL, UNAM, México, 2013, p. 12.

elemento de ese conjunto o especie.³¹⁵ Entretanto, el dibujo posibilita el énfasis o realce de ciertos elementos, pues puede aislar o destacar una información; exhibir las características idealizadas por las que puede definirse un referente; y desarrollar el concepto de esquematización, cualidad que amplía la eficacia comunicativa del mensaje.³¹⁶

De esta forma, el que la fotografía se utilice para capturar el sol y diferentes eclipses, refiere a que su materia prima es la realidad, pues captura mecánicamente la luz que reflejan los objetos. Esto le confiere a la imagen fotográfica una credibilidad ausente en cualquier otra forma de representación, aunque sea el camarógrafo quien escoja la forma de tomar la imagen. Así, la fotografía científica ratifica el hecho del que ha sido testigo, dirigiendo la mirada del espectador sobre el referente y diciéndonos lo que ha sucedido.³¹⁷ Por su parte, el representar los instrumentos o herramientas con dibujos, nos permite conocer sus partes, dimensiones, etc., que pueden ser reproducidas perfectamente por la geometría descriptiva; además, en esta época, todavía no se podía construir algo a partir de una fotografía.

Ahora, siguiendo a Barthes, el *studium* de estas fotografías comprende lo que cada espectador asimila de una imagen acorde a su cultura y preparación profesional. En el caso de aquellas presentes en la obra de Secchi, eran astrónomos los destinados a descifrarlas en su totalidad, a comprender su *studium*, ayudados por el texto que las referenciaba. Estas fotografías, además, buscaban caer en la categoría barthiana de fotografía unaria, la cual sólo esperaba transmitir información y no crear una agitación en el espectador, no producir un *punctum* que lo atravesara emocionalmente.³¹⁸ Sin embargo, como hemos visto, frente a una imagen denotamos y connotamos a la vez, por lo que parece improbable que un tipo de fotografía no nos provoque ninguna emoción. En todo caso, esto no elimina la función didáctica de la imagen, sino que completa el proceso de semiosis que le permite el espectador reconocer los códigos de la representación y vincularlos a su cultura.

Algo similar podemos apreciar en el *Tratado de geología*³¹⁹ de Mariano Bárcena, uno de los frutos del Taller de Fototipia de la Secretaría de Fomento, el cual, instalado en 1877

³¹⁵ Barthes, *op. cit.*, pp. 135 – 136.

³¹⁶ Inmaculada López Vílchez, “Métodos gráficos y técnicas en el dibujo científico”, en Lino Cabezas e Inmaculada López Vílchez (coords.), *op. cit.*, pp. 227 – 228.

³¹⁷ Ahuatzin Pérez, *op. cit.*, pp. 6 – 7.

³¹⁸ Barthes, *op. cit.*, pp. 76 – 77.

³¹⁹ Bárcena, *op. cit.*

bajo la dirección de Ignacio Molina, institucionalizó el empleo de la fotografía como documento o prueba de los cambios del país al introducirla en las Memorias Anuales del Ministerio.³²⁰ La obra es otro fruto de la Ley de Instrucción Pública de aquella Secretaría, como el mismo Bárcena señala en su prólogo,³²¹ lo que nos indica que fue escrita expresamente para la enseñanza local, razón por la cual es requerida para la clase de mineralogía en 1889.

Ahí, los temas geológicos que se tratan mantienen estrecha relación con la agricultura, la ingeniería y la industria nacional, explicando la ciencia con ejemplos claros y concretos. Es en este contexto que aparece la fotografía en el libro, la cual se encarga de mostrarnos diversas localidades del país, tales como el cerro de La Cúpula en el Estado de Hidalgo, la Barranca de Tres Peñas del Estado de México, el salto de San Anton en el Estado de Morelos, el salto de Juanacatlán en el Estado de Jalisco y la cascada de la Regla del mismo estado hidalguense (imagen 55).

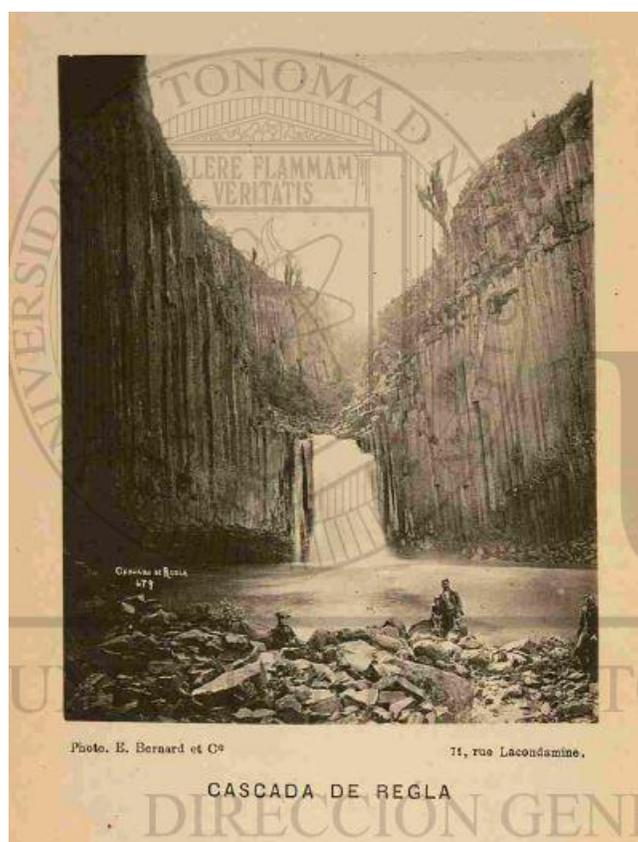


Imagen 55

³²⁰ Debroise, *op. cit.*, pp. 124 – 125.

³²¹ Bárcena, *op. cit.*, pp. v – vi.

Este último lugar nos es mostrado en un plano general, en el cual podemos ver la cascada con unas personas posando en primer plano, que ayudan al lector a apreciar la escala del lugar, destacando claramente en la imagen las columnas basálticas. De estas, Bárcena nos señala su altura y la altura de la cascada, comparando todo el conjunto con un anfiteatro, del que nos da su longitud y anchura. El studium en esta fotografía es más amplio que el de las fotografías astronómicas, porque si bien es una imagen utilizada para la enseñanza, es posible notar que su intención primaria no era ésta, sino más bien la de proporcionar una vista (postal o paisaje) como muchas de las que se realizaron en esa época, en este caso realizada y comercializada por una casa francesa como se ve en el pie de la foto.

Asimismo, Bárcena ocupa la expresión de anfiteatro para referirse a la cascada y su entorno, ampliando el studium fuera de la disciplina científica haciendo uso de la connotación, de aquello que evoca la imagen. Con esto, logra vincular primero a un amplio número de espectadores con la fotografía, los que quizás nunca hubieran estado en esos lugares; para que luego, el especialista aproveche las particularidades de la misma y la explicación en el texto. Secchi, por su parte, se centraba únicamente en la parte científica de la foto, pues ese había sido el objetivo con el que se había tomada, limitando la semiosis a los astrónomos. En cualquiera de los dos casos, la imagen fotográfica era ocupada por la misma razón, el representamen era a la vez el objeto.



Imagen 56

En el texto de Bárcena también tenemos litografías de otros lugares específicos de la República, pero el mismo autor se encarga de evidenciar el hecho de que están ahí solamente por falta de fotografías de dichos lugares. En efecto, cuando se refiere a la

erupción de un volcán en Colima, del dibujo que incluye señala que la “...masa de vapor que se levanta tiene la forma de un árbol, y parecería que se había exagerado al dibujarla...”³²² (imagen 56). Para Bárcena era importante que el alumno pudiera ver el lugar real que se analizaba, aunque fueran fotografías de planos generales que no dejaban apreciar mucho detalle, por lo que apuntaba las exageraciones o atenuaciones de los dibujos en el escrito.

Durante el Porfiriato, la fotografía fue utilizada comúnmente para exhibir y probar avances tecnológicos, adelantos de infraestructura y desarrollos regionales. Gobernadores, presidentes municipales o empresas, incluyeron en sus reportes a Díaz imágenes fotográficas para comprobar el contenido del documento escrito.³²³ Sin embargo, como hemos visto a lo largo de la tesis, este uso cotidiano de la fotografía en las últimas décadas del siglo XIX no tuvo repercusión en los textos didácticos de ese periodo, pues en el país se escribían pocas obras para la instrucción y no todas utilizaban la fotografía, al menos no de la forma como se utilizaba en la enseñanza de la ingeniería. De todas maneras, lo mismo se puede decir de su uso en los libros extranjeros escritos para ingenieros, los que en su vertiente ferrocarrilera seguían sin incorporarla en 1889, al menos en las obras solicitadas en la ENI.

Si bien los libros de los cursos dedicados al ferrocarril se mantenían, para la clase de dibujo de máquinas se pidió en 1887 el *Album de mécanique*³²⁴ del ingeniero galo Perrot, que incluye seis *tableaux* sobre vías, locomotivas y sus partes. La primera se llama simplemente Ferrocarriles, y reúne íconos – imágenes que representan durmientes, rieles, almohadillas y placas giratorias, todas desde planos, puntos de vista y estilos que ya hemos visto en obras previas: el escorzo, el cenital, la comparación, el detalle y las perspectivas diversas. Lo novedoso, es que la descripción de todos los dibujos las tenemos en la página siguiente lo que facilita su ubicación para el alumno. Sin embargo, las explicaciones ofrecidas por el francés son bastante breves, entendible al ser este un texto que se encarga más bien de entregar modelos de máquinas y piezas que explicaciones de su funcionamiento. Por ejemplo, sobre los durmientes (fig. 1 de la imagen 57) sólo nos dice

³²² *Ibid.*, p. 366.

³²³ Teresa Matabuena Peláez, *Algunos usos y conceptos de la fotografía durante el Porfiriato*, México, UIA, 1991, p. 137.

³²⁴ Perrot, *op. cit.*

que son piezas de madera sobre las que descansan los rieles por medio de las almohadillas, y que superan a cada lado el ancho de la pista de 0m, 20 a 0m, 25.³²⁵

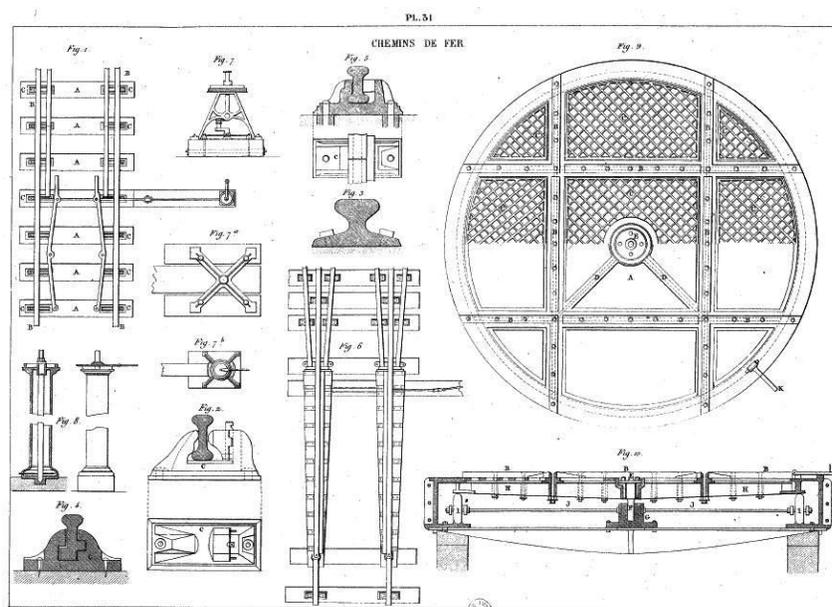


Imagen 57

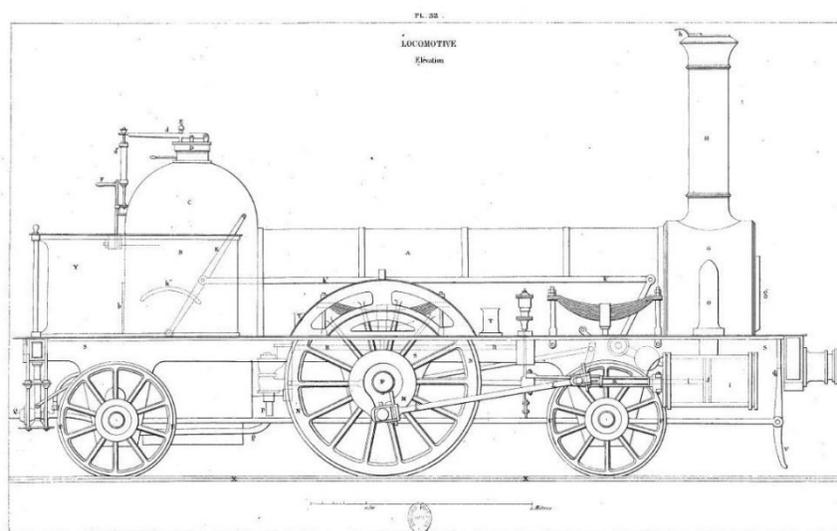


Imagen 58

Posteriormente, Perrot incorporó tres *tableaux* con íconos – imágenes de diferentes locomotoras, una de ellas suma planos detalles de partes de estas máquinas y otra está dedicada a los frenos tipo Guérin. Se mantiene el plano conjunto frontal para representar a la locomotora, el cual nos permite apreciar toda su extensión, así como la mayor cantidad

³²⁵ *Ibid.*, p. 100.

de piezas posibles; además, también se ocupa el achurado de ciertas partes para separarlas de las demás. En tanto, se agregan líneas punteadas en su interior, las que completan aquellas partes que inician con línea sólida; y se ocupan las letras para separar las diferentes piezas que luego se describen en el texto (imagen 58).

Notamos que la locomotora, a pesar del esmero con que se nos muestra, es un modelo ya antiguo, de acuerdo con el año de edición de la obra, 1859, por lo que estas imágenes les sirvieron a los alumnos más bien como un reconocimiento de las partes de una locomotiva, como una introducción al tema, pues eran íconos – imágenes que podían denotar y connotar con ayuda del profesor y su propia experiencia. Sin embargo, como ya hemos apuntado, el proceso de semiosis no se produciría como si hubieran conocido y operado la máquina directamente; e, incluso, aunque la interpretación de los estudiantes fuera cabal, lo que aprehendieran no les significaría un real acercamiento a lo que estaba ocurriendo en las vías férreas del país.

En efecto, en 1889, la compañía del Ferrocarril Nacional contaba con 114 locomotoras, modelos Baldwin Consolidation, Mogul, A. M. 8 Wheel, Decapod, Hinckley Mogul y Baldwin 10 wheel pass.³²⁶ Nada de esto vemos en la obra de Perrot, ni tampoco en el cambio que hace Méndez en 1888. Ese año, el ingeniero mexicano quitó el libro de Maridet y sumó al de Goschler un texto francés reciente, *Cours de routes*,³²⁷ del inspector general de puentes y calzadas de Francia León Durand-Claye. Dicha obra abordaba la disposición, el estudio y la redacción de un proyecto de ruta, así como su construcción y mantenimiento, sin capítulos que se dedicaran a las locomotivas y sus partes. Parece claro el objetivo de Méndez con este cambio, pues si en algo podrían trabajar los ingenieros mexicanos en las compañías extranjeras era en la ruta, como lo habían demostrado su hermano y Almazán tiempo atrás.

Un primer cambio importante que notamos en este trabajo es que sólo consta de un volumen de 606 páginas, con lo cual, Méndez procura una simplificación en la presentación de las temáticas, como lo había hecho de Garay con la obra de Mary años atrás; empero, no por ello el texto deja de incluir un buen número de imágenes, nada menos que 215. Durand-Claye inicia definiendo las partes de un camino, para lo cual utiliza sólo un símbolo que

³²⁶ Third Annual Report of The Mexican National Railroad Company for the year ending December 31st, 1889. *AGN : SCOP*, caja 1, exp. 1, legajo 1, pp. 29 – 30.

³²⁷ Durand-Claye, *op. cit.*

representa una ruta vista transversalmente, señalando las zanjas y los bancos que posee (imagen 59),³²⁸ y continúa con lo concerniente a calzadas, zanjas, bancas de seguridad y perfiles generales de una ruta, haciendo gala de una mayoría de símbolos matemáticos; no obstante, también hay comparaciones de perfiles y soluciones a algunos de los problemas que presenta el texto, realizados con figuras que reúnen dos o más íconos – imágenes dibujados en plano conjunto desde distintos ángulos. Es el caso de la imagen 60, cuyas representaciones frontal y cenital de un perfil en cascada a lo largo de una zanja, resuelven la destrucción de un camino debido a lluvias torrenciales.³²⁹



Fig. 1.

Imagen 59

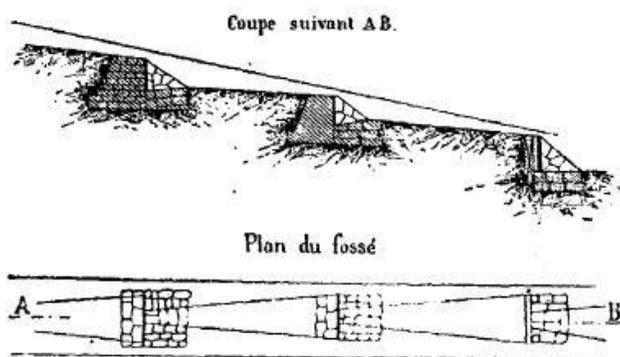


Fig. 10.

Imagen 60

Las siguientes secciones, consagradas a las condiciones generales de las rutas, el estudio de las mismas y la redacción de proyectos, emplean principalmente símbolos matemáticos para sus explicaciones, mientras que el sexto capítulo retoma los íconos – imágenes con 26 de ellos, que una vez más se emplean para retratar el movimiento de tierra. Entretanto, cuando Durand se refiere a las calzadas, incluye numerosos íconos – imágenes de diferentes sistemas de construcción de las mismas, de hecho, en la imagen 61, vemos la forma antigua

³²⁸ *Ibid.*, p. 10.

³²⁹ *Ibid.*, p. 81.

de construcción de una calzada, previa a la popularización del pavimentado con macadam, desarrollado por el ingeniero inglés John McAdam. En la figura se aprecia lo esencial que era establecer cualquier camino sobre una base de piedras grandes, utilizándose una o dos filas de ellas (AB) en la parte inferior de la carcasa.³³⁰



Fig. 130.

Imagen 61

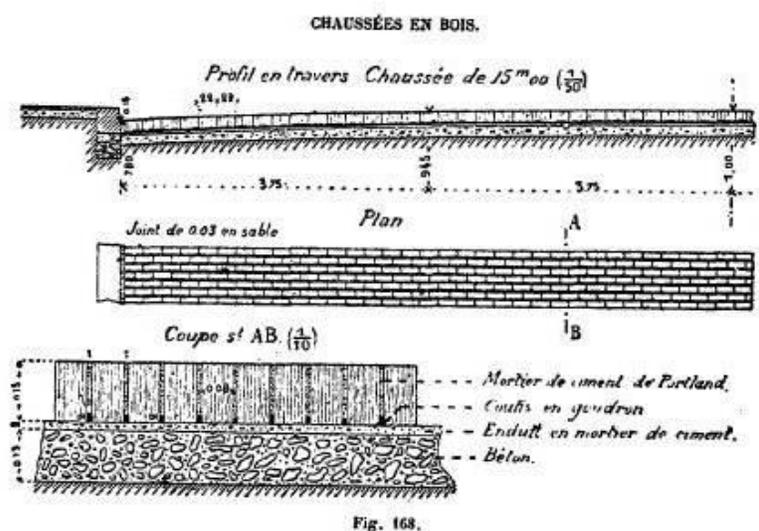


Fig. 168.

Imagen 62

Asimismo, tenemos dibujos de partes de máquinas que muelen rocas, herramientas, tipos de calzadas, tipos de aplanadoras y una página completa sobre el sistema en uso de pavimentación en madera con medidas y explicaciones in situ (imagen 62). En este dibujo, la cimentación es de hormigón con cemento portland, que ofrece gran resistencia, volviendo innecesario asegurar las piezas de madera pues se sostienen solas sobre esta base.³³¹ El autor empleó tres íconos – imágenes para tratar el tema, un plano conjunto frontal para exhibir una sección transversal de una calzada con sus medidas; otro que nos muestra una parte de la misma, específicamente la representación de un sello de arena; y el

³³⁰ *Ibid.* P.332.

³³¹ *Ibid.*, p. 401.

detalle de un corte que nos permite ver el interior de la calzada, definiéndose cada una de sus partes en el dibujo.

Las últimas temáticas tratadas con un buen número de ilustraciones son las alcantarillas, los acueductos, los muros de apoyo, las escolleras y las aceras, conservándose dentro de los símbolos matemáticos e íconos – imágenes. Aquí se ocupan ampliamente las figuras que juntan dos o más tipos de planos y ángulos, para dar al espectador una representación más completa de la tecnología enseñada, incluso, hay cuatro páginas que únicamente reúnen imágenes de alcantarillas de 1, 2 y 4 metros de apertura; quizá, aprovechando los editores la carencia de estas representaciones en otros textos de la época, que, como Mary, dejaban que las alcantarillas se aprendieran únicamente por palabras (imagen 63). Las secciones cortadas transversalmente de estos dibujos, muestran la disposición y las dimensiones de las distintas partes del cuerpo de la obra, los otros cortes y elevaciones indican cómo se construirán las cabezas, las partes más complicadas y costosas.³³² De esta forma, vemos cuatro planos conjuntos que representan la elevación, un corte transversal, otro longitudinal y una visión cenital, mismo tratamiento que tienen los acueductos, otras construcciones con pocas representaciones en trabajos previos.

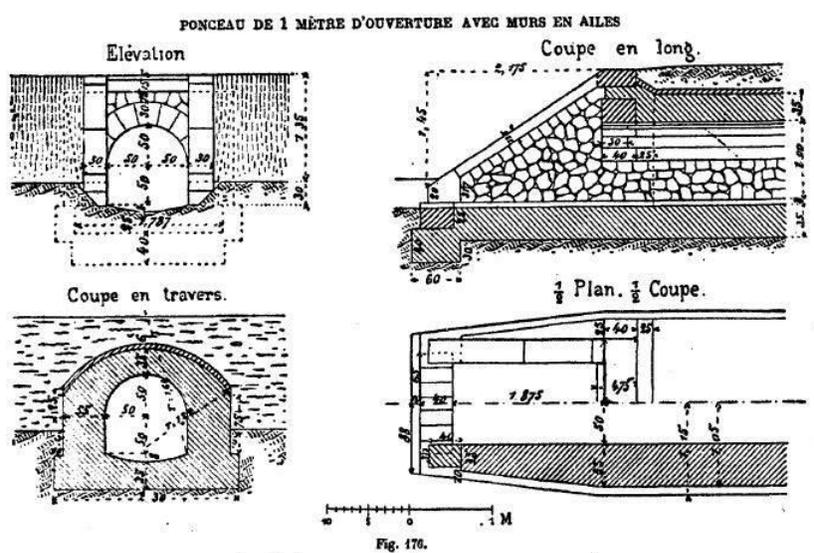


Imagen 63

El libro finaliza con las secciones dedicadas al mantenimiento, las cuales casi no incluyen imágenes, nada más al abordar la mantención de caminos y calzadas pavimentadas se

³³² *Ibid.*, p. 419.

ocupan 11 figuras, principalmente íconos – imágenes de herramientas. De esta manera, este trabajo es notoriamente más explicativo que el de Maridet, que al ser únicamente teórico podía reemplazarse con los apuntes del profesor; así, la parte de caminos del programa se hallaba bien cubierta en cuanto a la tecnología ocupada, la construcción y el mantenimiento, con representaciones interpretables por los alumnos al ocupar geometría descriptiva, íconos-imágenes y símbolos decodificables en el aula. Sin embargo, sólo esta sección del plan de estudio estaba cubierta con una obra especializada, empleando Méndez los volúmenes de Goschler para todo el resto del curso, pues era en las rutas en donde los alumnos de la ENI podían trabajar, y no sólo en una compañía extranjera, sino en el mismo Ministerio de Fomento como inspectores de dichos caminos.

En 1890, debemos nombrar el *Cours de machines professés a L'École des Mines de Paris*³³³ de Pierre-Jules Callon, empleado en la clase de construcción y establecimiento de máquinas de Palacios. Éste incluía un acercamiento mínimo al ramo ferrocarrilero, apareciendo en el Atlas dos *tableaux* que representan locomotivas, un modelo antiguo y otro más cercano a la época en que aparece la obra, 1873 – 1877. Los dibujos tienen una descripción en el apéndice del segundo volumen, pero es difícil encontrar rápidamente la referencia a la imagen deseada, además, las descripciones en sí son breves, dejando fuera detalles interesantes como el modelo y el año de las máquinas.

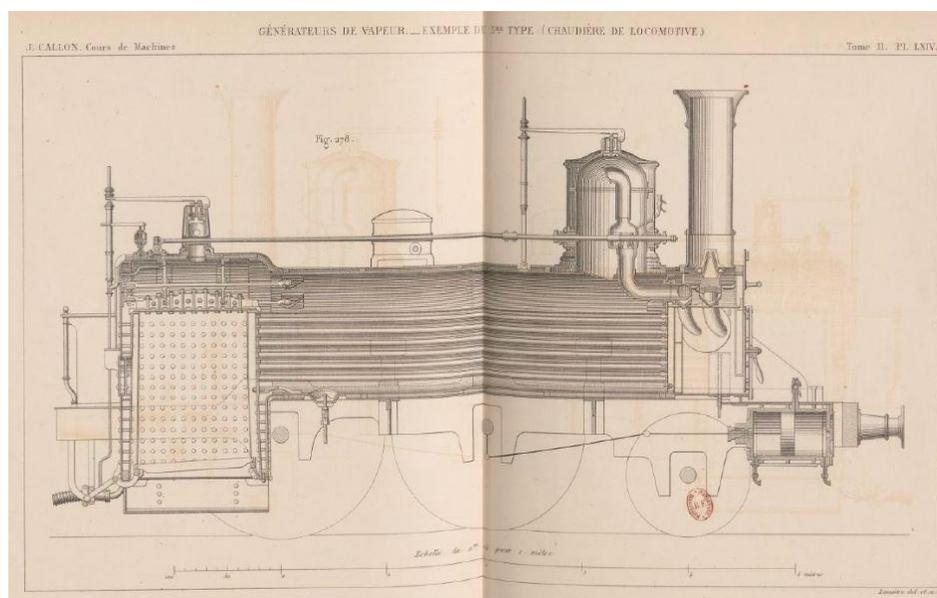


Imagen 64

³³³ Callon, *op. cit.*

En la imagen 64 podemos apreciar la representación de una locomotora más actual compuesta por una caldera tubular poderosa, indispensable para obtener los mejores resultados en cuanto a la velocidad del transporte.³³⁴ Una tecnología importante de conocer para los alumnos, mas su dibujo no escapa a lo que ya hemos visto en trabajos pasados, un plano conjunto frontal para ver un costado completo de la máquina y la mezcla del dibujo lineal y el achurado para destacar, en este caso, la caldera y la disposición de las ruedas. De hecho, es muy parecida a una ilustración utilizada por Perdonnet (imagen 35), sólo que las partes sombreadas de ésta la hacen más realista y detallada.

Ahora bien, ese mismo año de 1890, Méndez agregó *Les chemins de fer en Amérique*³³⁵ de los ingenieros franceses Lavoinne y Pontzen. Al fin se actualizaba la enseñanza del curso con un libro de publicación reciente, 1880, el cual hacía referencia a la tecnología ferroviaria de Estados Unidos. Sus dos primeros tomos tratan de la construcción y la explotación, abarcando la infraestructura, la superestructura, las estaciones, señales, material rodante, locomotivas y ténder, frenos, organización del servicio, mantenimiento y explotación comercial. Dichos volúmenes no incorporan ninguna imagen para ilustrar sus temas, pues los autores todavía confían en el formato de Atlas, incluyendo uno para cada tomo de texto.

El primer Atlas se compone de 39 *tableaux*, que exhiben el mapa de las vías férreas de Estados Unidos, representaciones de trazados, perfiles transversales y excavadoras, diagramas e íconos – imágenes de puentes de madera, sus secciones y ensamble, diferentes sistemas de construcción de puentes, viaductos en madera y metal, puentes giratorios, cimientos, túneles, cruces y cambios de vías, placas giratorias, estaciones, señales y básculas. Cada *tableau* reúne varias figuras, expuestas desde diferentes planos y ángulos según la tecnología que representan, un ejemplo lo tenemos en la imagen 65, que agrupa dibujos acerca de puentes en arco sobre el Mississippi. A través de 15 figuras se presentan dos modelos de aquellos puentes, los que comparten el plano general de un ícono – imagen que nos muestra la totalidad de la construcción en su ambiente, ubicados en la parte superior de la página. Éstos son rodeados por planos detalles de las diferentes partes que componen su estructura de apoyo, las cuales se muestran de frente y perfil, ocupando la

³³⁴ *Ibid.*, pp. 550 – 551.

³³⁵ Lavoinne y Pontzen, *op. cit.*

técnica del achurado para agregarle dimensión a las ilustraciones más que para aislar una sección en particular.

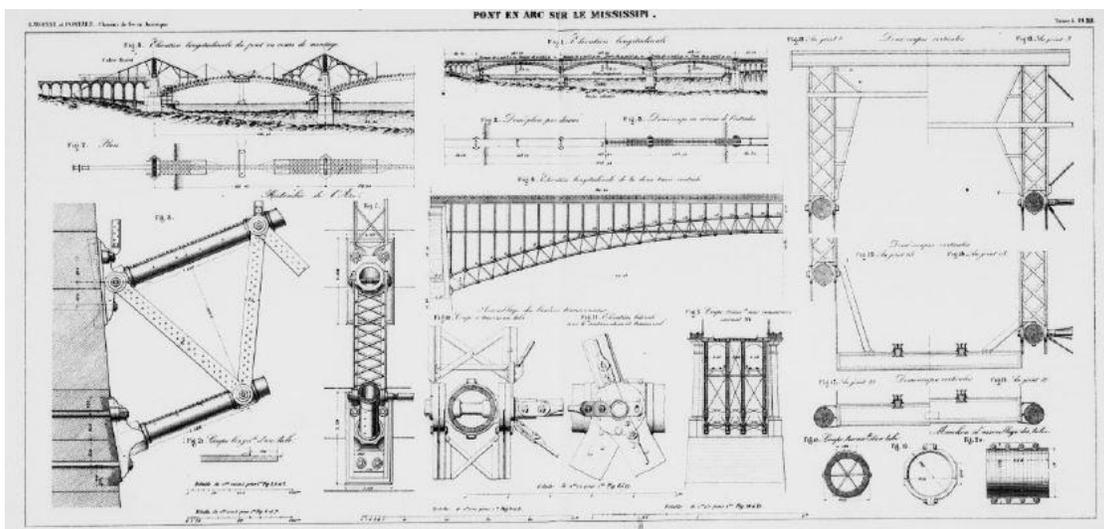


Imagen 65

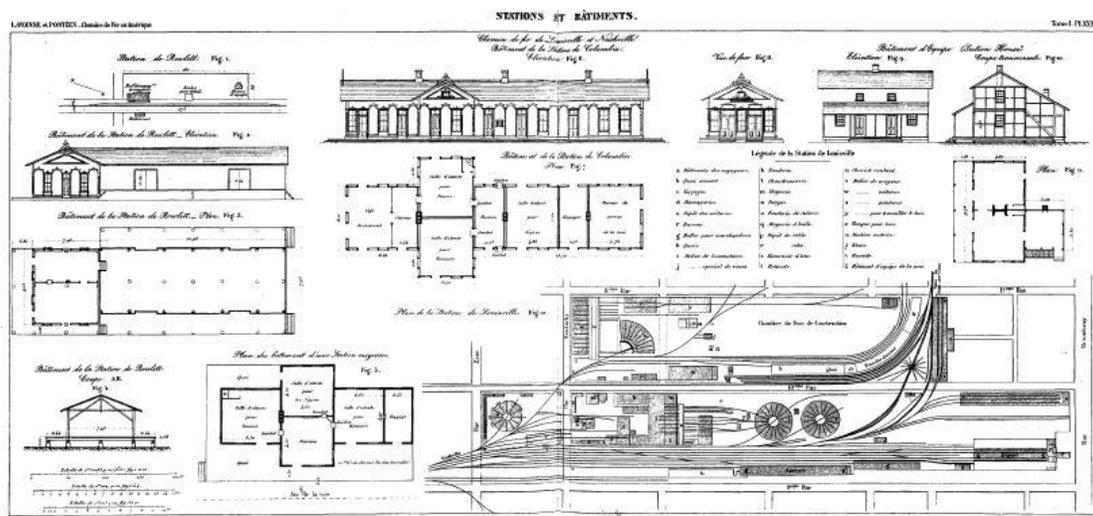


Imagen 66

En tanto, también tenemos *tableaux* que mezclan los símbolos – planos con los íconos – imágenes para representar lo mismo que Perdonnet y Goschler, las estaciones. Si vemos la imagen 66, notamos cuatro planos encargados de mostrar la disposición interior de los edificios y uno dedicado a la distribución de la estación completa, mientras que siete son íconos – imágenes de planos conjuntos de aquellos edificios. Se debe señalar que, al no ser un libro escrito en el país, trata algunos temas que no son útiles para los alumnos de la ENI, como son los refugios para la nieve; no obstante, es el primer intento serio por acercar a los

estudiantes a la tecnología norteamericana a través de los libros y sus imágenes. Este Atlas reúne ilustraciones de buena calidad que ahondan en los detalles, pero es difícil encontrar las referencias en el texto, ya que no hay una sección particular para explicar cada *tableau*, sino que éstas van apareciendo a lo largo del trabajo. Este es uno de los factores del por qué se dejaron de ocupar los Atlas para reunir las imágenes, aunque es innegable la valía de agrupar en *tableaux* las representaciones sobre un tema.

El segundo volumen del Atlas incluye 38 *tableaux*, los cuales concentran imágenes de carros de pasajeros, su calefacción, ventilación y acoplamientos, los trucks, la caja de grasa, los ejes, las ruedas y los frenos, vagones para mercancías, para carbón, barcos a vapor, el tranvía aéreo de New York y 16 páginas dedicadas a las locomotivas y sus partes. De estas últimas, hay tres que poseen únicamente la representación de una locomotora, en plano conjunto frontal y un escorzo de la mitad de la misma, exponiéndose modelos para el transporte de pasajeros, de tipo Mogul, y del tipo Consolidation. En notación francesa, que toma como referencia los ejes, las locomotoras tipo Mogul son 1 – 3 – 0, o sea, 1 eje delantero, 3 ejes para ruedas motrices y ningún eje trasero; por su parte, las Consolidation son 1 – 4 – 0 o 2 – 8 – 0 en la notación norteamericana de White, que alude a las ruedas, o sea, 2 ruedas en el eje guía, ocho ruedas motrices y sin ruedas en el eje trasero.

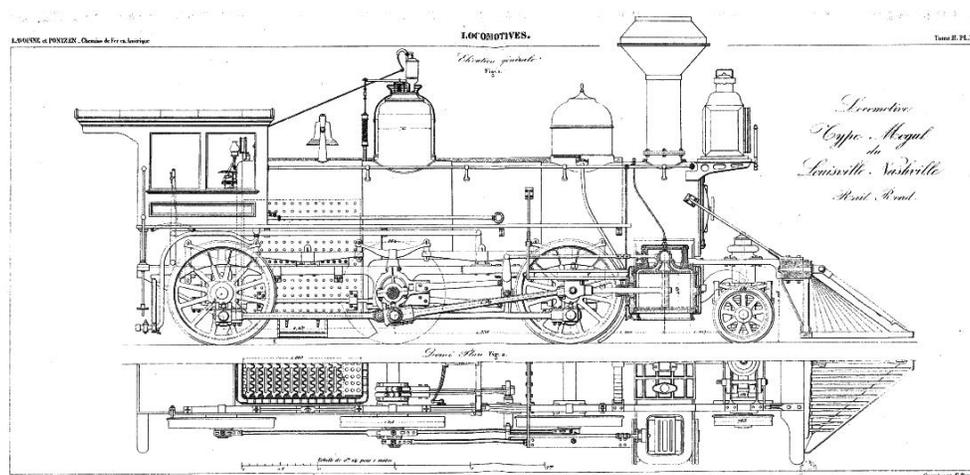


Imagen 67

En la imagen 67 podemos apreciar los íconos – imágenes de este tipo de *tableau* con la locomotora Mogul, que junto a la Consolidation son las más difundidas en las líneas de Estados Unidos, y, como vimos previamente, también en México. En el texto encontramos referencias a su chasis y a las barras de la rejilla que tiene forma de zigzag para facilitar el

acceso al aire, lo que podemos ver en el escorzo.³³⁶ Vemos que aquí se mantiene el tenor de las obras francesas, en cuanto a representaciones de locomotoras, aunque se agrega la perspectiva desde abajo con la idea de dar más información sobre tecnología no gala. Se mantiene además el uso del achurado para destacar ciertas partes, pues no se ocupan las letras, y las líneas punteadas para completar o exhibir secciones que están por el interior del chasis.

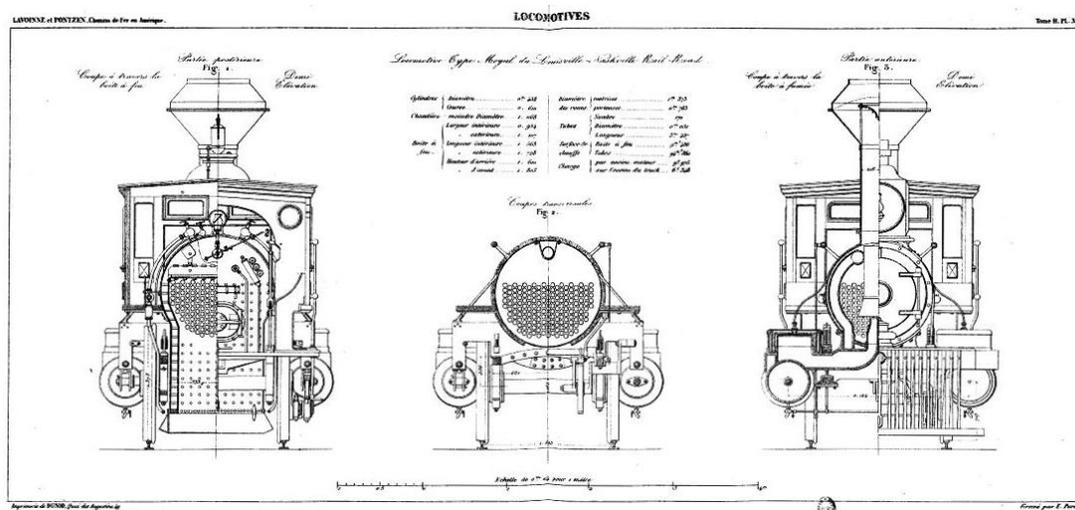


Imagen 68

El *tableau* siguiente (imagen 68) nos muestra tres íconos – imágenes de perfil de una locomotora tipo Mogul de la línea de Louisville – Nashville, mismas vista que tenemos en otro *tableau* para el caso de las máquinas Consolidation. Esta perspectiva fue elegida por el autor buscando que el lector pudiera apreciar de mejor manera la caja de fuego y la chimenea, tanto desde su parte posterior como frontal. Asimismo, las figuras 1 y 3 muestran la mitad en corte transversal, exponiendo el interior de la caja de fuego y la chimenea, y la otra mitad con el chasis normal; mientras que la figura 2 nos exhibe únicamente la caldera. Aquí tampoco tenemos letras para destacar ciertas zonas, pero sí partes achuradas y medidas incorporadas en los dibujos, las que también se hallan escritas en la parte central de la página.

Respecto al generador de vapor, Lavoinne y Pontzen señalan que su sistema de construcción en la locomotora estadounidense difiere de lo que se realiza en Europa. Primeramente, en los materiales utilizados, excluyéndose en el país del norte casi

³³⁶ Lavoinne y Pontzen, *op. cit.*, *Tome deuxième*, pp. 138 – 139.

totalmente el cobre de las cámaras de combustión y las calderas, y usando chapa de acero en el interior de la caja de fuego y tubos de hierro en el cuerpo de la caldera. Junto con esto, los fabricantes estadounidenses no alargan los tubos para aumentar la superficie de calentamiento indirecto, sino que los multiplican para dividir los gases de combustión entre un mayor número de canales y para facilitar la liberación de vapor y la circulación de agua entre los tubos, fabricantes como los del ferrocarril de Louisville y Nashville disponen los tubos en filas verticales superpuestas como se ve en la imagen 68.³³⁷ De esta forma, advertimos que las diferencias entre las tecnologías eran de gran importancia en cuanto a la fabricación, por lo que confirmamos la desventaja en la que se hallaban los ingenieros mexicanos al haber estudiado todo el siglo XIX casi únicamente a la locomotora europea.

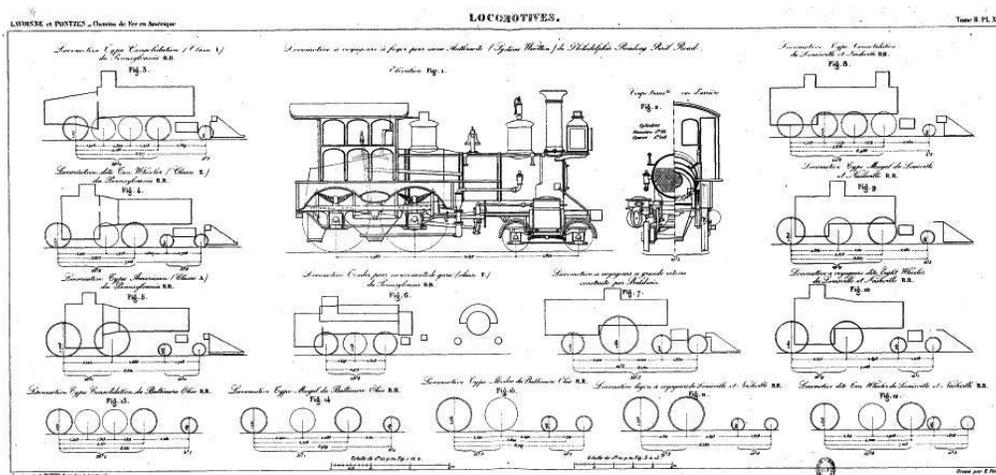


Imagen 69

En el *tableau XXI*, que podemos ver en la imagen 69, advertimos que junto al ícono – imagen en plano conjunto frontal y de perfil de la máquina, hay símbolos que nos dan la idea de locomotoras con diversas disposiciones de ruedas, algo parecido a lo que vimos en el *Traité...* de Perdonnet pero realizado de forma más abstracta, dibujadas en forma lineal y en un plano conjunto frontal con indicaciones de la geometría descriptiva en su parte inferior. En este caso, los símbolos exhiben las diferentes locomotoras de la línea de Pennsylvania, la cual posee 10 modelos diferentes, separándose en cuanto al uso que se le asigna y el combustible que queman; a pesar de las desigualdades, todas las calderas son de acero, tubos y hierro.³³⁸

³³⁷ *Ibid.* pp. 106 – 107.

³³⁸ *Ibid.* p. 135.

De esta manera, el Atlas de la obra reúne todas las representaciones que de locomotivas y sus partes hemos visto, con un dibujo de calidad superior al incluido en los libros de Perdonnet y Goschler, con un mayor uso de ángulos y con un detalle sobresaliente gracias a una impresión cuidada. Asimismo, a pesar de que el formato de *tableau* ya iba de salida, pensamos que en esta ocasión su elección es un acierto, pues, como hemos visto en la tesis, la tecnología no francesa siempre se procuraba mostrar con mayor minuciosidad. Esto se logró al reunir las diversas imágenes sobre un tema en una misma página, disponiéndolas de tal modo que la tecnología y sus partes siguen un orden lógico, esperando que el estudiante reconozca la importancia de las representaciones y sus relaciones de acuerdo a su ubicación. Precisamente este era el objetivo de los autores, como vimos en el primer apartado del capítulo, que los ingenieros franceses aprehendieran la tecnología norteamericana, pues consideraban que mucha de ella era digna de adaptarse a las condiciones europeas.³³⁹

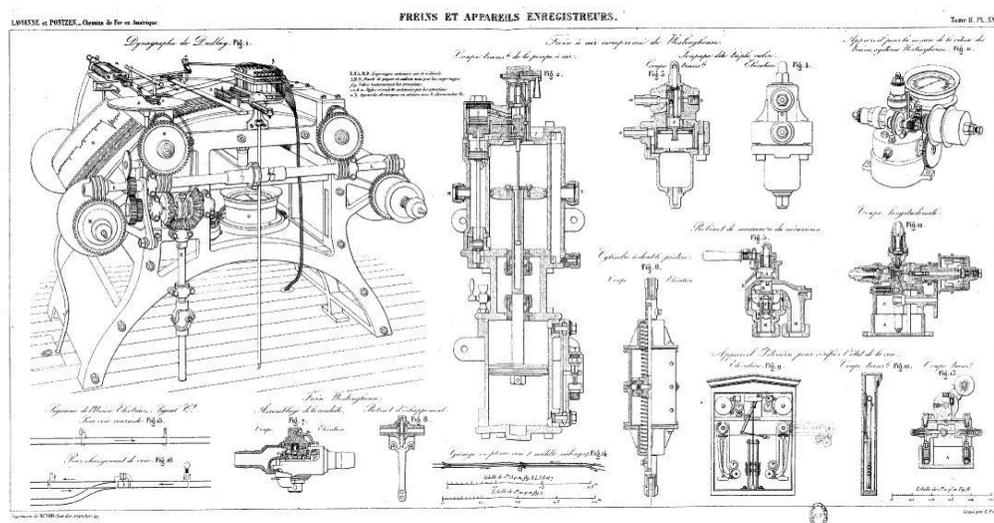


Imagen 70

Los últimos *tableaux* exhiben modelos de frenos ubicados en las ruedas y aislados en planos conjuntos y detalles, como vemos en la imagen 70 para el caso de los frenos de aire comprimido Westinghouse, los que se ocupaban en todo el material rodante para pasajeros del Ferrocarril Central Mexicano.³⁴⁰ Éstos se hallan acompañados de una representación

³³⁹ Los dichos de los autores se pueden revisar en la página 109.

³⁴⁰ Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas de la República Mexicana, *Reseña sobre los principales ferrocarriles construidos en México. Formada por acuerdo del secretario del Ramo*, México, Oficina Impresora de Estampillas Tipografía, Palacio Nacional, 1892, pp. 29 – 30.

interesante para los ingenieros de la ENI, la del aparato de Pitcairn en las figuras 9 y 10, utilizado para inspeccionar y dar cuenta de las irregularidades de una pista. Gracias a éste se podía detectar cualquier junta defectuosa y cualquier diferencia en la forma, por lo que era indispensable para los ingenieros inspectores de vías, trabajo que apuntamos era el que desempeñaban más titulados de la institución en el Ministerio de Fomento.

De esta forma, la obra de Lavoinne y Pontzen ya era más cercana a los estudiantes que ninguna de las otras que hemos revisado, relacionándose finalmente los libros de texto con la tecnología empleada y el trabajo desarrollado por los egresados de la ENI con páginas dedicadas a las locomotoras Baldwin, Mogul y Consolidation que estaban en el país, al material rodante y frenos que estaban en uso, y especialmente al recién nombrado aparato de Pitcairn. Sin embargo, seguía siendo una obra general, realizada para que los ingenieros franceses conocieran la tecnología ferrocarrilera norteamericana. Para los mexicanos servía de la misma forma, como un buen compendio de las máquinas que estaban corriendo por las vías del país a la espera de poder realizar una práctica, ya fuera en alguna compañía extranjera en México o fuera del país.

Por su parte, de Garay sumó el trabajo *Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées*,³⁴¹ del cual no especificó cuáles de los 20 volúmenes iba a ocupar en las clases, aunque nosotros pudimos revisar solo diez. Los volúmenes 6 al 8 reúnen lo referente a mecánica y a las máquinas hidráulicas y a vapor, entre las que se incluyen las calderas, los motores de vapor de condensación y sin ella, y las máquinas locomotoras. Entre los íconos – imágenes siguen dominando los planos conjuntos y detalles frontales, así como las imágenes achuradas y aquellas que solo muestran un aspecto de la tecnología, aunque también hay varias figuras que se dedican a comparar tecnología o mostrar un punto de vista de la misma, la mayoría de engranajes, pernos y poleas.

En esta obra volvemos a encontrar descripciones detalladas de instrumentos, tal como vimos en el primer capítulo de la tesis, realizadas desde diferentes ángulos y con la calidad de una pintura figurativa, en este caso, de la máquina rotativa de Behrens. Ésta era una máquina de vapor de bajo volumen, que movía una bomba rotativa fuerte del mismo sistema y su eje podía tomar una velocidad de rotación considerable.³⁴² En la imagen 71 la

³⁴¹ Debaue, *op. cit.*

³⁴² *Ibid.*, pp. 697 – 698.

figura 394 es una vista en $\frac{3}{4}$ del aparato, la 395 es un ángulo cenital del mismo, la 396 presenta un corte longitudinal para ver el interior, y las figuras 397 y 398 un corte transversal a lo largo del eje. De esta manera, a pesar de que se acercaba a lo hecho con el repetidor de Borda (imagen 14), este nivel de detalle de un solo instrumento no lo habíamos visto previamente. Esta minuciosidad en la representación podía deberse a la categoría de manual de la obra, que como hemos apuntado en la tesis, procuraban ser texto y profesor a la vez; por lo tanto, debían entregar la mayor información posible a los lectores.

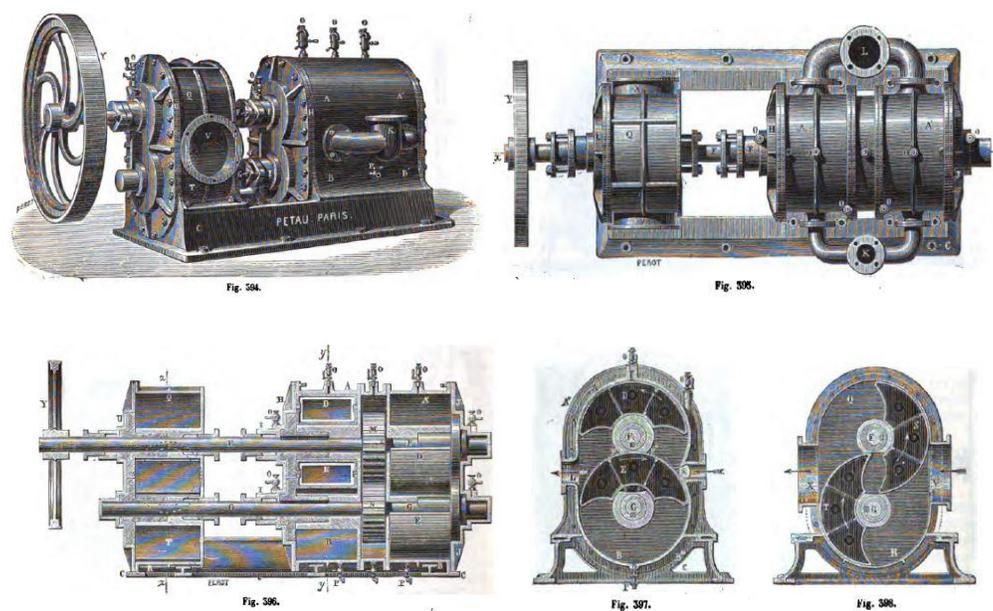


Imagen 71

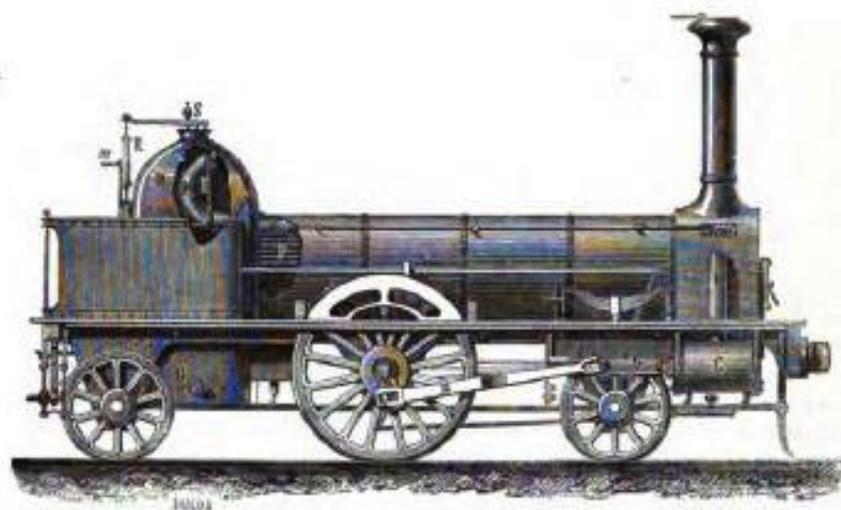


Fig. 405.
Imagen 72

Por último, de máquinas locomotivas sólo tenemos un ícono – imagen de una locomotora “ordinaria” como especifica el propio texto (imagen 72), exhibida como la mayoría de éstas, en plano conjunto frontal. Sin embargo, ésta hace uso del achurado buscando una ilustración más realista, para que el espectador reconozca el modelo visualmente sin problemas y no para aislar ciertas zonas del dibujo, acorde a la generalidad de una obra que pretendía abarcar todo lo relacionado con la Ingeniería de Puentes y Caminos en 20 volúmenes. De la figura se dice que los productos de la combustión pasan a través del cuerpo tubular como lo conocemos, y se dirigen a la parte delantera de la máquina, en la caja de humo, de donde escapan por la chimenea A.³⁴³

El resto de los fascículos no incorpora muchas imágenes, y en algunos casos no hay ninguna, lo que muestra la inclinación de la obra hacia la exposición teórica con pocas ilustraciones y muchos razonamientos matemáticos. Así, Francisco de Garay se mantuvo por detrás de Eleuterio Méndez en cuanto a la actualización de sus programas, ocupando textos antiguos o muy voluminosos, que eran difíciles de consultar y costosos para el alumnado; aunque, en este caso, lo puede haber motivado el que los estudiantes dispusieran de una obra de consulta general. Como fuera, los directivos de la Escuela no estaban contentos con el rumbo del curso, por lo que suprimieron el apartado de puentes de dicha clase para agregárselo a la de Méndez.

Hacia 1897, estos cursos cambiaron de nombre a vías de comunicación terrestre y vías de comunicación fluvial, lo que implicó que Méndez sumara el libro de Mary para la nueva sección de puentes, mantuviera a Durand-Claye y al fin abandonara el trabajo de Goschler; pero, sin que nosotros conozcamos los motivos, también eliminó del programa *Le chemins de fer en Amérique*, reemplazándolo con el *Traité complet des chemins de fer*³⁴⁴ de George Humbert. Esta obra se divide en tres volúmenes publicados por la *Librairie Polytechnique* en 1891, lamentablemente, sólo nos fue posible encontrar la segunda edición de los tomos dos y tres, publicados ambos en 1908 por la misma editorial. Esta edición es la que introdujo la fotografía al tema ferrocarrilero, ausente del resto de libros revisados, principalmente por haber sido publicados antes de la posibilidad técnica de contar con imágenes fotográficas en la edición.

³⁴³ *Ibid.*, p. 702.

³⁴⁴ Humbert, *op. cit.*

La fotografía de los ferrocarriles, impulsada en la década de los años ochenta, se puede calificar como una de las grandes etapas de la historia de la fotografía durante el siglo antepasado. La última época de dicha centuria, la de la inversión industrial en los principales sectores de la economía, estuvo caracterizada en México por la presencia de numerosos fotógrafos extranjeros, especialmente estadounidenses, que llegaron contratados por las compañías ferrocarrileras para documentar los trabajos de exploración y construcción de las vías.³⁴⁵ En la Exposición de París de 1889, el Ferrocarril Nacional Mexicano exhibió 34 vistas fotográficas, mientras que la Secretaría de Fomento montó una exposición con fotografías de la vía México – Veracruz.³⁴⁶

Este trabajo fotográfico hecho por las compañías ferroviarias no se vió reflejado en los libros de texto dedicados a la enseñanza ferrocarrilera, al menos en lo visto en aquellos ocupados en la ENI, que en esos años seguían utilizando libros publicados dos décadas antes. Desconocemos si la primera edición de la obra de Humbert ya contaba con imágenes fotográficas, pues la posibilidad técnica existía, sin embargo, la segunda edición incluye fotos de modelos de máquinas aparecidas después de 1899. De cualquier forma, vale la pena examinar de qué manera son ocupadas estas representaciones, pues están dentro del periodo estudiado para esta tesis.

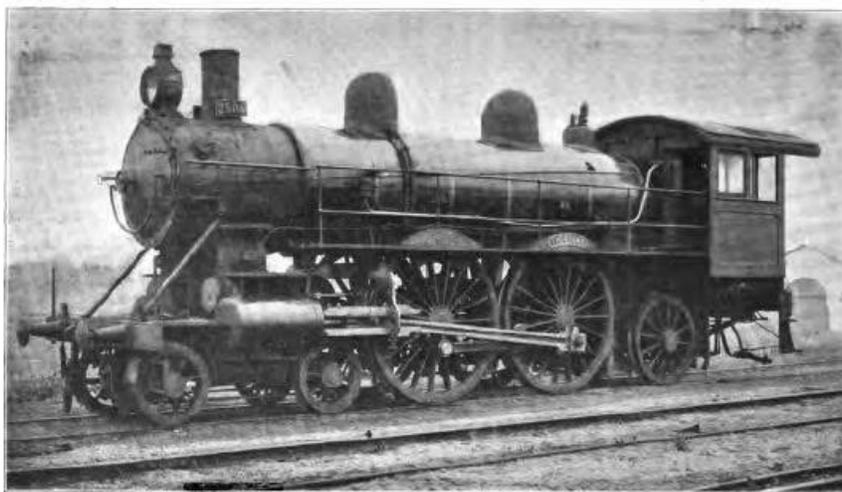


Fig. 621. — Locomotive Atlantic à simple expansion (série 2900) du réseau de l'Etat.

Imagen 73

³⁴⁵ Beatriz Eugenia Malagón Girón, *La fotografía de Winfield Scott. Entre la producción comercial y la calidad estética de la fotografía*, Tesis de Doctorado en Historia del Arte, Asesor Karen Cordero, FFyL, UNAM, México, 2003, pp. 75 – 76.

³⁴⁶ Tenorio Trillo, *op. cit.*, p. 163.

En la imagen 73 vemos la figura 624, que forma parte del tercer volumen del texto y es la primera fotografía que aparece en el mismo, mostrando el plano conjunto de una locomotora modelo Atlantic “posando” en la estación. El cambio que salta inmediatamente a la vista es el ángulo de visión, ya que, en vez de ocupar el clásico ángulo frontal de la mayoría de los dibujos que hemos visto, utiliza una perspectiva de $\frac{3}{4}$, que en fotografía se ocupa comúnmente para dar profundidad y separar al objeto del fondo. Además, la foto no es de una máquina francesa, sino de una construida por los talleres de Baldwin y ocupada en Estados Unidos desde 1900.³⁴⁷ La segunda foto es igual a esta, en plano conjunto y $\frac{3}{4}$, pero allí vemos una máquina acoplada de cuatro ejes (serie 4000), con su chimenea enfilada hacia la derecha (imagen 74).

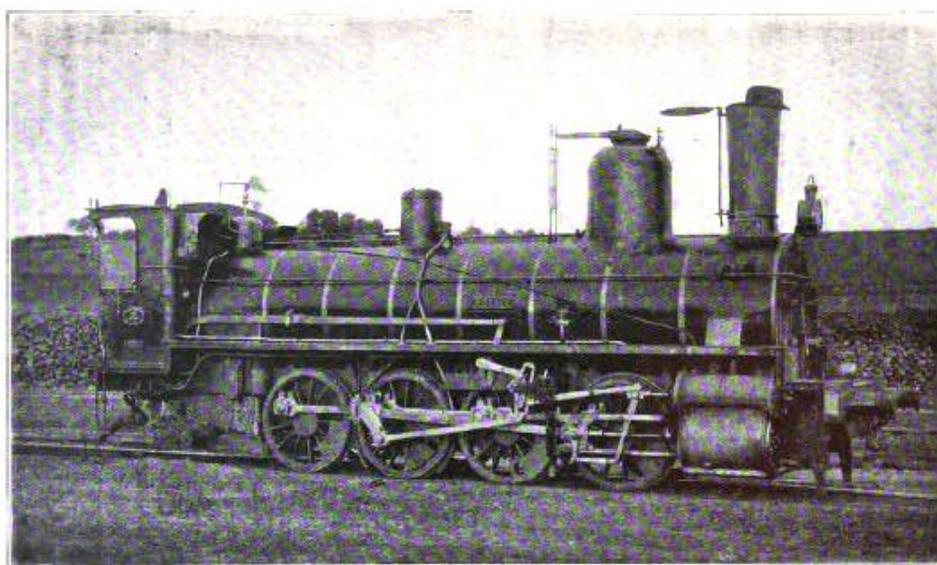


Fig. 628. — Machine à quatre essieux accouplés (série 4000) du réseau de l'Etat.

Imagen 74

La tercera y última fotografía que incorpora la obra se halla en la imagen 75, retratando un coche de vapor autopulsado del sistema Purrey, cuya primera aplicación en la red francesa se remonta a mayo de 1904.³⁴⁸ De esta forma, las tres fotografías nos exhiben tres modelos diferentes que se vuelven reales para el alumnado al verlos situadas en un espacio existente, pudiendo interpretarlas también un espectador occidental no especialista, o sea, su studium más básico es aprehensible para cualquiera que haya visto una locomotora antes. Por esto, pensamos que su utilidad para la enseñanza dependía mucho más del

³⁴⁷ Humbert, *op. cit.*, Tome Troisième, p. 100.

³⁴⁸ *Ibid.*, p. 112.

profesor que con un dibujo, pues no destacaba o detallaba ningún área por si sola. Así, las imágenes fotográficas no agregan un valor extra en este caso, a diferencia de las fotos astronómicas o geológicas, donde el momento en el espacio y tiempo en que se tomaban era importante para su análisis. Es debido a esto que la fotografía no se ocupó en grandes cantidades en los textos de ingeniería ferrocarrilera durante el periodo de estudio, pues no eran imágenes que sirvieran al alumno más allá del reconocimiento del modelo y las piezas posibles de distinguir desde la perspectiva de la foto, y ni siquiera incluían letras, achurado o líneas punteadas que pudieran destacar ciertas partes.

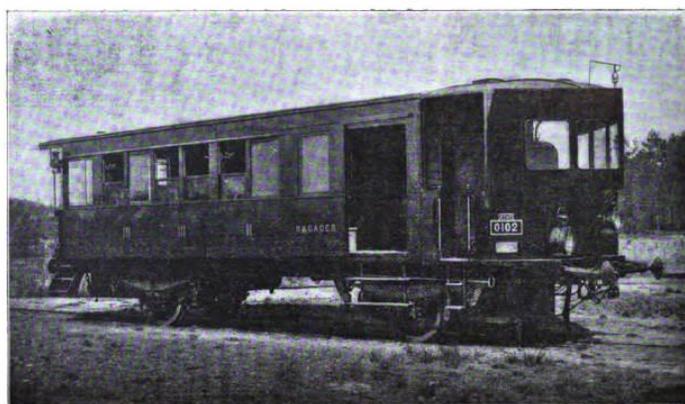


Fig. 631. — Voiture automotrice, système Purrey.

Imagen 75

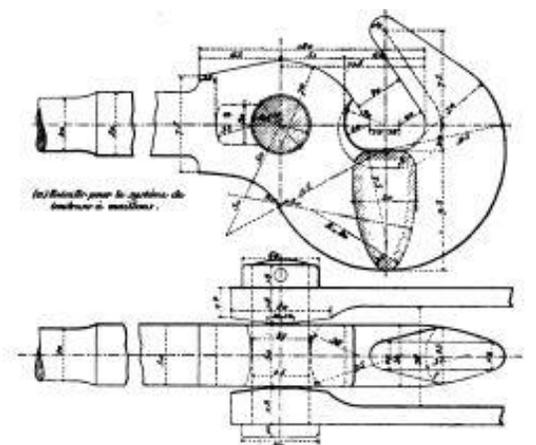


Fig. 504. — Crochet de traction (Union des chemins de fer allemands) (Echelle $\frac{1}{4}$).

Imagen 76

En sus tres volúmenes, Humbert abarcó la historia y organización financiera de la empresa ferroviaria, la construcción de la estructura, la superestructura, estaciones, señales,

material rodante, teoría de las locomotoras, las calderas, el tender, los frenos y la explotación comercial de las vías férreas. Para esto no ocupó una gran cantidad de ilustraciones, aunque en casi todos los capítulos se incorporan algunas en un tenor similar a lo visto en trabajos previos; pero, a diferencia de obras parecidas, en este libro hay imágenes que nos acercan más a los detalles de las piezas, dándonos una vista pormenorizada de aspectos como los ganchos de tiro. Esto lo podemos apreciar en la imagen 76, donde el tipo de gancho de tiro que se aplica a todos los equipos nuevos que se construyen en Estados Unidos, es expuesto en plano conjunto frontal y cenital, fusionando el dibujo lineal y el achurado para destacar ciertas partes e incluyendo las medidas y ángulos necesarios de acuerdo con la geometría descriptiva.

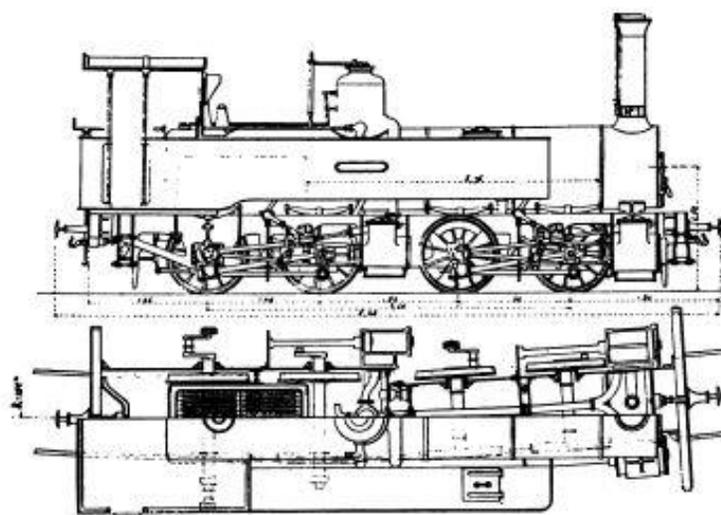


Fig. 663. — Locomotive compound Mallet, articulée, à quatre cylindres pour les chemins de fer de la Corse, à voie de 1 mètre.

Imagen 77

Igualmente, volvemos a tener dibujos de locomotoras en planos conjuntos frontales y escorzos, aunque con menor detalle que los que aparecían en el Atlas de *Le chemins de fer en Amérique*. La figura 603 de la imagen 77, representa el tipo de máquina construida para los ferrocarriles de Córcega, con una vía de un metro y control separado de los dos grupos de ejes, de acuerdo con la disposición compuesta de cuatro cilindros de Mallet, disposición que dio origen a los dos tipos de locomotoras más potentes que se han construido.³⁴⁹ Las ilustraciones incluyen algunas de las medidas interesantes para los estudiantes, así como algo de achurado, aunque no precisamente para aislar una sección. Se esperaba que con

³⁴⁹ *Ibid.* p. 73.

ambas vistas el espectador tuviera una idea más o menos completa que el texto no da. Humbert también incluye dibujos más detallados de locomotoras como el de la imagen 78, donde en un plano conjunto frontal vemos una máquina compuesta con dos ejes acoplados en la parte delantera, que se ocupaban en la mayoría de las redes para remolques de trenes expresos. Con esta representación queda clara la prolijidad con que el dibujo puede exhibir el ferrocarril y sus partes, lo que no es posible encontrar en una fotografía de esa época.³⁵⁰

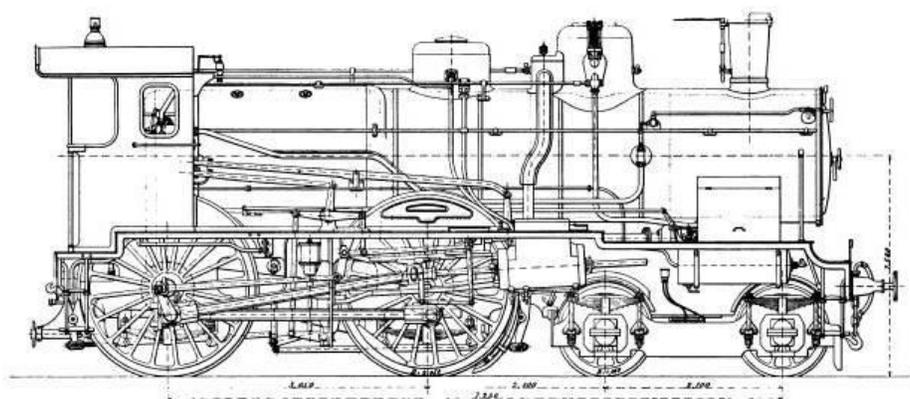


Fig. 819. — Machine à deux essieux accouplés et à bogie de la compagnie de l'Est (d'après M. Demoulin).

Imagen 78

Notamos que este libro es muchos más detallista en sus representaciones que Goschler y Perdonnet, e incluso que Lavoigne y Pontzen, sobre la maquinaria que conforma una locomotora y sus vagones, tratando principalmente la tecnología norteamericana en sus más de 600 figuras. Muchas estaban compuestas por más de una imagen, con acercamientos minuciosos de las piezas y, como nunca, fotografías de algunos modelos considerados importantes. Además, es posible advertir que en un libro publicado en 1908, ya se emplea la geometría descriptiva en todos los dibujos, sean íconos – imágenes o símbolos, dejando de lado el retrato figurativo, que pensamos fue siendo desplazado paulatinamente por la fotografía como incipientemente se ve en esta obra. Así, es probable que Méndez considerara estas razones al preferir este escrito a *Le chemins de fer en Amérique*, que todavía mantenía ciertas técnicas de enseñanza anticuadas como el Atlas.

Por último, podemos afirmar que la evolución del dibujo en los textos franceses privilegió que el alumno pudiera reconocer bien la pieza, el modelo, la máquina, los materiales, las

³⁵⁰ *Ibid.* p. 91.

partes de una construcción, y no tanto el que aprendiera cómo operan las cosas, cómo se ven en diferentes momentos de su movimiento o cómo se ve un mal funcionamiento. Esto se dio tanto por los objetivos que hemos visto tenían estos libros, como las posibilidades de prácticas de los estudiantes franceses. A pesar de ello, la cultura visual era reconocible por los alumnos mexicanos gracias a los íconos-imágenes y la geometría descriptiva, apareciendo piezas y locomotoras bastante detalladas que podrían ser interpretadas con la ayuda del profesor. Mas la connotación seguía sin poder ser parte cabal de la semiosis experimentada por el alumnado, faltaba el conocimiento y operación de las máquinas, lo cual les impidió aprovechar por completo la cultura visual propuesta en los libros.

Al parecer el carácter teórico e ilustrativo que había primado en la materia ferrocarrilera, así como en la ENI en general, y que se había criticado e intentado cambiar varias veces durante el siglo XIX, finalmente acabaría con la reforma de 1897, que provoca la transformación más grande que hasta el momento había tenido la Escuela y las clases de vías de comunicación terrestre y fluvial. En efecto, los profesores de estos cursos fueron destituidos después de casi cuatro décadas, asumiendo en la primera cátedra Carlos Daza en lugar de Eleuterio Méndez y en vías de comunicación fluvial Manuel Marroquín y Rivera reemplazó a Francisco de Garay. Cómo afectó este cambio a la enseñanza ferrocarrilera de la ENI, y particularmente las obras y la cultura visual ocupadas en la enseñanza, lo veremos en el último capítulo.

Capítulo 3. La cultura visual ferrocarrilera en el cambio de siglo. El modelo norteamericano en la Escuela Nacional de Ingenieros, 1900 – 1914

Introducción

En este último capítulo de la tesis nos dedicaremos a examinar las transformaciones ocurridas en la Escuela Nacional de Ingenieros durante el cambio de siglo, las cuales provocaron modificaciones tanto en la forma de entregar el conocimiento a los alumnos, como en la propia planta docente encargada de aquellos menesteres. Esto significó cambiar el modelo de ingeniería francés, que había primado durante todo el periodo decimonónico, al modelo anglosajón, y, sobre todo, al estadounidense. Dicha variación es notoria en los

libros de texto requeridos por los nuevos docentes, así como en el recorte que éstos mismos hicieron de los planos de estudio, dejando fuera la mayoría de las partes teóricas que respondían a la visión gala de la enseñanza, y que engrosaban los programas pasados.

Por otro lado, indagaremos si estas variaciones facilitaron de alguna forma las prácticas tan esquivas de los estudiantes, revisando, además, la respuesta de los mismos alumnos a estos cambios, qué pensaban de esto los profesores y si realmente querían más prácticas. A la par, estudiaremos la creación de Ferrocarriles Nacionales de México por parte del gobierno, a través de la consolidación de las líneas ferroviaria más importantes del país, si esto influyó de alguna manera en la enseñanza ofrecida en la Escuela y si fue de ayuda para que los ingenieros egresados de la Escuela obtuvieran un empleo en el rubro.

Finalmente, revisaremos en detalle las imágenes que incluyen los nuevos libros escogidos para las cátedras dedicadas a la empresa ferroviaria, la mayoría proveniente del modelo de educación norteamericano como ya señalamos. Pondremos atención en las diferencias que presenten respecto a las ilustraciones utilizadas por los ingenieros galos, ya sea en planos, angulaciones o estilo de dibujo, como en la cantidad de abstracción que alcanzan al ejemplificar o explicar una temática. De la misma manera, haremos mención de la incorporación que se hizo de algunas fotografías, las que, sin embargo, tuvieron una presencia mínima y, en cierto sentido, similar a lo ya visto en obras previas.

3.1 La Escuela Nacional de Ingenieros entre modelos de enseñanza, 1900 – 1907. Los nuevos libros de texto de tecnología ferroviaria.

La llegada del nuevo siglo significó diversos cambios para la Escuela Nacional de Ingenieros, se reemplazó a los profesores que tenían mucho tiempo como titulares de sus cursos, incluyendo aquellos que dictaban los relacionados al ferrocarril, y las discusiones que se daban en su seno apuntaban ahora directamente al abandono del modelo francés de ingeniería por el norteamericano. Si vemos el informe que Mateo Plowes, Miguel Bustamante, José M. Velázquez y Daniel Palacios dirigieron a Manuel Fernández Leal, director de la ENI,³⁵¹ notamos que el documento reprobaba el que los programas de las asignaturas no se concretaran al estudio de los elementos fundamentales de su área,

³⁵¹ Manuel Fernández Leal fue director durante los periodos 1879 – 1881 y 1900 – 1904.

perdiendo tiempo con elucubraciones teóricas que no eran necesarias para resolver los casos más comunes que se daban en el ejercicio de la profesión.³⁵²

Estos docentes vieron en dicho enfoque el responsable de que el alumno temiera la parte práctica, pues, al no verse enfrentados regularmente a la exigencia de poner a prueba su criterio y facultades, preferían evitar situaciones donde el bochorno por cometer un error era muy posible. En respuesta a esta situación, propusieron adoptar "...como modelo la escuela anglosajona y especialmente la que llamaremos americana...";³⁵³ así como la institución de exámenes una vez finalizadas las prácticas. El catedrático tendría la obligación de desarrollar las teorías completas de cada uno de los casos estudiados durante la práctica, y sería sobre esos trabajos que tratarían los exámenes.³⁵⁴

En ese mismo tenor, otra comisión de docentes formada por Adolfo Díaz Rugama, Juan Mateos y Manuel Marroquín y Rivera, envió un informe similar al director Fernández Leal el mismo año. Allí, expresaron su preocupación por las carencias fundamentales con las que muchos educandos llegaban al último año de su carrera, lo que achacaron al poco espíritu de observación de los jóvenes, que, según ellos, no se interesaban por presenciar el funcionamiento de una máquina, por examinar el material de una construcción o por visitar un taller. Para Díaz, Mateos y Marroquín, los alumnos estaban más interesados en aprender el modo de obtener un resultado algebraico, por lo que cuando tenían que ejercer profesionalmente, no podían dirigir el trabajo de un obrero con base a todas las matemáticas adquiridas.³⁵⁵

³⁵² Informes presentados por Mateo Plowes, José M. Velázquez, Miguel Bustamante, Daniel Palacios y otros profesores de la Junta de Catedráticos, dirigido a Manuel Fernández Leal, director de la Escuela Especial de Ingenieros, sobre algunas sugerencias al plan de estudios de la Escuela. 27 febrero – s/d octubre 1901. *AHUNAM : ENI*, caja 3, exp. 42, f. 329; Mateo Plowes es profesor de topografía, hidráulica e ingeniería sanitaria; Miguel Bustamante de mecánica aplicada y mineralogía, geología y paleontología; José M. Velázquez de práctica general de ingeniería civil; y Daniel Palacios de construcción y establecimiento de máquinas.

³⁵³ *Ibid.*, f. 330.

³⁵⁴ *Ibid.*, f. 331.

³⁵⁵ Oficio, acuerdo e informes en que Ezequiel A. Chávez, de la Sección de Instrucción Pública de la Secretaría de Justicia, notifica al Ministro que, de acuerdo con el informe anual de 1900 presentado por Manuel Fernández Leal, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, es muy bajo el resultado de los exámenes en algunas clases, y que sólo dos alumnos de toda la Escuela fueron acreedores al 2º premio, por lo que se nombró una comisión de profesores para estudiar las causas, la que a su vez rinde un informe. 27 febrero – s/d octubre, 1901. *AHUNAM : ENI*, caja 8, exp. 15, f. 441; Adolfo Díaz Rugama era profesor de geodesia y astronomía práctica; Juan Mateos de cálculo de las probabilidades y teoría de los errores, y sustituto de vías de comunicación fluviales; y Manuel Marroquín y Rivera, titular de vías de comunicación fluviales.

Son interesantes ambas reflexiones, pues exhiben un tipo de alumno que contribuyó a que la Escuela se mantuviera primordialmente teórica. En los documentos se registraron las quejas de quienes si querían realizar sus prácticas y no pudieron, alimentando la idea de un problema institucional y económico, pero, como señalábamos anteriormente, también era un problema cultural y social. Al ser muchos de los estudiantes de ingeniería de clase acomodada, era mejor vista en su círculo la teoría que la práctica, perspectiva que además habían aprendido muchos de ellos en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Como apuntan Saldaña y Núñez en su estudio sobre la física en la ENP, allí “...por primera vez se enseñó la física, las matemáticas y otras ciencias sin un fin utilitario ni carácter instrumental para otras ciencias sino por sí mismas, como parte de la formación que un hombre educado debería poseer”.³⁵⁶ Esto, los docentes de la ENI esperaban romperlo mediante la presión por la calificación, que ésta hiciera que los jóvenes le dieran la misma importancia a la práctica que a las clases teóricas; sin embargo, olvidaban que en el caso de las prácticas ferrocarrileras, cuando no se realizaban era debido a variados problemas, siendo la indiferencia de los alumnos el menor de ellos.

Los profesores continuaron su escrito alabando el pragmatismo de la ingeniería estadounidense, planteando incluso que los textos “...en general deberán ser prácticos, y para esto lo mejor será escogerlos entre los autores ingleses o americanos.”³⁵⁷ Para este grupo de profesores, la elección de libros didácticos no siempre fue acertada, porque éstos no se encontraban en las librerías, porque se escogían sin conocerlos, porque la mayoría eran voluminosos, de carácter general y poco prácticos como obras de consulta, y porque se solicitaban tres o cuatro publicaciones distintas para un mismo curso sin tomar en cuenta la economía de los alumnos y la disponibilidad de los textos. La solución que recomendaron era promover, con buenos premios en dinero, la redacción de libros mexicanos didácticos; o, al menos, modificar las obras extranjeras que se utilizaban, para así llenar las exigencias de los programas y que fueran útiles a profesores y alumnos.³⁵⁸

Esta propuesta no era nueva, vimos cómo durante el siglo XIX más de una vez se reglamentó que los académicos escribieran un libro de texto para su clase, por parte del

³⁵⁶ Juan José Saldaña y Miguel Núñez, *op. cit.*, p. 109

³⁵⁷ Oficio, acuerdo e informes en que Ezequiel A. Chávez, de la Sección de Instrucción Pública de la Secretaría de Justicia, notifica al Ministro que, de acuerdo con el informe anual de 1900 presentado por Manuel Fernández Leal..., *op. cit.*, 27 febrero – s/d octubre, 1901. AHUNAM : ENI, caja 8, exp. 15, f. 442.

³⁵⁸ *Ibid.*, f. 443.

Estado y de la misma Escuela. De hecho, varios trabajos se realizaron en el país, aunque fueron pocos los que se publicaron y menos los que se utilizaron en la ENI. Lo difícil de llevar esto a cabo se evidenció un par de años después, en 1903, cuando Adolfo Díaz Rugama escribió el *Tratado de cálculo de las probabilidades y teoría de los errores*, poniendo en práctica su sugerencia. El manuscrito fue enviado a la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública para su publicación, pero fue devuelto, porque "...la cantidad disponible de las partidas con las que cuenta la misma Secretaría no les permite imprimirlo."³⁵⁹

Como señalamos, ambos informes hicieron ver que el problema de la ENI era integral. Tanto los programas de los cursos y los profesores, como las características del alumnado promedio, contribuyeron a que los ingenieros titulados no pudieran sumarse en masa a los proyectos de construcción de la infraestructura nacional. No obstante, muchos de los nuevos profesores eran egresados del propio Establecimiento, por lo que conocían de primera mano las dificultades de ejercer profesionalmente con la capacitación que recibieron en la escuela. Debido a esta situación, se buscaba cambiar la orientación de la enseñanza dada en la ENI, siendo esta transformación más o menos profunda dependiendo del maestro de cada cátedra.

En el caso de vías de comunicación terrestre asumió la titularidad un ingeniero civil egresado de la Escuela, Carlos Daza, quien, antes de que aquellos informes fueran emitidos, ya había hecho un giro completo hacia el modelo norteamericano en cuanto a lo que enseñaría en el curso, de acuerdo con lo realizado durante sus prácticas en el país del norte.³⁶⁰ Esto es evidente si revisamos las obras que solicitó para complementar el programa de 1898,³⁶¹ el cual mantuvo los apartados de caminos, ferrocarriles y puentes, que se había excluido de vías de comunicación fluviales. Precisamente para esta última área,

³⁵⁹ Oficios y minutas en los que Manuel Fernández Leal, director de la Escuela Nacional de Ingeniería, solicita al Secretario de Justicia e Instrucción Pública [Ezequiel A. Chávez], se autorice la impresión del "Tratado de cálculo de las probabilidades y teoría de los errores", de Adolfo Díaz Rugama, y que se adopte como texto del curso respectivo, lo que no se autoriza por falta de fondos. 1 – 26 mayo, 1903. AHUNAM : ENI, caja 23, exp. 5, f. 176.

³⁶⁰ Ver página 115.

³⁶¹ Minuta y programas enviadas por Joaquín Baranda, Secretario de Justicia e Instrucción Pública, y recibidos por Leandro Fernández, director de la Escuela de Ingenieros, en donde le comunica que el presidente de la República aprobó los programas para los diferentes cursos de esa Escuela, por lo que pueden regir durante el año de 1899. 19 diciembre, 1898 – 4 enero, 1899. AHUNAM : ENI, caja 20, exp. 20, f. 530.

Daza pidió el *Treatise on wooden trestle bridges*,³⁶² publicado en 1891 por el ingeniero norteamericano Wolcott C. Foster; y el *Treatise on the theory of the construction of bridges and roofs*,³⁶³ del profesor de ingeniería civil en la Universidad de Michigan, De Volson Wood. El primero abarca todo lo referente a puentes de madera con caballete, dejando un capítulo para la teoría; mientras que Wood entrega las fórmulas relativas a la deformación en piezas individuales, así como la matemática de diferentes tipos de entramados, de estructuras compuestas, de techos y vigas. Este conocimiento lo entrega de forma general, pues pensaba que los detalles deberían abordarse en cursos prácticos y no en un salón de clases.³⁶⁴

El primer cambio notable entre estos trabajos y los franceses fue que los norteamericanos trataban temas más acotados, por lo cual, en un sólo volumen que no alcanza las 300 páginas explicaron todo lo que se propusieron en su introducción. Esto llevó a Daza a pedir más títulos, aunque todos unitarios, abordando en mucho menor espacio la mayoría de las temáticas que incluía el plan de estudios. Éste también era más sucinto que los planes utilizados por Méndez, condensando en dos capítulos lo referente a los caminos y los ferrocarriles, a diferencia de los nueve que hablaban de ello en los programas previos, pues su propósito era abordar únicamente lo esencial.³⁶⁵

Por su parte, para la sección de carreteras el libro elegido fue *A text-book on roads and pavements*,³⁶⁶ escrito en 1894 por Fred P. Spalding, profesor de ingeniería civil de la Universidad de Cornell; y, para ferrocarriles, se solicitó *The economic theory of the location of railways. An analysis of the conditions controlling the laying out of railways to effect the most judicious expenditure of capital*³⁶⁷ de Arthur Mellen Wellington, ingeniero jefe de la línea norteamericana de Veracruz a la ciudad de México. Spalding buscaba dar un breve apunte, de 230 páginas, sobre los principios envueltos en el trabajo carretero,

³⁶² Wolcott C. Foster, *A treatise on wooden trestle bridges according to the present practice on American railroads*, second revised and enlarged edition, New York, John Wiley & Sons, 1897, 216 pp.

³⁶³ De Volson Wood, *Treatise on the theory of the construction of bridges and roofs*, New York, John Wiley & Son Publishers, 1873, 249 pp.

³⁶⁴ Wood, *op. cit.*, pp. IX – X.

³⁶⁵ Minuta y programas enviadas por Joaquín Baranda 19 diciembre, 1898 – 4 enero, 1899, *op. cit.*, AHUNAM : ENI, caja 20, exp. 20, f. 530.

³⁶⁶ Fred P. Spalding, *A text-book on roads and pavements*, New York, John Wiley & Sons, 1894, 213 pp.

³⁶⁷ Arthur Mellen Wellington, *The economic theory of the location of railways, an analysis of the conditions controlling the laying out of the railways to effect the most judicious expenditure of capital*, fifth revised and enlarged edition, New York, John Wiley & Sons : Engineering News, 1893, 980 pp.

además de trazar los sistemas de construcción más importantes, omitiendo los detalles y las estadísticas de ejemplos particulares.³⁶⁸ A pesar de su concisión, el libro cumplía con enseñar lo previsto en el plan, aunque su sección sobre los tranvías era escueta en comparación con el detalle que le otorga Daza en su programa.

En tanto, Wellington se extendió más de 1000 páginas para examinar la perspectiva económica de la empresa ferroviaria, como señala su título, incluyendo la temática referente al Ferrocarril que Daza abordaba en su curso: la tracción, la resistencia, el material rodante y la locomotiva y sus partes, aunque el tema de las líneas férreas no era tratado a profundidad en el libro. Máquinas como la Consolidation, la Mogul y las locomotoras de 10 ruedas fueron estudiadas detalladamente por el ingeniero estadounidense, comparando su peso, superficie, caldera, tender y ruedas; al igual que los motores norteamericanos, ingleses y franceses. Toda aquella información era exhibida en tablas muy detalladas, más de lo que vimos en las obras francesas sobre el tema, sirviendo esta publicación como la columna vertebral del curso.

De esta forma, estos cuatro libros cubrían la mayor parte del programa en una forma más sintética que los del modelo francés, cuyos tratados eran de cuatro o cinco volúmenes sin siquiera incorporar lo referente a puentes. La formación de un proyecto y el trazado de un camino, el cálculo de las obras, las calzadas, los tranvías, la vía, la superestructura, los rieles, las estaciones, el material rodante, las locomotoras y los sistemas americanos eran todos capítulos con subtemas en el programa de Méndez. En cambio, como ya señalábamos, Daza redujó a lo elemental dichas secciones, empero, cabe destacar que no se dejó de lado la teoría a pesar de lo pragmático de los trabajos solicitados por el mexicano.

Los autores aclaraban a los lectores que sus obras se limitaban a lo estrictamente necesario, ya que consideraban que muchos de los aspectos que conformaban el tema que trataban tenían que aprenderse en el trabajo mismo. De esta manera, al igual que las obras galas, los libros norteamericanos no transmitían todos los secretos de su tecnología, dejando el peso de los conocimientos en la parte práctica realizada en sus universidades. Además, a diferencia de los franceses, no se preocupaban por entregar otros muchos detalles anexos a los temas que trataban. Esta misma filosofía podemos encontrarla en el uso de imágenes, lo que explicaremos en el último apartado del capítulo.

³⁶⁸ Spalding, *op. cit.*, s/p.

Ahora bien, la clase de vías de comunicación fluviales y obras hidráulicas también experimentó una transformación en su enfoque, debida igualmente a su nuevo catedrático, el ingeniero Manuel Marroquín y Rivera, quien cambió los textos que utilizaba de Garay por dos obras del mismo autor inglés, el ingeniero civil Leveson Francis Vernon-Harcourt. Para el apartado de ríos y canales solicitó *Rivers and canals, the flow, control, and improvement of rivers and the design, construction, and development of canals both for navigation and irrigation with statistics of the traffic on inland waterways*,³⁶⁹ publicado en 1891; y para la sección dedicada a puertos y muelles *Harbours and docks their physical features, history, construction equipment, and maintenance with statistics as to their commercial development*.³⁷⁰

En ambos, Vernon-Harcourt buscaba colocar los principios y prácticas de la ingeniería hidráulica sobre una base más científica, para lo cual se valió de relatos concisos sobre los principales trabajos realizados para el control y mejoramiento de los ríos, la construcción de canales, la navegación y el comercio interno y marino.³⁷¹ Al perder la clase el apartado de puentes, ya no se trataron temas relacionados con el ferrocarril, por lo que en este capítulo sólo nos abocaremos a las vías de comunicación terrestre, mencionando lo que ocurría en los cursos de mecánica cuando sea conveniente.

Esta nueva perspectiva en la enseñanza de la ingeniería fue adquirida por el resto de cursos hacia 1902, un año después de los informes de los docentes, la cual podemos ver reflejada en las obras utilizadas en dicho año. Si vemos la gráfica 8, notamos que la influencia del modelo francés disminuyó notoriamente, sumando la misma cantidad de obras el modelo norteamericano y superándolo si le agregamos las publicaciones inglesas. Carlos Daza cumplió seis años al frente de la materia, experiencia que vertió en un programa de estudio mucho más detallado, razón por la cual cambió algunos de los trabajos solicitados previamente. En esta ocasión, para el apartado de carreteras reemplazó a

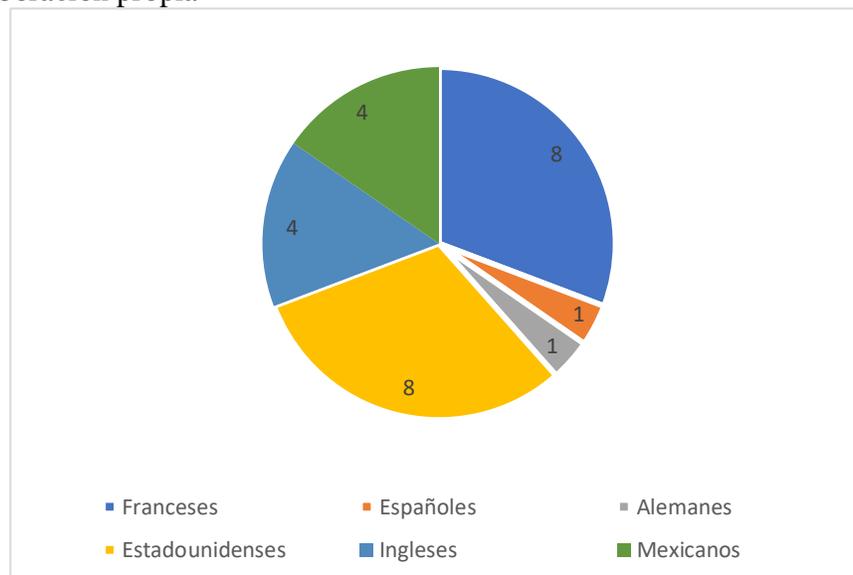
³⁶⁹ Leveson Francis Vernon-Harcourt, *Rivers and canals, the flow, control, and improvement of rivers and the design, construction, and development of canals both for navigation and irrigation with statistics of the traffic on inland waterways*, second edition re-written and enlarged, Oxford, At the Clarendon Press, 1896, 2 vols.

³⁷⁰ Leveson Francis Vernon-Harcourt, *Harbors and docks their physical features, history, construction equipment, and maintenance with statistics as to their commercial development*, Oxford, At the Clarendon Press, 1885, 2 vols.

³⁷¹ Vernon-Harcourt, *op. cit.*, 1896, p. vii.

Spalding por el *Routes et chemins vicinaux*³⁷² del francés O. Roux. Éste se refería al tema carretero en directa relación con el ferrocarril, tema del que adolecían Spalding y Wellington, hablando de la clasificación de las vías, las calzadas, el trazado, la redacción del proyecto, el movimiento de tierras y el presupuesto vial.

Fuente: Elaboración propia³⁷³



Gráfica 8. País de origen de los libros de texto utilizados en 1902.

Por otra parte, Daza mantuvo la obra de Wolcott Foster para puentes de madera, pero cambió el libro de Wood por el de Merriman y Jacoby, *A text-book on roofs and bridges. Part III. Bridge design*,³⁷⁴ profesores de ingeniería civil en las universidades de Lehigh y Cornell respectivamente. Esta parte del plan de estudios dedicada a los puentes se volvió muy meticulosa, separándose en nada menos que diez capítulos, cuyo contenido se relacionaba con el escrito de Merriman y Jacoby. Plan y libro inician examinando la historia de la construcción de puentes, para seguir con los principios económicos y sus diferentes tipos, su construcción y mantenimiento. Sin embargo, Daza no exponía toda la información que posee la publicación a sus alumnos, ya que para él bastaba con entregar los

³⁷² O. Roux, *Routes et chemins vicinaux*, Paris, Vve Ch. Dunod éditeur : Libraire des Ponts et Chaussées, des Mines et des Chemins de Fer, 1901, 579 pp.

³⁷³ Plan de estudios, ejemplar del Diario Oficial, tomo LVIII, número 11 y copia del decreto emitido por Porfirio Díaz, presidente de los Estados Unidos Mexicanos y dirigido, para su publicación, a Justino Fernández, secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública, relativo al plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros para las diferentes carreras que en ella se imparten. 7 enero 1902. *AHUNAM* : ENI, caja 20, exp. 23, f. 639 – 689.

³⁷⁴ Mansfield Merriman and Henry S. Jacoby, *A textbook on roofs and bridges. Part III. Bridge design*, New York, John Wiley & Sons, 1894, 425 pp.

conocimientos necesarios para poder verificar los cálculos de un puente, y que así el ingeniero pudiera elegir el más económico para proponerlo a las fábricas extranjeras, que, señalaba, eran los especialistas en dichas obras.³⁷⁵

De esta forma, el nuevo enfoque de la clase se orientaba a formar un profesional que pudiera relacionarse con las compañías extranjeras, y no tanto uno que pudiera construir sin el apoyo foráneo las obras requeridas. Fuera de esto, el objetivo ya no era la mera ilustración de los alumnos en el tema ferrocarrilero, sino que ahora se esperaba que los egresados aplicaran en obras reales los conocimientos obtenidos en el curso. Vale la pena señalar, además, que la obra de Merriman y Jacoby es de las pocas que incorporaron fotografías en estos años, aunque éstas no eran demasiadas y se concentraron en máquinas aisladas de su contexto, como veremos en detalle al final del capítulo.

Si bien la fotografía era utilizada escasamente en los libros de texto revisados, los alumnos de la ENI la ocupaban para su aprendizaje en algunas excursiones científicas, que se documentaban mediante dicha tecnología. Por ejemplo, en 1906, un grupo de alumnos fue con el profesor Juan Palacios al incendio del pozo petrolero “Dos Bocas”, entregando un informe que incluía cuatro fotografías.³⁷⁶ No nos fue posible encontrar esas imágenes, pero, por lo visto en la tesis, se buscaba exhibir el lugar en específico para volver creíble el acontecimiento en su espacialidad y tiempo, mismo uso que le dio Bárcena a la fotografía años atrás. Otro ejemplo es el uso de la imagen fotográfica por el pasante Ricardo Chávez, quien hizo su práctica de ingeniero civil en el puerto de Amberes, Bélgica, enviando un informe con fotografías de la maquinaria ocupada en el lugar. Era mucho más rápido para el alumno enviar una foto que dibujar las máquinas, lo que demostraba que la fotografía era una evidencia aceptada que iría desplazando paulatinamente al dibujo.³⁷⁷

Finalmente, para la sección de ferrocarriles Daza ahora prefirió el *Railroad construction*,³⁷⁸ del profesor de ingeniería civil de la Universidad de Pennsylvania Walter

³⁷⁵ Minutas y oficios del director de la Escuela de Ingenieros al Secretario de Instrucción Pública notificando el informe rendido por el pasante Ricardo Chávez, 6 de febrero – 21 de marzo, 1912. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 30, exp. 3., f. 5.

³⁷⁶ Minutas y oficios del director de la Escuela de Ingenieros al Secretario de Instrucción Pública notificando estar enterado de la comisión del profesor Juan Palacios, 6 agosto – 5 septiembre, 1906. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 30, exp. 11, f. 38.

³⁷⁷ Minutas y oficios del director de la Escuela de Ingenieros al Secretario de Instrucción Pública 6 de febrero – 21 de marzo, 1912. ..., *op. cit.*, *AHUNAM : E.N.I.*, caja 30, exp. 3., f. 6.

³⁷⁸ Walter Loring Webb, *Railroad construction. Theory and practice. A textbook for the use of students in colleges and technical schools*, New York, John Wiley & Sons, 1900, 456 pp.

Loring Webb; quien, en la mitad de páginas que Wellington, abordaba los mismos temas y otros que estaban incluido en el nuevo plan: los túneles, las alcantarillas, los puentes pequeños y el ballast. No obstante, la elección de la obra se debió a que el programa dejaba fuera el estudio detallado del motor y las partes de las locomotivas,³⁷⁹ misma cosa que hizo Loring Webb, confiando en que los alumnos lo aprenderían en la práctica. Desde luego que los catedráticos confiaban en que las prácticas podrían ser realizadas sin problemas por los estudiantes. De hecho, en 1906, además de eliminar los textos de Roux y Foster y utilizar a Spalding, Daza incluyó al final de cada apartado del plan de estudios una práctica, siguiendo los lineamientos de los informes expedidos años atrás.³⁸⁰

Esta confianza de Daza tenía un asidero, pues hacía fines de 1903, por iniciativa del secretario de Hacienda José Yves Limantour, el gobierno adquirió el control del Ferrocarril Interoceánico, lo cual daría inicio a la nacionalización de las vías férreas del país.³⁸¹ Así, a lo largo de 1906, Limantour sostuvo varios encuentros con los banqueros y accionistas mayoritarios del Ferrocarril Nacional y del Central, buscando consolidar las líneas de estas dos empresas para crear una compañía ferroviaria mayoritariamente mexicana. Esta apuesta se debía al crecimiento en la rivalidad que enfrentaba a dichas firmas, lo que tenía convencido a Limantour que terminaría en la consolidación de ambas en un monopolio, muy peligroso para el comercio mexicano interno y externo.³⁸²

Apurado por estas reflexiones económicas Limantour concretó el acuerdo entre el gobierno y los accionistas en diciembre de 1906, mientras que el 26 del mismo mes los diputados aprobaron la Ley sobre incorporación al estado de los Ferrocarriles Nacional y Central Mexicano. No obstante, hubo que esperar hasta el 6 de julio de 1907, para que el general Díaz expidiera el decreto que constituía a los Ferrocarriles Nacionales de México

³⁷⁹ Oficios, minutas y ejemplares del Diario Oficial, tomo LXIV, números 26, 29, 30, 34, 35 y 36, en los que se publican los programas y textos aprobando por el Secretario de Justicia e Instrucción Pública, y dirigidos a Justo Sierra, subsecretario de Instrucción Pública, para su divulgación. Se anexa el plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingeniería de 1902. 6 de enero 1902 – 30 de enero 1903. *AHUNAM : ENI*, caja 20, exp. 24, f. 700 – 703.

³⁸⁰ Oficio e informes general enviados por Luis Salazar, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, al secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes, acerca de las actividades realizadas durante el año de 1905. 4 – 10 de mayo 1906. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 8, exp. 18, f. 530.

³⁸¹ Arturo Grunstein Dickter, “A un siglo de la consolidación: nueva evidencia documental sobre el nacionalizamiento de los Ferrocarriles Nacionales de México”, en *Mirada Ferroviaria*, Revista Digital, Núm. 6, septiembre – diciembre 2008, México, p. 20.

³⁸² *Ibid.*, pp. 7 – 9.

(FNM).³⁸³ Veremos en el próximo apartado, con mayor detalle, la conformación de dicha compañía, además de las consecuencias que ello acarreó para la enseñanza de la ingeniería en la ENI

3.2 Consolidación del modelo norteamericano de enseñanza ingenieril y la fundación de los Ferrocarriles Nacionales de México, 1907 – 1914.

Poseer una política organizada de construcción y explotación de la empresa ferroviaria, era un tema contingente para el gobierno desde fines del siglo XIX, aprobándose en 1899 una ley que regulaba dichas áreas, la Ley de Ferrocarriles. Con esta, se le otorgaba, al menos nominalmente, el predominio a los intereses nacionales sobre los extranjeros. Al año siguiente, se sumó a este propósito la Comisión Revisora de Tarifas, creada para controlar los precios dispuestos por las diferentes compañías para el movimiento de carga. Sin embargo, para Limantour, dichos instrumentos de regulación eran insuficientes ante la posible consolidación de un monopolio de las compañías norteamericanas, que significaba el control casi total del tráfico interno y externo del país. De hecho, para esas fechas, el Central se adueñó prácticamente de todas las rutas hacia y desde Tampico, mientras que en respuesta, el Nacional inició la búsqueda de una salida estratégica hacia el Golfo, fijando su mira en el Ferrocarril Interoceánico.³⁸⁴

Éste último fue adquirido en 1903 por el Estado, con lo cual Limantour pensaba bloquear aquella posibilidad latente de monopolización, pero las tensiones y los problemas entre las líneas norteamericanas y el gobierno se agudizaron. Fue este clima el que finalmente decidió al secretario de Hacienda a negociar con los banqueros y accionistas mayoritarios del Nacional y del Central, con el objeto de consolidar las líneas de estas empresas y fundar una compañía mexicana. Así, como ya señalábamos en el apartado anterior, en diciembre de 1906 Limantour logró un acuerdo con los diversos grupos de accionistas, expidiendo el decreto de constitución de los FNM el general Díaz el 6 de julio de 1907.³⁸⁵

Esto significó para el gobierno la posesión del 51% de las acciones de la empresa, que quedó conformada por el Ferrocarril Interoceánico de México y las tres grandes compañías ferroviarias que se crearon durante la administración porfiriana: el Ferrocarril Central

³⁸³ *Ibid.*, p. 19.

³⁸⁴ *Ibid.*, p. 9.

³⁸⁵ *Ibid.*, p. 19.

Mexicano, el Ferrocarril Nacional Mexicano y el Ferrocarril Internacional Mexicano. Con la fundación de la empresa, se esperaba que la participación de los trabajadores locales en puestos de operación y dirección de talleres y locomotoras se facilitara; aunque, veremos, fue la Revolución Mexicana la que finalmente afianzó las condiciones para la completa mexicanización de las plazas, a causa del éxodo de técnicos e ingenieros norteamericanos.³⁸⁶

De acuerdo con estos movimientos de la empresa ferroviaria en el país, el modelo norteamericano de ingeniería se fue sumando poco a poco en los cursos de la Escuela Nacional de Ingenieros desde finales del siglo XIX, en desmedro del francés. No obstante, esto no repercutió fuertemente en el número de egresados, pues, durante el Porfiriato, sólo se titularon 448 ingenieros de todas las especialidades.³⁸⁷ Había una incongruencia entre la política educativa y la económica, ya que, si bien se necesitaba formar técnicos para llevar a cabo las obras necesarias para el progreso, a éstos no se les ofrecieron mejores sueldo ni mayores oportunidades de trabajo hasta tiempo después que los extranjeros se fueron en 1914.

Por otra parte, la esperanza de Carlos Daza para que se facilitara la realización de las prácticas para sus alumnos no se cumplió a cabalidad, pues en los años finales del gobierno de Díaz éstas habían permanecido casi de la misma forma. En efecto, en 1909, el director Luis Salazar señaló que habían realizado algunas excursiones los estudiantes de topografía, de mecánica aplicada, de hidráulica y de electricidad, pero no los de vías de comunicación terrestre. Los alumnos si tuvieron estudios prácticos de máquinas, aparatos e instrumentos en la misma Escuela, pero realizados a partir de datos tomados de los colegios europeos y norteamericanos, puesto que los aparatos con los que contaba el establecimiento no alcanzaban la potencia conveniente para experimentar. Era a través de estos datos que se esperaba que los alumnos conocieran el funcionamiento de la máquina de vapor; los distintos grados de expansión del vapor; la influencia sobre el rendimiento del espacio

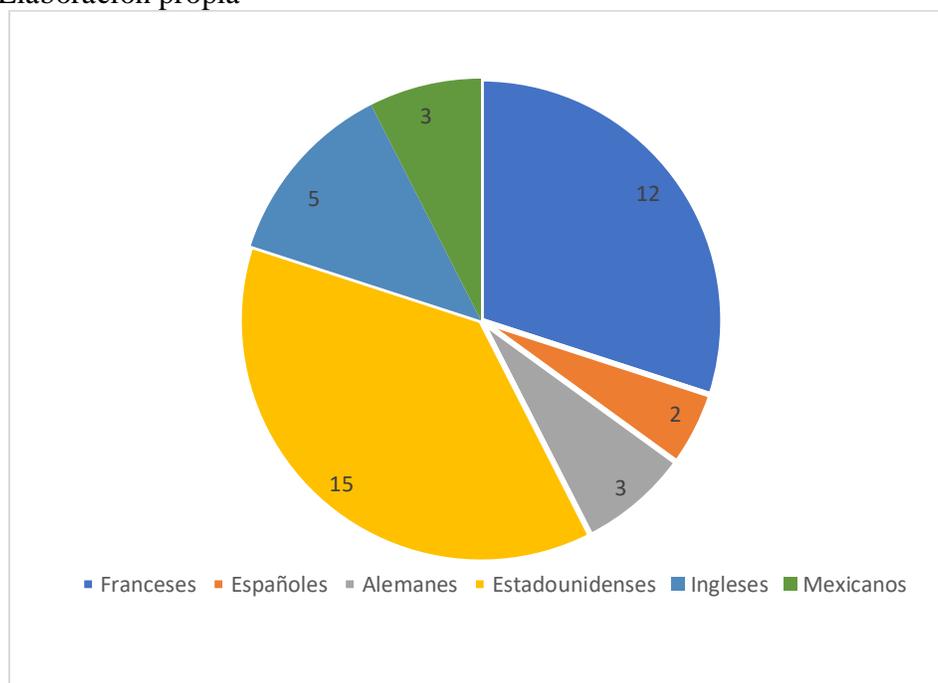
³⁸⁶ Patricio Juárez Lucas, “Los ferrocarriles y el maderismo: 1910 – 1913” en *Mirada Ferroviaria, Revista Digital*, Núm. 16, enero – abril 2012, México, p. 25.

³⁸⁷ Galinzoga (coord.), *op. cit.*, pp. 289 – 290.

nocivo, etc., lo cual ejemplifica los problemas que tendrían estos profesionales al encontrarse con la máquina real y sus operarios.³⁸⁸

Estas carencias en la capacitación, vinieron a sumarse al hecho de que la creación de FNM no significó la salida inmediata de los extranjeros de la empresa, pues el gobierno sólo era dueño del 51% de la misma, y, más importante aún, no había suficientes ingenieros mexicanos realmente capacitados para hacerse cargo de la operación. De esta forma, los pocos que se graduaron de la Escuela en este periodo, no tuvieron muchas oportunidades de trabajo en dicha compañía. Si realmente les interesaba comprender el funcionamiento del ferrocarril, los estudiantes que contaban con los medios para hacerlo debían salir del país, como en el caso de Ricardo Monges, quien realizó trabajos prácticos en la compañía de Atchison, Topeka y Santa Fe.³⁸⁹

Fuente: Elaboración propia³⁹⁰



Gráfica 9. País de origen de los libros de texto utilizados en 1910.

³⁸⁸ Reseña, cuadros sinópticos y oficios expedidos por Luis Salazar, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, y recibido por el secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes, sobre los trabajos, actividades y exámenes realizados durante el año de 1908 - 1909. 1 abril - 31 mayo, 1909. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 8, exp. 21, f. 580 - 582.

³⁸⁹ Bazant, *op. cit.*, pp. 279 - 280.

³⁹⁰ Oficios y minuta de Luis Salazar, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, dirigidos a Joaquín Eguía Lis, rector de la Universidad Nacional de México, relativos a los programas de las asignaturas que se cursan en la Escuela para el año escolar de 1911 y 1912, a fin de que se turnen al Consejo Universitario. Incluye programa. 18 octubre 1910 - 3 mayo 1910. *AHUNAM : E.N.I.*, caja 21, exp. 30, f. 1073 - 1235.

Para 1910, la adopción del modelo anglosajón había avanzado notoriamente en la Escuela, aunque, como se puede apreciar en la gráfica 9, no se abandonaron del todo los textos franceses y de otras partes de Europa. En este año, Daza conservó los mismos trabajos que los vistos en el apartado anterior, y continuó con ellos hasta 1914. Mientras tanto, en los cursos de mecánica, el nuevo profesor Valentín Gama solicitó *Machines a vapeur et machines thermiques diverses*,³⁹¹ del ingeniero de manufacturas francés J. Dejust. Allí, el capítulo dedicado a la clasificación y estudio de máquinas de pistones y de movimiento alternativo desde el punto de vista del tipo de trabajo que tienen que producir, incluye un apartado muy breve dedicado a los locomóviles, refiriéndose al construido por Chaligny y Guyot-Sionnest para la agricultura, el cual posee entrada directa de vapor.³⁹²

Las cosas podrían haberse mantenido de esta manera un tiempo más sino hubiera sido por la Revolución Mexicana, que finalmente fue resultado de múltiples factores, entre los cuales podemos mencionar la falta de oportunidades de trabajo de la clase media surgida durante el régimen, a la que pertenecía la mayoría de ingenieros, la explotación de las clases bajas y la nueva reelección de Díaz. De esta forma, el 20 de noviembre de 1910 inició la revolución maderista, la cual triunfó poco menos de un año después de iniciada.³⁹³ Una vez que Francisco Madero asumió la presidencia, en sus informes sobre el progreso ferroviarios afirmaba que de septiembre de 1911 a septiembre de 1912 la red había aumentado 390 kilómetros, y que se habían otorgado varios contratos para la construcción de nuevas líneas.³⁹⁴ Además, la ENI siguió funcionando como lo había hecho hasta ese momento; de hecho, en marzo de 1911 el director de la Escuela Luis Salazar, reiteró al secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes que se tenía que balancear la teoría con la práctica en la enseñanza, alegando que la excesiva importancia en la primera resultaba en un estudio abstracto y estéril para el alumno, mientras que el extremo contrario caía en un nocivo empirismo.³⁹⁵

Sería con la caída del gobierno de Francisco I. Madero, en febrero de 1913, que se inició un conflicto armado de mayor escala, debido al cual se debió enfrentar la alteración del

³⁹¹ J. Dejust, *Machines à vapeur et machines thermiques diverses*, Paris, Vve Ch. Dunod éditeur, 1899, 600 pp.

³⁹² *Ibid.*, p. 420.

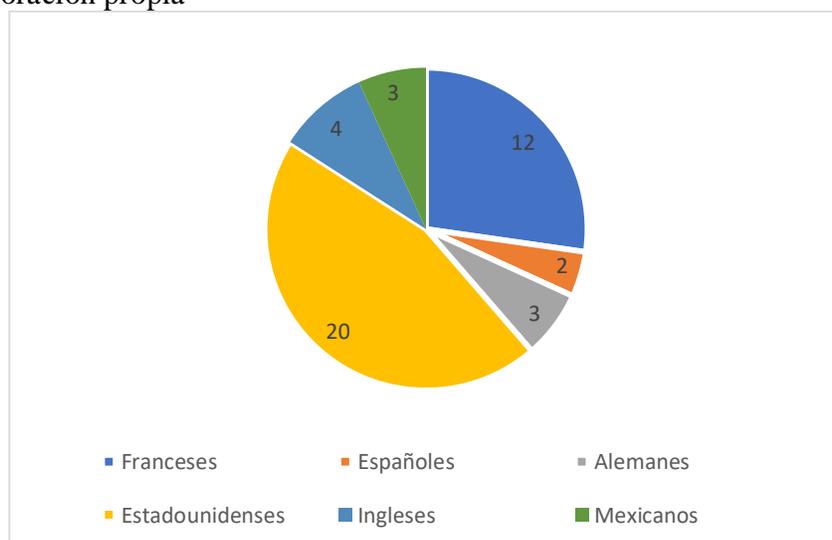
³⁹³ Saldaña, *op. cit.*, 2010, pp. 106 – 108.

³⁹⁴ Isabel Bonilla Galindo, “Concesiones ferroviarias que se otorgaron de 1909 a 1925”, en *Mirada Ferroviaria, Revista Digital*, Núm. 12, septiembre – diciembre 2010, México, p. 44.

³⁹⁵ Planes y programas de estudio. 1912. *AHUNAM : ENI*, caja 21, exp. 31, f. 1236.

sistema nacional de transportes, de comunicaciones y la desarticulación del mercado nacional. Fue el inicio de una nueva etapa en la dinámica histórica de la Revolución Mexicana, orientada ahora a restablecer la vigencia de la Constitución de 1857 y derrocar al usurpador Victoriano Huerta.³⁹⁶ A pesar de todo, la Escuela de Ingenieros se mantuvo en pie durante el periodo, reformando incluso el plan de estudios en 1913, esta vez, con una superioridad categórica del modelo estadounidense.

Fuente: Elaboración propia³⁹⁷



Gráfica 10. País de origen de los libros de texto utilizados en 1913

Esto lo observamos claramente en los libros de texto utilizados en 1913 (gráfica 10), donde es posible apreciar como aquellos de nacionalidad francesa mantuvieron su número en relación con lo visto en 1910, mientras que los norteamericanos pasaron a ser casi la mitad de todos los libros solicitados por los docentes de la ENI. Vale la pena señalar que en este plan encontramos cinco textos que ocupan fotografías, al igual que lo ocurrido en 1892 y 1897, lo cual nos hace pensar que, al igual que con el grabado a color, la adopción de la fotografía en los libros dependió de los objetivos que se pretendía alcanzar mediante su uso, más que una cuestión de tiempo. Hasta este momento sólo la hemos visto en situaciones en donde se buscaba confirmar la existencia de un lugar o de un evento, no logrando sustituir al dibujo en su función didáctica o explicativa como veremos en el último apartado.

³⁹⁶ Saldaña, *op. cit.*, 2010, p. 148.

³⁹⁷ Oficio de Joaquín Eguía Lis, rector de la Universidad Nacional, dirigido al Secretario de Instrucción Pública, sobre la aprobación del Consejo Universitario de los programas y textos para 1913. AHUNAM : ENI, caja 1, exp. 2, f. 58.

La entrada a la ciudad de México del ejército comandado por el general constitucionalista Álvaro Obregón, tuvo lugar el 15 de agosto de 1914, y unos días después se produjo el ingreso triunfal a la capital de la república del Primer Jefe del Ejército Constitucionalista, Venustiano Carranza. La administración de los trenes por parte de los jefes militares fue un grave problema que debió resolver el gobierno carrancista, cuando el 4 de diciembre de 1914 incautó diversas compañías ferroviarias que pasaron a ser administradas por una entidad llamada Ferrocarriles Constitucionalistas.³⁹⁸ Asimismo, a finales de 1913 y principios de 1914 la situación del país paralizó los trabajos de ingeniería que estaban en vías de ejecución, e impidió que se emprendieran nuevas obras. Por esta razón, los estudiantes ya no pudieron realizar las prácticas de la Escuela, de las que finalmente fueron dispensados para que se titularan.

Desde un punto de vista global, 1914 puede ser señalado como un parteaguas en lo que se refiere a la historia del ferrocarril, pues la construcción de vías férreas en el mundo disminuyó el ritmo de crecimiento mantenido desde el siglo pasado. Los factores que influyeron en esta dinámica fueron varios, pero entre los principales es posible señalar: promulgación en varios países de leyes tendientes a controlar las concesiones de ferrocarriles, las cuales no resultaron del agrado de los capitalistas extranjeros; la Primera Guerra Mundial supuso la imposibilidad de iniciar nuevos proyectos por falta de equipo o recursos económicos, y la aparición del automotor que influyó negativa e irreversiblemente en el desarrollo de los ferrocarriles.³⁹⁹ De esta forma, cuando se logró nacionalizar el personal de los ferrocarriles que operaban en México en 1914, este medio ya no era el polo tecnológico ni el medio de transporte más adelantado de su época por el decrecimiento que venía experimentado desde principios del siglo.

Así, podemos señalar que durante el período en estudio la posibilidad de formación de ingenieros mexicanos para la empresa ferrocarrilera fue frustrada: primero, porque la política estatal no daba cabida a la iniciativa y a la innovación nacionales; segundo, porque se segregaba profesionalmente a los mexicanos en beneficio de los intereses extranjeros; tercero, porque la propia formación socio cultural de los alumnos, mayoritariamente proveniente de las clases acomodadas, no veía con buenos ojos la práctica; y cuarto, porque

³⁹⁸ Guajardo Soto, *op. cit.*, 1995, pp. 91 – 92.

³⁹⁹ *Ibid.*, pp. 39 – 42.

la formación de los ingenieros tardó mucho tiempo en cambiar el modelo francés por el norteamericano, más acorde con la tecnología ocupada en el país, y cuando se hizo, no influyó en la contratación de los ingenieros mexicanos. Sumado a esto, los libros mexicanos no tuvieron un papel destacado en la capacitación de los ingenieros locales, con sólo algunos casos destacados como los de Almazán, Covarrubias y Fernández Leal.

Los múltiples cambios a los planes de estudio cumplieron finalmente su objetivo de simplificarlos, pero no produjeron una transformación radical en la forma de enseñar los contenidos. Adicionalmente, el aumento paulatino de la parte práctica generó problemas para la titulación expedita de los estudiantes. Por estos motivos, la problemática y debates dirigidos a la metodología, no produjeron sino cambios mínimos en las especialidades de la ingeniería. Veremos en el último apartado, si la cultura visual enseñada a los estudiantes de la ENI mutó con la llegada de los nuevos textos, y, si fue así, en qué forma lo hizo.

3.3 La cultura visual ferrocarrilera a inicios del siglo XX. Los libros de texto norteamericanos.

En este último apartado, examinaremos las imágenes presentes en los libros norteamericanos utilizados en la clase de vías de comunicación terrestre, buscando las similitudes y diferencias que tuvieron con aquellas partes de las obras francesas. Iniciaremos con los textos solicitados por Carlos Daza para el apartado de puentes, a saber el *Treatise on wooden trestle bridges*,⁴⁰⁰ publicado en 1891 por el ingeniero Wolcott C. Foster; y el *Treatise on the theory of the construction of bridges and roofs*,⁴⁰¹ del profesor de ingeniería civil de la Universidad de Michigan De Volson Wood. Con ambos, el ingeniero mexicano pretendía suplir el *Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées* requerido por De Garay, obra que se componía de veinte volúmenes, lo cual la volvía muy poco práctica para la consulta y la economía de los alumnos.

En oposición a dicho modelo, los escritos estadounidenses se componen solamente de un tomo que no alcanza las 300 páginas, suficientes para abordar la mayoría de los temas que incluía el plan de estudios propuesto por Daza para 1898.⁴⁰² Además, poseían una contemporaneidad y especificidad no vista antes, gracias al aumento de libros de texto

⁴⁰⁰ Foster, *op. cit.*

⁴⁰¹ Wood, *op. cit.*

⁴⁰² Minuta y programas enviadas por Joaquín Baranda..., *op. cit.*, AHUNAM : ENI, caja 20, exp. 20, f. 530.

disponibles para la fecha, como a la nueva importancia que los profesores de la Escuela le dieron a la enseñanza de la tecnología que se hallaba en las vías que recorrían el país. En efecto, tal como lo indica el título del trabajo de Foster, éste explicaba únicamente lo referente a los caballetes utilizados en puentes de madera, sirviendo más como complemento a un tema considerado importante por el profesor, que como un tratado sobre todos los conocimientos ingenieriles que las universidades francesas consideraban pertinente compartir.

A pesar de la especificidad del tema, este es tratado de una forma general, pues el ingeniero norteamericano pensaba que los detalles deberían enseñarse en cursos prácticos y no en un salón de clases.⁴⁰³ Por lo mismo, los libros incluyeron menos ilustraciones en comparación con aquellos de procedencia gala, aunque, el *Treatise...* de Foster, emplea un número nada despreciable de imágenes y *tableaux*, a las que los norteamericanos denominan *plates*, ubicadas al final de la publicación. Desde el inicio advertimos un cambio notable respecto a los textos franceses: la incorporación de tablas clasificatorias que comparan numerosas líneas norteamericanas. Si bien, este tipo de agrupación de datos no estaban ausentes en trabajos anteriores, el nivel actual de detalle es superior, con más parámetros y modelos para el análisis. Sin embargo, en cuanto al uso de dibujos no hay un cambio radical, al menos en los primeros observados, manteniéndose los íconos – imágenes achurados vistos de frente, incluso con una calidad menor a lo utilizado por Perdonnet.

Esta similitud se debe a que el objetivo de estas primeras ilustraciones era el mismo que perseguían los autores franceses, es decir, que el alumno conozca la forma en que se debe realizar algo, como afilar la punta de un pilote en la figura 11; o la estampa de una tecnología, como las medidas del anillo de hierro forjado que se ocuparía cuando la parte superior del pilote estaba dañado, en la figura 18 (imagen 79).⁴⁰⁴ Empero, Foster favoreció la comparación y complementación, reuniendo varias imágenes y disponiéndolas una al lado de otra con dicho fin. Así, ya sea mediante íconos – imágenes o símbolos acompañados de sus medidas, encontramos dibujos que confrontan formas de trabajo, modelos y sistemas que emanan de una tecnología, mientras que otros se complementan para entregar una información detallada.

⁴⁰³ Wood, *op. cit.*, pp. IX – X.

⁴⁰⁴ Foster, *op. cit.*, pp. 10 – 11.

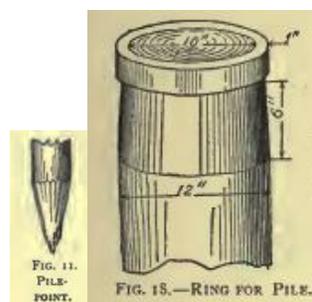


Imagen 79

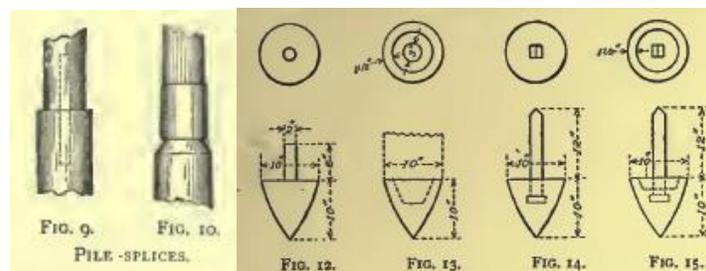


Imagen 80

La imagen 80 reúne ejemplos de ambos métodos: en primer lugar, vemos en la figura 9 como los pilotes tienen una espiga larga de hierro para unirse, a lo que se añade en la figura 10 la banda ancha que rodea una porción de ambos pilotes.⁴⁰⁵ Por su parte, las figuras 12 a 15 de la misma imagen, exhiben algunas de las diferentes formas de zapatos de hierro fundido utilizados en los pilotes, realizando Foster una comparación detallada tanto gráficamente como por escrito; a diferencia de lo visto en los textos franceses más antiguos, que solían privilegiar uno de los dos aspectos y que no comparaban símbolos.⁴⁰⁶

La obra continúa con una sección dedicada a los martinets, aparato diseñado para utilizar la energía hidráulica en el trabajo de forja, que mantiene la proporción de ilustraciones, 18 iconos – imágenes cuyas vistas principales son el plano detalle y el conjunto. Aquí, también tenemos dos o más puntos de vista de un objeto o tecnologías deconstruidas en partes, en vez de solamente una representación frontal. Esto lo podemos apreciar en la figura 29 de la imagen 81, donde en un plano conjunto de frente y uno cenital, apoyados por las indicaciones de la geometría descriptiva, vemos un martinete montado en un carro plano, forma más conveniente y económica para el autor de transformar una carretera de una vía en dos vías y de reparar caballetes en uso.⁴⁰⁷

⁴⁰⁵ *Ibid.*, p. 8.

⁴⁰⁶ *Ibid.*, p. 10.

⁴⁰⁷ *Ibid.*, p. 23.

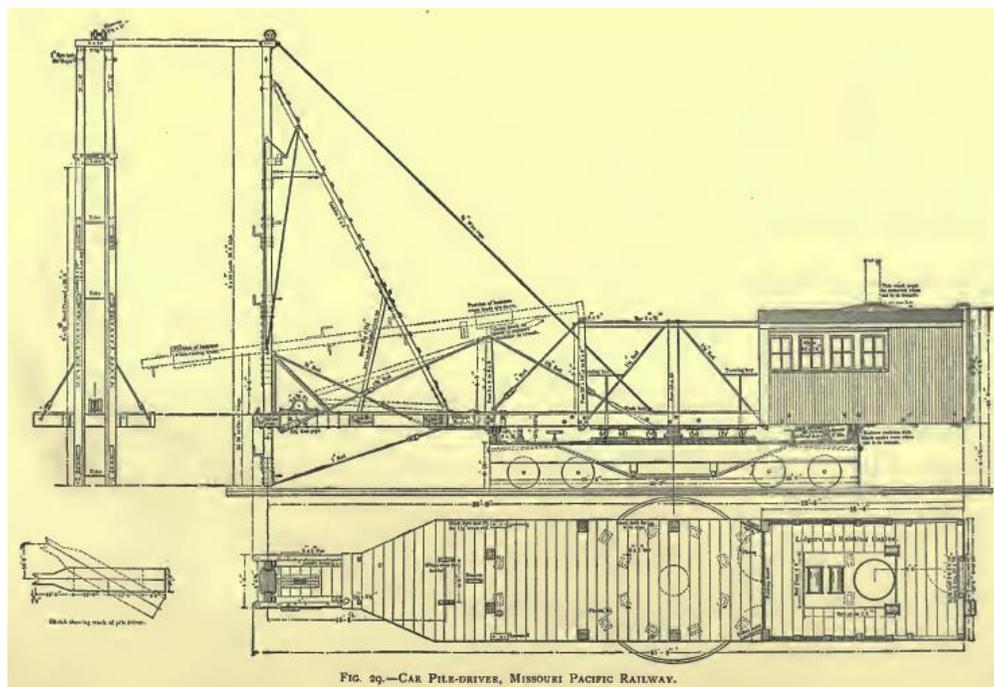


Imagen 81

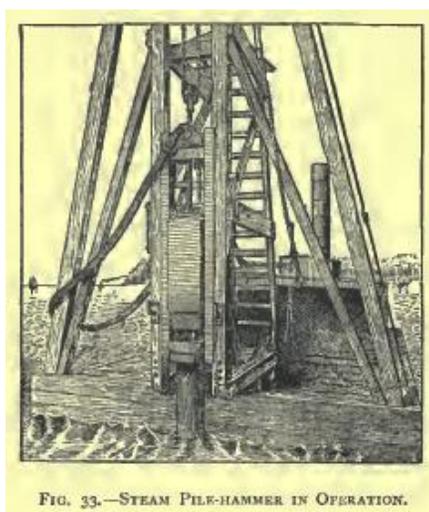


Imagen 82

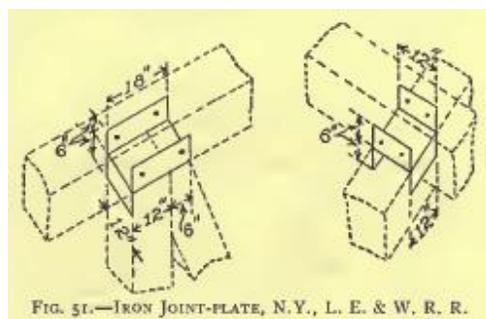


Imagen 83

El ingeniero estadounidense fue más allá al complementar los *plates* con ilustraciones individuales figurativas, que vienen a representar la tecnología de punta, como el martinete a vapor de la imagen 82. En ésta, advertimos un plano conjunto con un leve ángulo que nos permite ver la escalera de la parte trasera, destacando Foster que la máquina estaba lista para usarse, pues el martillo en la parte inferior del marco descansando sobre los resortes

así lo muestra.⁴⁰⁸ De esta forma, el autor no escatimó en imágenes cuando era importante que el lector conociera la tecnología, mas no es igual de detallado con todas las herramientas, dejando varias al aprendizaje práctico en el trabajo. Es destacable, además, el empleo abundante de la geometría descriptiva y el dibujo figurativo para dar una idea acabada sobre un tema, lo que los franceses restringieron mayormente a lo relacionado con la arquitectura ferroviaria, no empleándolo tanto con las máquinas.

En tanto, para los tipos de cimientos metálicos se ocupan uniones más intrincadas que demandan representaciones diferentes, como se puede ver en la figura 51 de la imagen 83, que exhibe una junta hecha con una placa de hierro doblada que permite la fácil extracción de las piezas para reparaciones, en uso en Nueva York, Lake Erie y Western Railroad. Ésta es dibujada con una mayoría de líneas punteadas que le otorgan tres dimensiones, dejando las líneas sólidas para destacar la juntura en sí.⁴⁰⁹ De esta forma, junto a la procedencia y especificidad de los libros, podemos sumar el avance de la tecnología ferroviaria como influencia para el cambio de las imágenes.

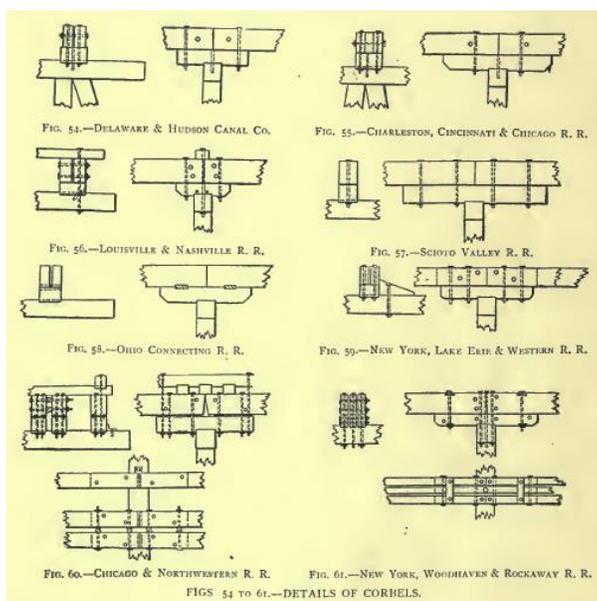


Imagen 84

El método comparativo permaneció en el resto de la primera parte, siendo pieza fundamental del capítulo que incluye más imágenes, 69, para hablar de los diferentes sistemas de suelo. Esta predominancia, ligada en este caso a los íconos – imágenes, podría

⁴⁰⁸ *Ibid.*, p. 30.

⁴⁰⁹ *Ibid.*, p. 41.

explicarse en la manera en que Foster quería transmitir la información, confrontando la variedad de modelos que se usaban en Estados Unidos. La imagen 84 es un ejemplo de esto, con ocho modelos de ménsulas, piezas de madera colocadas a lo largo de los largueros que brindan apoyo adicional, dibujadas en ángulo frontal con achurado para destacar ciertas partes y no para crear un efecto de volumen.⁴¹⁰ Igual tratamiento tenemos para los separadores de hierro fundido, para los bloques de madera, para las juntas de los largueros (stringer) y para los sistemas de piso, que se refieren a las diferentes formas de barandillas y sus uniones.

Los capítulos restantes ocuparon menos figuras que los previos, paradójicamente para tratar temas centrales de la obra: refuerzos y caballetes de madera altos, en curva y misceláneos. De éstos, sólo encontramos dibujos que muestran figurativamente los diferentes tipos de materiales ocupados, evidenciando el interés del autor porque fueran reconocidos inmediatamente en la práctica por el estudiante.

La segunda parte se compone solamente por *plates*, seguidos inmediatamente por una página con las explicaciones correspondientes, siendo este de los primeros trabajos que rescata las ventajas del formato del Atlas sin suponer un gran gasto para el alumnado. Los *plates* dan ejemplos de caballetes reales ocupados en diferentes líneas de los Estados Unidos, mostrando su estructura de manera frontal y cenital en planos conjuntos, así como en detalle para las partes importantes. Sin embargo, estos dibujos no son de mayor calidad que los incluidos en la primera parte de la obra, a diferencia de lo que observamos en los Atlas franceses, que generalmente estaban compuestas por las mejores impresiones y representaciones del texto. Esta disminución en la calidad era en aras de disminuir el costo de la obra, y porque el ingeniero norteamericano no consideraba necesario un acabado bello sino funcional.

Esto es posible apreciarlo incluso en las pinturas figurativa en plano general que se incluyen, como la de la imagen 85, donde vemos el puente Two Medecine con una locomotora humeante cruzándolo, pero con un detalle menor a lo observado en Perdonnet y Lavoigne y Pontzen por ejemplo. Es así, porque abajo tenemos una vista en detalle de su suelo, con anotaciones propias de la geometría descriptiva. Además, siguiendo el patrón visto con el martinete, tenemos la representación de un caballete del mismo puente en la

⁴¹⁰ *Ibid.*, p. 42.

imagen 86, la que nos deja ver su estructura en $\frac{3}{4}$, ángulo que no es ocupado demasiado en el dibujo. Este nivel de detalle se explicaría por la importancia que dicho caballete en específico tiene para los alumnos, pues Foster se encargó de dejar en claro que eran los caballetes de madera más altos que existían en aquel momento en el mundo.⁴¹¹

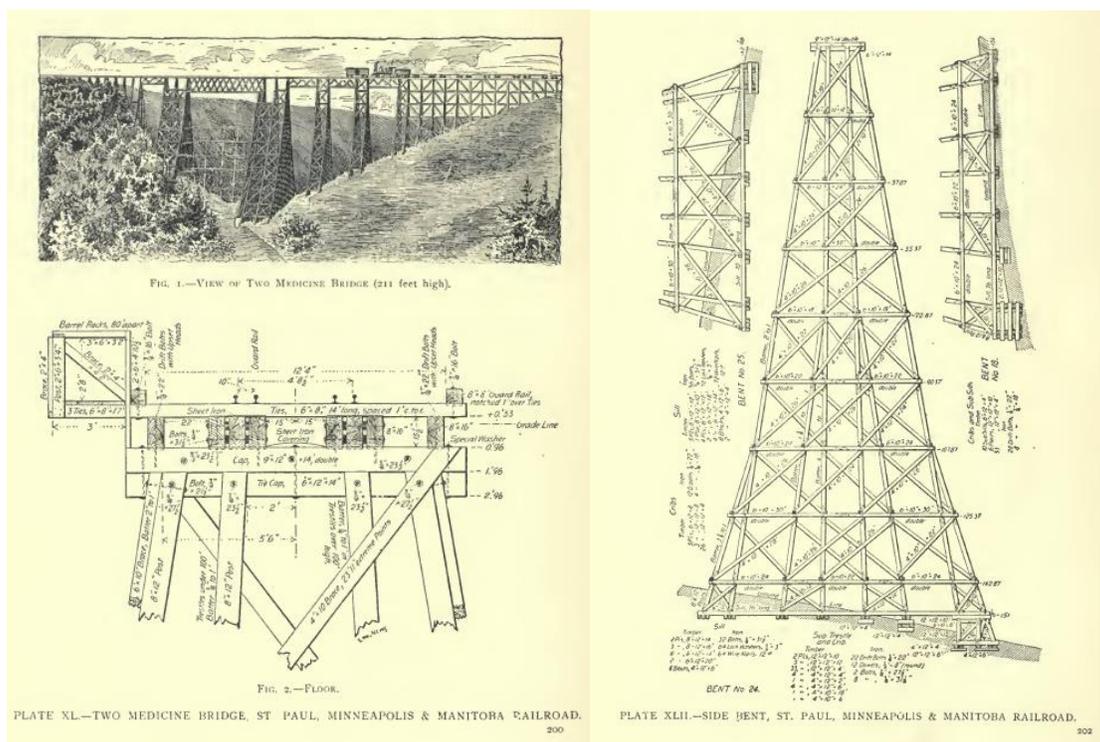


Imagen 85

Imagen 86

De esta manera, notamos que las imágenes utilizadas por el ingeniero norteamericano tenían ciertas similitudes con la vista en las obras francesas, el uso de los íconos-imágenes figurativos o acompañados por la geometría descriptiva, así como el uso de símbolos cuando fuera necesario. No obstante, la prioridad que Foster le da a la comparación, así como a la descomposición de ciertas tecnologías consideradas importantes o de punta, nos lleva a considerar que la aprehensión de la cultura visual por los alumnos se vio favorecida en esta obra, las que además le facilitaban la enseñanza al profesor en el salón. En efecto, el tener las diferentes formas de representación con su explicación en una o dos páginas, en vez de estar buscándolas por el libro, facilitaba la transmisión de información. El asunto de la connotación seguía siendo un problema para aquellos alumnos que no hubieran realizado

⁴¹¹ *Ibid.* p. 203.

prácticas, pero, de todas formas, podían interpretar reconociendo los objetos expuestos por sus representámenes gracias a la ayuda del escrito mismo y del profesor.

Por su parte, el texto de De Volson Wood es una publicación más antigua que la de Foster, de 1873, aunque mantiene la brevedad con sólo 249 páginas y 136 figuras distribuidas inequitativamente en sus cuatro partes. Entre estas priman los íconos – imágenes, sin quedarse atrás los símbolos matemáticos y de otro tipo, haciendo este texto más teórico que el *Treatise on trestles bridges*. De hecho, Wood señala que de los problemas teóricos que solía poner a sus estudiantes, seleccionó algunos para el corpus de la obra, pero destacó el haber dejado fuera, por tiempo y espacio, las lecciones sobre puentes tubulares, de suspensión y de arcos.⁴¹² Esta omisión nos lleva a preguntarnos el porqué de su uso por Daza, ya que su plan de estudios incluía secciones detalladas sobre los últimos dos tipos de puentes, quedando fuera sólo los tubulares. Esto podría deberse a que Daza prefería sus apuntes para esta parte del curso, ante la diferencia de las obras que debían llevarse a cabo en el país y las realizadas en Francia, pues la orografía mexicana tenía características muy diferentes; o a que confiaba en que los estudiantes desarrollaran el tema en las prácticas.⁴¹³

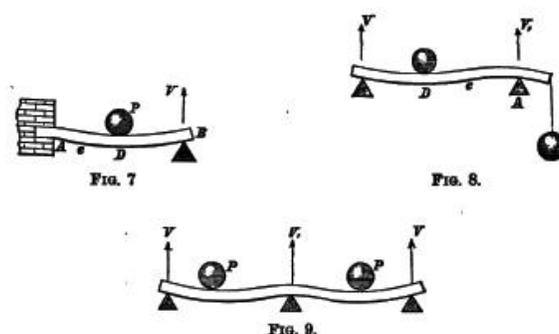


Imagen 87

Como sea, Wood inició con las fórmulas pertenecientes de las tensiones en piezas individuales, para lo cual ocupó 25 figuras, que, al igual que vimos en Foster, crearon híbridos de íconos – imágenes y símbolos matemáticos, tal como podemos apreciar en la imagen 87. Allí, vemos tres figuras que representan una viga de forma simbólica y una bola de acero figurativa, cuya referencia en el texto es “...deje que la viga sea horizontal, fija en

⁴¹² Wood, *op. cit.*, pp. ix – x.

⁴¹³ Minuta y programas enviadas por Joaquín Baranda..., *op. cit.*, AHUNAM : ENI, caja 20, exp. 20, f. 550 – 555.

un extremo, apoyada en el otro y aplique un peso, P, en cualquier punto...”, a lo que Wood agregó aspectos teóricos a partir de la imagen: “Para producir la mayor tensión, P debe colocarse a una distancia de 0.634 de la longitud de la viga desde A; o $AD = 0.634 l$.”⁴¹⁴

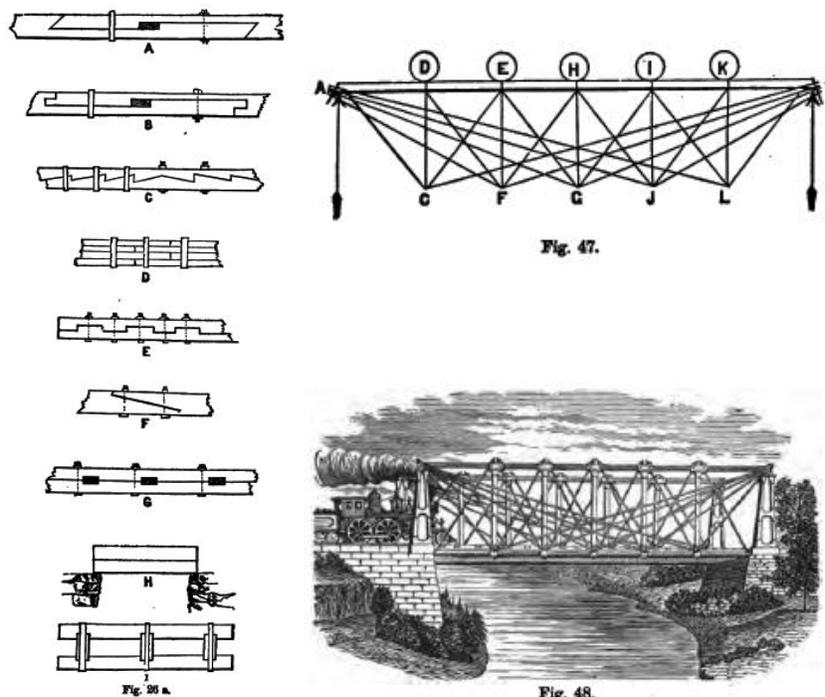


Imagen 88

Posteriormente, el escrito pasa a tratar acerca de los puentes de armadura, abordando los sistemas King y Queen Post a través de la comparación y complementación. Si observamos la figura 26a de la imagen 88, vemos como ésta compara algunos de los modos aprobados para unir o empalmar madera,⁴¹⁵ mientras que las figuras 47 y 48 de la misma imagen, complementan representaciones abstractas con pinturas figurativas reconocibles por todos. De esta manera, tenemos el símbolo de un esqueleto o trazo llamado Entramado de Bollman, que consiste en una serie de King Posts con lazos inclinados no ecuanimemente, seguido del tejido en acción, aplicado en un puente que empieza a cruzar una locomotora humeante.⁴¹⁶ Estos armados, también los vemos en íconos – imágenes detallados, siendo la

⁴¹⁴ Wood, *op. cit.*, p. 8.

⁴¹⁵ *Ibid.*, p. 41.

⁴¹⁶ *Ibid.*, pp. 61 – 62.

imagen 89 fiel reflejo de ello, pues utiliza el dibujo figurativo para mostrarnos un tipo específico de modelo, el enrejado de Towne.⁴¹⁷

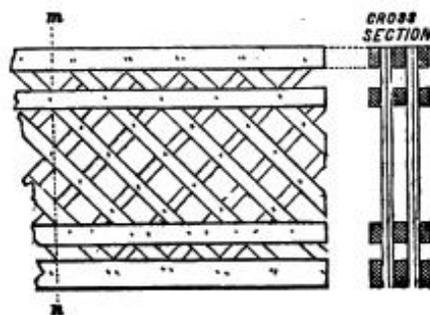


Fig. 60.

Imagen 89

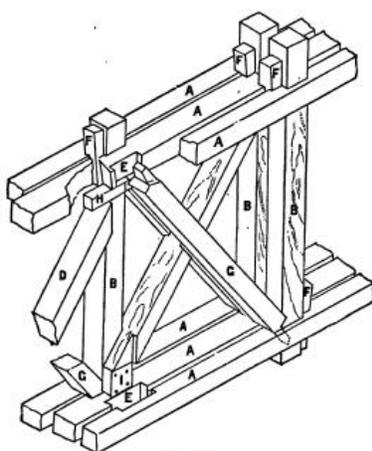


Fig. 84.

Imagen 90

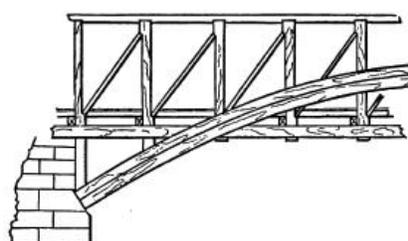


Fig. 108.

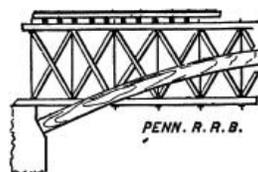


Fig. 109.

Imagen 91

Misma utilización del ícono – imagen vemos en la imagen 90, donde se representa un panel de la armadura de Long. Esta es una de las estructuras antiguas de puente de madera, donde las partes superior e inferior estaban compuestas por pequeños travesaños AAA, los que se empalmaban cuando no se podía obtener una sola pieza que alcanzara la longitud total del puente. Es notable el uso del ángulo de $\frac{3}{4}$ del dibujo, que nos deja ver su perspectiva, y el desuso del achurado, para que las letras que demarcan sus áreas sean fácilmente reconocibles.⁴¹⁸

En tanto, para abordar las estructuras compuestas, Wood usó el ícono – imagen en planos detalles, ya que también tenemos información de sistemas específicos como el Burr Truss.

⁴¹⁷ *Ibid.*, pp. 76 – 77, 107.

⁴¹⁸ *Ibid.*, pp. 143 – 144.

Ésta era una estructura de madera de uso muy común en algunas partes de Estados Unidos, cuya disposición es tan evidente en el dibujo que el autor considera innecesaria una descripción especial (imagen 91).⁴¹⁹ En este tema se asemeja a lo realizado por los ingenieros franceses, quizá por el año de aparición de la obra, lo que demostraría que la incorporación de cierto tipo de imágenes, como en la obra de Foster, dependió más del desarrollo de las técnicas de representación gráfica que la nacionalidad del autor .

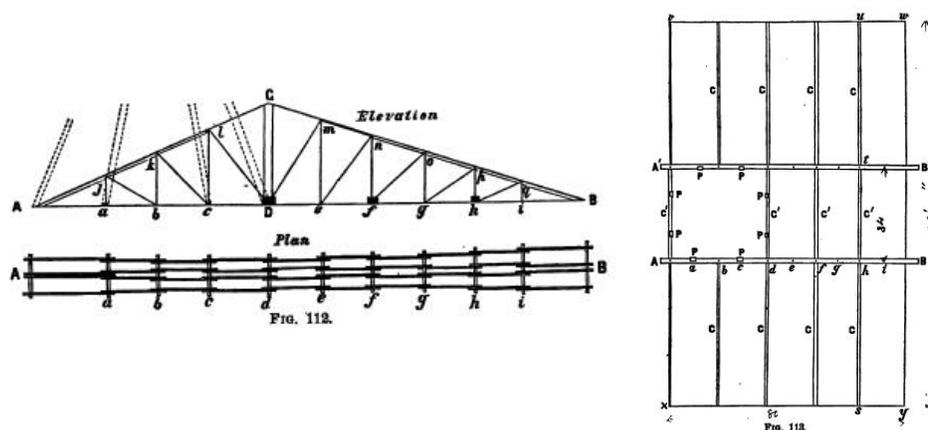


Imagen 92

Finalmente, la obra cierra con una tercera sección dedicada a los techos y a los problemas generales con las vigas entramadas, prefiriendo Wood el uso de símbolos para transmitir aquel conocimiento a los alumnos. En efecto, la imagen 92 nos muestra las armaduras sobre las que descansa una cúpula: un esqueleto de la elevación y el plano del braguero en la figura 112 y un plano del techo en la 113; imágenes destinadas nada más que a los estudiantes de ingeniería, pues serían indescifrables para un lego.⁴²⁰ Así, la obra mantuvo la tendencia de Foster a combinar íconos – imágenes con símbolos, descomponer tecnología en diferentes imágenes, que incluían la representación figurativa, y utilizar rigurosamente la geometría descriptiva. Es posible notar, además, una disminución en el uso del achurado para dar volumen a los objetos, inclinándose los autores estadounidenses por el ángulo de 3/4 para darles profundidad. Esto permitía que las letras fuera fácilmente ubicables en el dibujo, y que el espectador pudiera contemplar ambos extremos del objeto y no sólo su parte frontal.

⁴¹⁹ *Ibid.*, p. 191.

⁴²⁰ *Ibid.*, p. 194.

Para la sección de carreteras, Daza solicitó *A text-book on roads and pavements*,⁴²¹ publicado en 1894 por el profesor de ingeniería civil de la Universidad de Cornell, Fred P. Spalding, y *The economic theory of the location of railways*, del ingeniero en jefe de la línea México – Veracruz, Arthur Wellington. La obra de Spalding mantuvo la simplicidad de lo visto previamente, pues buscaba transmitir los principios del trabajo carretero, así como delinear los sistemas más importantes de construcción en solamente 213 páginas, que incluían nada más que 45 figuras. El propio Spalding señalaba que: “Detalles y estadísticas de ejemplos particulares han sido excluidos en la mayor parte, pues son indeseables en un libro de este carácter. Dicha información está disponible en muchas formas para aquellos que tienen el entrenamiento necesario y la experiencia que los capacita para ocuparlos...”⁴²²

Las consideraciones generales, el drenaje de caminos y calles, y la localización de los caminos rurales son los temas que inician el texto, reuniendo entre ellos 14 dibujos con mayoría de íconos – imágenes en planos conjuntos y achurados, que nos muestran una vista de tecnología; además de un par de símbolos matemáticos, para ejemplificar la resistencia a la tracción. Es notorio en estos capítulos iniciales, la similitud a lo visto en algunos libros franceses que abordaron la misma temática, principalmente los escritos de Goschler y Mary. Así, este mayor uso de los íconos – imágenes podría deberse al tema, ya que todas las publicaciones que abordaban los caminos comunes incluían representaciones de este tipo para su explicación, al ser un tema que no requería un gran detalle gráfico, por un lado, y necesita un menor nivel de abstracción, por otro.

Un ejemplo de aquel estilo lo vemos en el tratamiento de los drenajes y la ubicación de los caminos, para lo cual se ocupan símbolos, íconos – imágenes de frente y conjuntos, y la hibridación de ambos. Así, en la figura 3 de la imagen 93, vemos un símbolo que representa la cuenca de un drenaje superficial, que permite que el sedimento acumulado se asiente y pueda ser removido. En tanto, en las figuras 4 y 5, en una mezcla de ambos modos de representación se exhiben diferentes tipos de drenaje utilizados para diferentes situaciones: longitudinal, empleado particularmente cuando el sitio del camino es bajo y naturalmente húmedo; o longitudinal a lo largo de una pendiente lateral, con un flujo bien definido de agua subterránea de un lado a otro.⁴²³ De esta forma, estos dibujos no requerían de la

⁴²¹ Spalding, *op. cit.*

⁴²² *Ibid.*, p. iii.

⁴²³ *Ibid.*, p. 25 – 27.

maestría de un artista, o de conocimientos acabados sobre geometría descriptiva, lo que permitía su inclusión con normalidad desde mediados del siglo XIX en libros como los revisados en estas tesis.

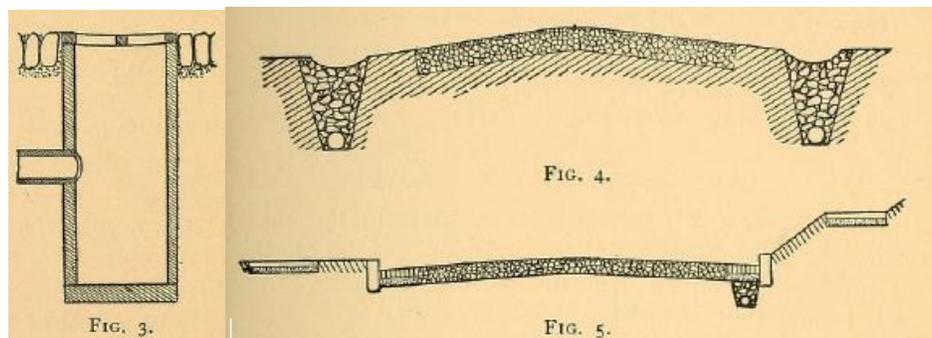


Imagen 93

En los capítulos siguientes, Spalding usó pocas imágenes con el mismo estilo visual, empero, al referirse al pavimento de ladrillos, ocupó dos ilustraciones con un detalle y una perspectiva que no habíamos visto previamente en este tema, las que acompaña, además, con una explicación detallada en el escrito. En la figura 21 de la imagen 94, vemos un sistema de construcción para un pavimento destinado a tráfico pesado, entretanto, la figura 22 se refiere a la construcción de pavimentos de doble capa con base de ladrillo y grava, como se usaba comúnmente bajo tráfico ligero o moderado.⁴²⁴ De esta manera, tenemos otro libro muy específico con dibujos simples y precisos, sin apabullar al alumno, a lo que se le suma la explicación en detalle de la pavimentación, cosa que los textos franceses trataban de una forma más superficial. Ilustraciones análogas tenemos para el caso de los pavimentos de asfalto y de madera, misma cosa que pasa con los pavimentos de piedra.

Spalding termina su obra hablando de las calles de la ciudad, para lo cual incluye más imágenes que en las secciones previas, 19, la gran mayoría planos conjuntos de íconos – imágenes, aunque también incorpora cuatro símbolos – planos en los que podemos ver la distribución de las calles de una ciudad (imagen 95). El estadounidense trata en detalle las vías urbanas utilizando los íconos para explicar su construcción, lo cual justifica su uso por Daza, para quien este apartado era de bastante importancia en su plan de estudios ante la disminución en la construcción de vías ferroviarias. De esta manera, en cuanto a las imágenes, Spalding no escapa a lo visto previamente en las obras francesas sobre los

⁴²⁴ *Ibid.*, pp. 129 – 130.

caminos comunes, con una cultura visual que era aprehensible para los alumnos al seguir dependiendo en su mayoría de los íconos – imágenes, pero el estadounidense entregó muchos más detalles sobre los temas que abordó y las ilustraciones que incluyó, inclinándose por la comparación al igual que Foster y Wood.

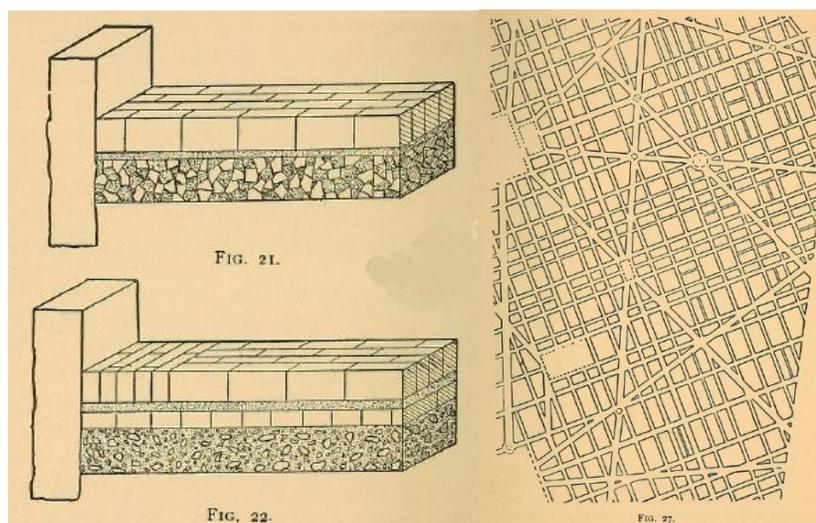


Imagen 94

Imagen 95

Por último, el libro que complementaba el programa era el de Wellington, que, al igual que los anteriores, constaba de un solo volumen. Sin embargo, este tomo se compone de más de mil páginas, las que se encargan de examinar la perspectiva económica de la empresa ferroviaria y aquello referente al ferrocarril que poseía el curso de Daza: la tracción, la resistencia, el material rodante y la locomotiva y sus partes; mas no trataba en extenso los aspectos técnicos de las vías que sí estaban en el plan de estudio. Por otro lado, máquinas como la Consolidation, la Mogul y las locomotoras de 10 ruedas se estudiaban en detalle, comparando su peso, superficie, caldera, tender y ruedas con las tablas más detalladas que hayamos visto hasta ahora; al igual que los motores norteamericanos, ingleses y franceses, sirviendo esta obra como columna vertebral de la clase.

Era de interés para Wellington evitar en lo posible la teoría, dedicando su escrito a los hombres prácticos y a los estudiantes, a quienes la matemática solía alejar según su juicio. En efecto, el ingeniero norteamericano encontró que los métodos matemáticos de solución no solo eran inoportunos, sino peligrosos, pues la dificultad de un problema radicaba no solo en descubrir el método numérico que lo resolvía, sino en la multiplicidad y la duda en las premisas. Así, no existía un camino seguro para la solución de un problema, más que

permanecer continuamente en el terreno sólido de los hechos concretos.⁴²⁵ Este enfoque era radicalmente diferente a lo visto en el XIX, cuando se enseñaban las fórmulas que se debían utilizar en cada caso, pero no la reflexión en los principios que producían el problema. Este sería uno de los factores más relevantes, para nosotros, que dificultaba la inclusión de los ingenieros locales en las obras férreas norteamericanas, pues no disponían de los conocimientos necesarios para innovar en la práctica, porque estos no les eran enseñados directamente en la ENI.

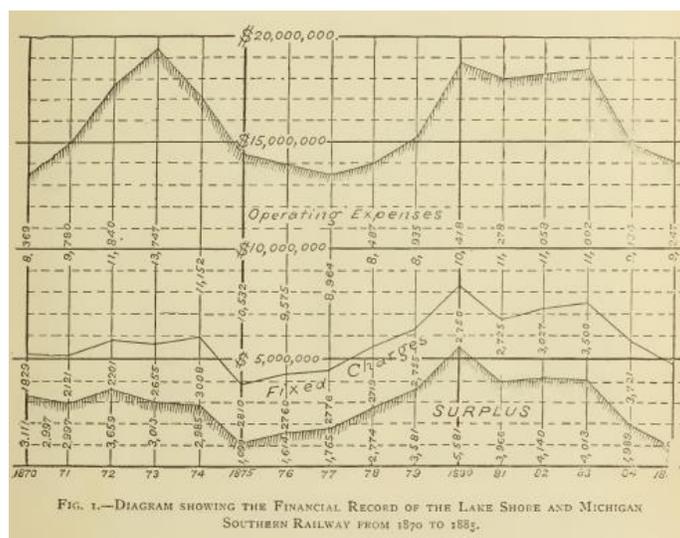


Imagen 96

La primera parte de la obra, premisas económicas de la empresa ferroviaria, casi no incluyó imágenes, sólo 4, ya que su fuerte eran las tablas que profundizan en los temas: la historia del ferrocarril, las condiciones que lo regulan y la moderna corporación ferroviaria, temáticas que no necesitaban obligatoriamente de ilustraciones. Sin embargo, si se requería de otro tipo de representaciones como las gráficas, que aquí servían para exponer los registros financieros de diferentes compañías. En la figura 1 de la imagen 96, tenemos la representación de lo ocurrido en el Ferrocarril de Lake Shore y Michigan Southern, entre los años 1870 y 1885. Es destacable que el aspecto financiero de la empresa ferrocarrilera se expresará en nuevos signos, de un nivel de abstracción que permitía sacar resultados globales, sin que esto impidiera el entendimiento de los mismos para la mayor cantidad de gente, pues no eran asuntos que competieran únicamente a los ingenieros.

⁴²⁵ Wellington, *op. cit.*, p. iii.

La segunda parte del trabajo se dedicaba a los pequeños detalles de alineación, para lo cual Wellington aumentó considerablemente el uso de imágenes. Seguimos encontrando un buen número de símbolos, empero, Wellington, los reunió para compararlos como si fueran íconos – imágenes, tal como lo hizo Foster. Al observar la imagen 97, notamos aquel estilo explicativo aplicado a la enseñanza de la ley de interpolación de distancia adicional, la cual se explica detalladamente en el texto.⁴²⁶ De esta manera, los norteamericanos utilizaron de forma prominente los diagramas, las gráficas y las tablas detalladas, pues el tradicional ícono – imagen no era necesario en todas las ocasiones, e incluso implicaba incluir más dibujos para explicar todo lo necesario, cosa que un símbolo podía abstraer en una ilustración simple.

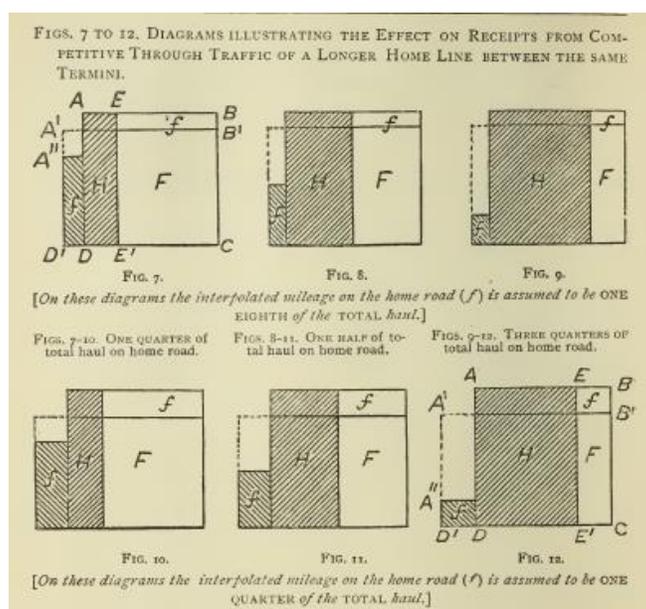


Imagen 97

Esto no significa que los dibujos figurativos abandonaron por completo estas obras, de hecho, en el comienzo del capítulo octavo, dedicado a la curvatura, tenemos una imagen de este tipo, en la que vemos en plano general a gente trabajando afuera de un túnel; un tipo de ilustración que rara vez aparecía en los textos previos y que lo hacía cada vez menos a medida pasaban los años (imagen 98). Esto mismo puede explicar el uso de aquel estilo de dibujo, pues si bien el libro de Wellington fue publicado en 1897 era la quinta edición, que agregó nuevas imágenes y temas sin eliminar los pasados; además, la explicación de estas

⁴²⁶ *Ibid.*, pp. 228 – 229.

no era menor como en las obras francesas anteriores, sino que la explicación dada a las representaciones figurativas era igual de detallada que las que se hacían de un símbolo.

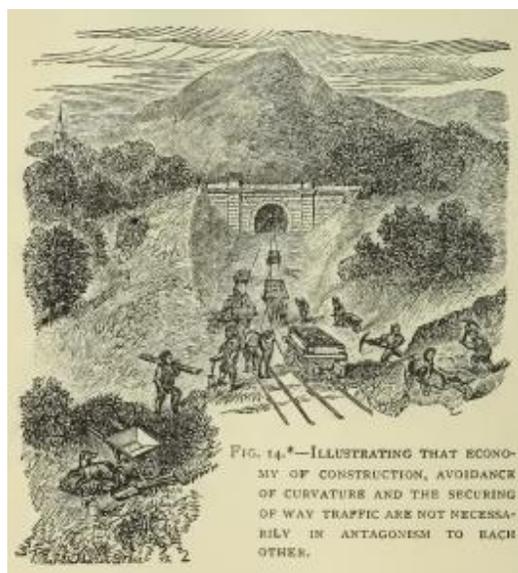


Imagen 98



Imagen 99

Es más, a partir de la figura 14 de la imagen 98, Wellington señala que la economía en la construcción, el evitar una curvatura y el asegurar el tráfico no son necesariamente antagonistas entre sí.⁴²⁷ De esta manera, el dibujo nos muestra toda la gente indispensable para trabajar en la curva que la compañía se podría evitar contratar. Esta idea se refuerza con la imagen 99, encargada de no dejar dudas en la disminución del peligro para la vida y

⁴²⁷ *Ibid.*, p. 242.

la propiedad que significaría la eliminación de las curvaturas.⁴²⁸ El estilo realista de este último dibujo nos hace pensar que el autor hubiera preferido incluir una fotografía, vinculándose al uso dado a ésta por Secchi y Bárcena, pero, lo más probable, es que no hubiera una disponible del accidente, lo cual llevó a Wellington a optar por un ícono – imagen figurativo, poniendo el nombre del hecho real y contándolo en el escrito.

En cuanto a las representaciones de locomotoras, el estilo francés de vista frontal y plano conjunto se cambió por una vista de perfil en esta obra, quizás porque Wellington dedicó más tiempo al funcionamiento que a la descripción de las piezas como hacían los textos galos. En la imagen 100, las figura 18 y 19 muestran ambos perfiles de una máquina de este tipo, aludiendo a la altura del centro de gravedad en el caso de una de seis pies de altura, lo que resultaba beneficioso en un vuelco, porque mucho antes del punto donde este es inminente la fuerza centrífuga actúa sobre los resortes para lanzar el centro de gravedad a su vertical.⁴²⁹

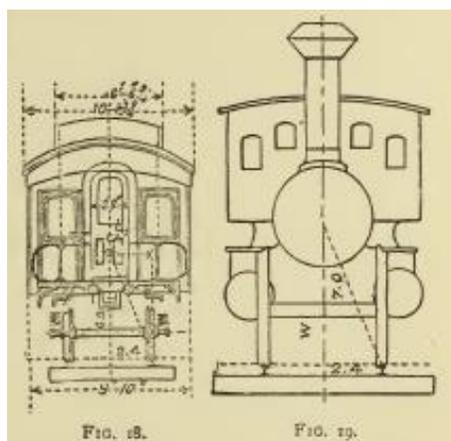


Imagen 100

Estos cambios no se aplicaron a todo el libro, obviamente, ya que también tenemos símbolos e iconos – imágenes parecidos a los vistos en el *Traite...* de Perdonnet o en el de Goshler, pero con un mayor nivel de detalle y siempre alineados con la geometría descriptiva. Un ejemplo de este tipo de imágenes lo encontramos en la figura 20 de la imagen 101, donde aparece la posición asumida por cualquier base de rueda con bridas rectangular al pasar alrededor de una curva. De hecho, Wellington creyó en ser el primero

⁴²⁸ *Ibid.*, pp. 251 – 252.

⁴²⁹ *Ibid.*, p. 271.

en observar y determinar experimentalmente este hecho, mostrando dicha figura la posición de equilibrio estable a la cual, si alguna fuerza perturbaba la posición de las ruedas por un momento, estas regresaban rápidamente.⁴³⁰ En tanto, la figura 58 de la misma imagen, nos muestra el efecto nocivo de tener la esquina del riel de mayor radio que el filete de la brida,⁴³¹ de una forma similar a lo visto antiguamente. Sin embargo, aquí se evidencia una gran diferencia con los textos franceses, los cuales dijimos exhibían las piezas de manera estática, sin explicitar un comportamiento correcto o erróneo, cosa que los autores norteamericanos se ocuparon de remediar aludiendo a su espíritu pragmático.

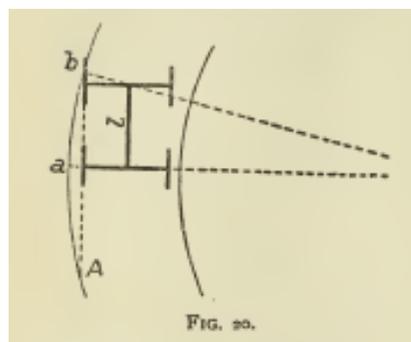
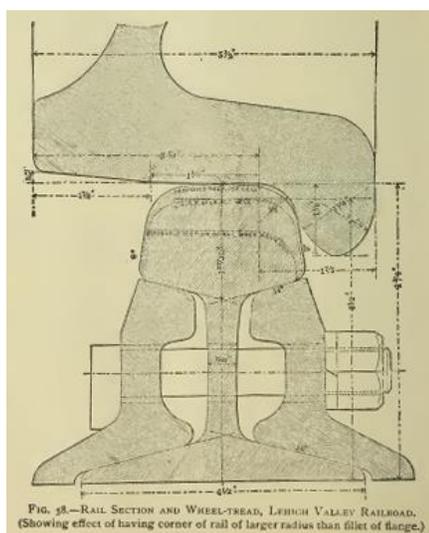


Imagen 101

En la tercera parte del trabajo, dedicada a las gradientes y las curvaturas, se vuelve a un bajo número de imágenes promedio, pero, para el apartado sobre el motor de la locomotora, se utilizó 40 representaciones, entre las que priman los símbolos lineales que entregan una única información. El ingeniero estadounidense comulgaba con la idea de que la enseñanza de la teoría de la locomotora era absolutamente esencial para una buena práctica; no obstante, señaló que para mantener el volumen dentro de un tamaño razonable abreviaría esta sección, incluyendo nada más que datos que fueran completamente nuevos, o que no se hubieran presentado sistemáticamente en tratados sobre la locomotora.⁴³² Es una visión diferente de la teoría la que tiene Wellington respecto a sus colegas norteamericanos, quizás

⁴³⁰ *Ibid.*, p. 282.

⁴³¹ *Ibid.*, p. 309.

⁴³² *Ibid.*, p. 399.

por ello, al llegar el trabajo a las casi mil páginas, dejó las consideraciones teóricas fuera al no ser un área popular para el alumnado de su país.

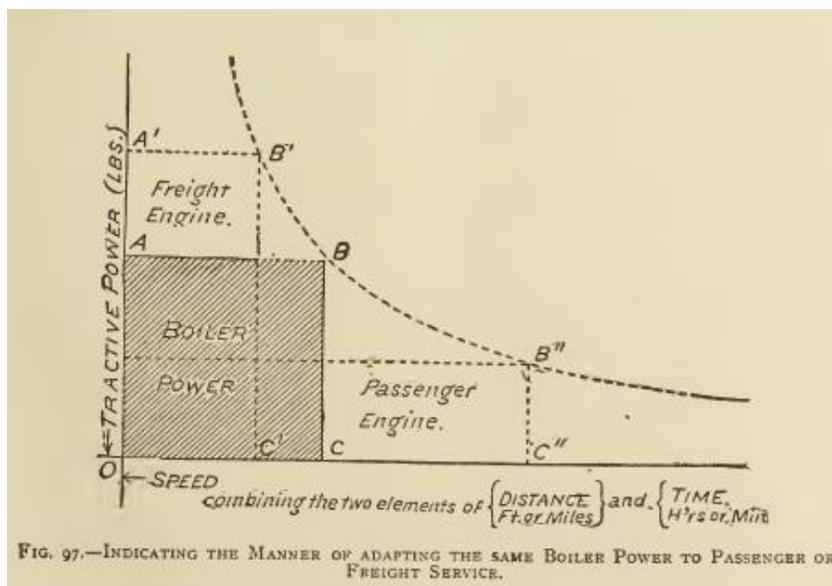


Imagen 102

No obstante, Wellington no esperaba que los alumnos únicamente pudieran reconocer diferentes modelos de locomotora y sus piezas, por lo cual prefirió el símbolo sobre el ícono – imagen, explicando a través de estos el funcionamiento de la máquina y no solo describiéndola. Por ejemplo, en este apartado tenemos gráficas que indican la manera de adaptar el poder de caldera a servicios de pasajeros o de carga, como podemos ver en la figura 97 de la imagen 102, lo que se halla extensamente explicado en el texto.⁴³³ Por otra parte, los motores en general se enseñaban de forma escrita, complementado por diferentes tablas, una para cada aspecto; así, tenemos comparativas de las dimensiones de los motores de tipo estadounidense, comparativa de las dimensiones de los motores de las locomotoras Mogul y de 10 ruedas, lo mismo con la Consolidation original y la actual, la comparativa de los costos que genera cada motor, el peso y el costo de los materiales, etc.

Se debe distinguir, además, la incorporación en este capítulo de tablas que combinan los datos con símbolos – diagramas, para revelar diferentes pruebas en varios tipos de motores. Por ejemplo, la tabla 152 de la imagen 103, representa estudios acerca del indicador de un motor Mogul 18 x 24 de la línea de Cincinnati, New Orleans & Texas Pacific, parte de un

⁴³³ *Ibid.*, pp. 403 – 404.

tren formado por 11 carros cargados y 23 vacíos. Las figuras 140 y 141 desarrollan el efecto de mayor velocidad para reducir la fuerza de tracción, presentando los caballos de fuerza que no pueden hacer daño en lo que respecta a la carga transportada.⁴³⁴

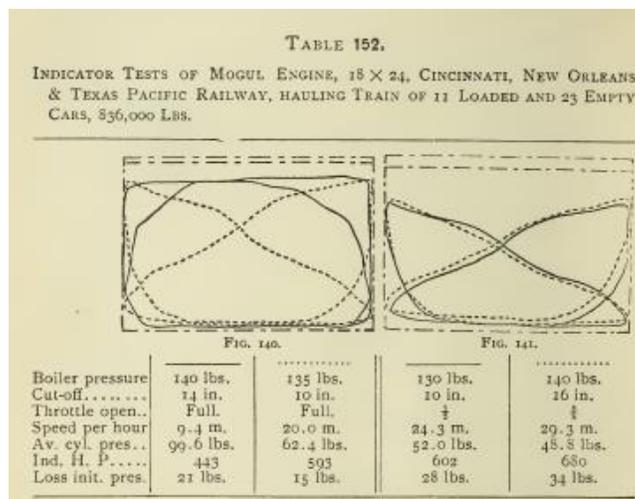


Imagen 103

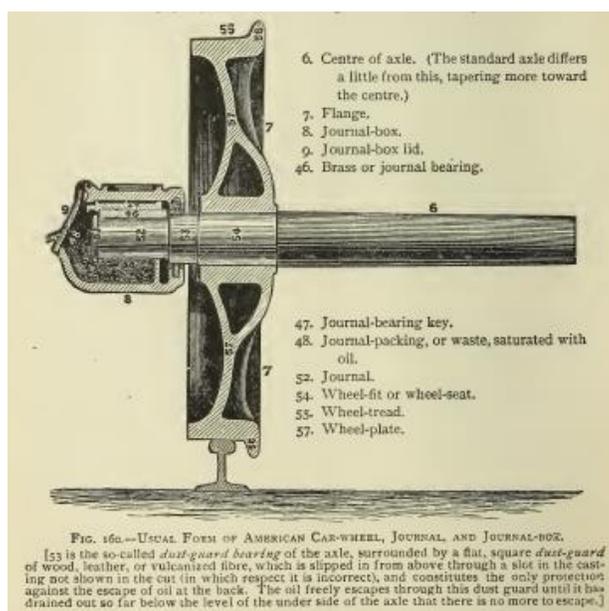


Imagen 104

Asimismo, también encontramos el empleo más tradicional del ícono – imagen para tratar la resistencia del tren, enseñando uno o más puntos de vistas y de planos, junto a un par de dibujos cortados transversalmente para ver su interior, detalle que había desaparecido. En la imagen 104 podemos apreciar una representación muy en el estilo de las obras francesa,

⁴³⁴ *Ibid.*, pp. 481 – 484.

realizada con una calidad que vuelve perfectamente reconocible una caja de eje estadounidense, de la cual dice Wellington no es de las mejores, ya que permite que nueve décimas partes del petróleo suministrado goteen sobre la pista antes de que hayan prestado mucho servicio.⁴³⁵ Las secciones siguientes, referidas a los efectos de los grados en la carga del tren, los efectos de la carga en los gastos operativos, el terreno, el balance de grados para tráfico desigual, la limitación de la curvatura y compensación de la misma, y el límite de la curvatura máxima siguieron el mismo patrón de muy pocas figuras, y todas estas dentro de los símbolos para razonamientos matemáticos y geométricos vistos previamente.

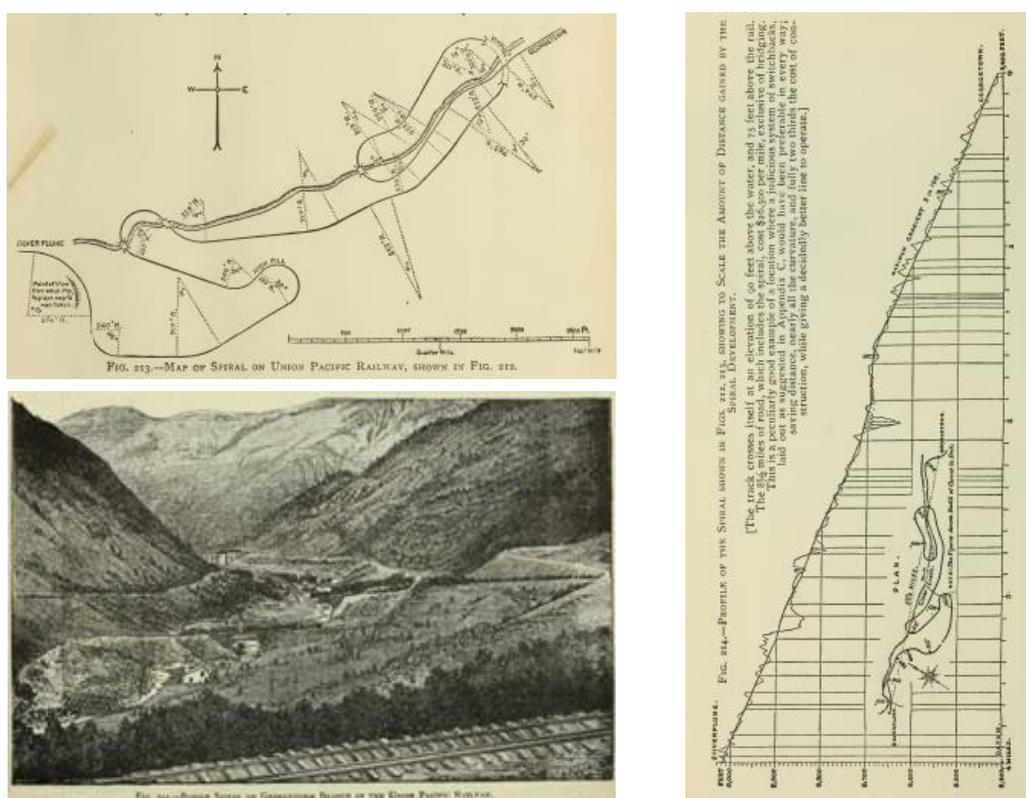


Imagen 105

Ahora, la elección de gradientes y los dispositivos para reducirlas, disponían de 40 imágenes aliadas principalmente con los símbolos, aunque lo interesante de esta sección es la mezcla de estilos para exhibir de diferentes formas una misma tecnología. En efecto, las figuras 212, 213 y 214 de la imagen 105 presentan el único puente espiral en los Estados Unidos de la época, con un ícono – imagen de una pintura figurativa en un plano general, que nos deja ver la forma del puente, la forma del riel y los durmientes de las vías en primer

⁴³⁵ *Ibid.*, p. 515.

plano; un símbolo – plano del mismo puente; y una gráfica del perfil de la obra, que evidencia a escala la cantidad de distancia ganada por el desarrollo del espiral.⁴³⁶ Esto refuerza el mayor detalle y efectividad de las imágenes, combinando estilos cuando es necesario y reduciendo el número a lo imprescindible, no utilizándolas para ilustrar tecnología en desuso, como hacían los galos con las primeras locomotoras Stephenson.

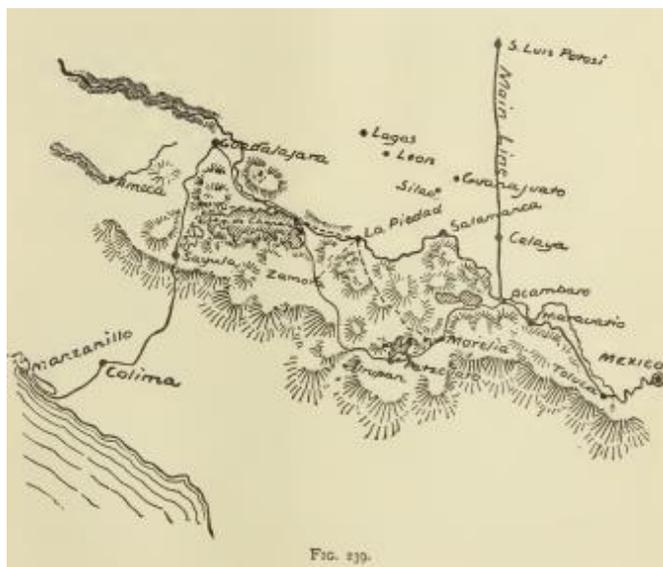


Imagen 106

Finalmente, para tratar los grandes problemas económicos, Wellington lo hizo con pocas imágenes, símbolos mayormente; empero, vale la pena destacar las pequeñas referencias que hizo sobre lo ocurrido en el país al final del trabajo, pues, si recordamos, él fue ingeniero en jefe de la línea México – Veracruz. Por ejemplo, en la parte del tráfico, refería a que cuando éste era escaso y probablemente no competitivo, conectar la mayor población posible por la línea principal era el curso más sabio. La figura 239 de la imagen 106 refiere dicha instancia, la línea punteada es lo que se había proyectado, y la línea completa la ruta finalmente elegida por la compañía por recomendación de Wellington. Por lo tanto, en lo que respecta a la línea de Morelia a Zamora y La Piedad, se decidió que sería mejor hacer el ramal hacia el tráfico de Pátzcuaro – Morelia, mientras se obtenían más ingresos del tráfico a través de tarifas no mucho más pesadas.⁴³⁷ A pesar de estas referencias, es poco lo que se habla de México en la obra; no obstante, el autor entregó buena y variada

⁴³⁶ *Ibid.*, pp. 680 – 682.

⁴³⁷ *Ibid.*, p. 722.

información sobre la locomotora y su técnica, y, más importante aún, sobre máquinas utilizadas en el país.

De esta manera, son significativos los cambios en las obras norteamericanas que solicitó Daza para vías de comunicación terrestres, se utilizaron diagramas, gráficas y tablas detalladas junto a los tradicionales ícono – imagen y plano; además de darle preferencia a la comparación y a la descomposición de la tecnología en diferentes imágenes que ocupaban estilos diversos, no sólo para mostrar la máquina de múltiples ángulos y detalle, sino también para indicar cuando ésta estaba lista para usarse, o cuando algo no funcionaba correctamente. Todo ello en publicaciones mucho más manejables para los alumnos, pues sólo se componían de un volumen, que, a excepción del trabajo de Wellington, no superaba las 300 páginas.

Es el trabajo de este último autor el que se distancia más de lo hecho por los franceses en cuanto a representaciones, introduciendo las gráficas para la parte financiera de la empresa ferrocarrilera e inclinándose por enseñar el funcionamiento de la locomotora con símbolos – diagramas, tablas e iconos – imágenes, y no sólo describirla en extenso como lo habían hecho las obras galas. Esto influye en la cultura visual parte del libro, que en su mayoría era reconocible sólo por ingenieros, por lo que los alumnos necesitarían conocer los códigos que les serían transferidos por el profesor.

Por último, hubo un interés en estos textos por no encerrarse en su propia cultura técnica, contrastando lo realizado en su país con la tecnología de otras naciones; a diferencia de lo que le ocurrió a los franceses, que solamente exhibieron algunas tecnologías extranjeras, pero nunca la compararon o explicaron en detalle, por lo que terminaron estancándose y repitiendo información ya en desuso como pudimos constatar.

Por otro lado, como los libros norteamericanos eran más pragmáticos que sus contrapartes galas, dejaban mucho del conocimiento a la práctica. Los mismos autores aludían a la inutilidad del formato para transmitir cierta información, la que sólo se aprendería de buena manera in situ. Sin embargo, estos textos servían cabalmente para el objetivo del curso propuesto por Daza, que, como señalamos, era transmitir un conocimiento ferrocarrilero que le permitiera a los alumnos comunicarse con las compañías que operaban en el país, no para que desarrollaran una infraestructura local. De esta manera, los libros reflejan el cambio de la dependencia tecnológica de Europa por la dependencia de Estados Unidos.

Años más tarde, Daza cambió el libro de Wellington por el *Routes et Chemins Vicinaux*⁴³⁸ del oficial de la academia francesa de puentes y caminos Onésime Roux, publicado en 1901. Una explicación la encontramos en que Roux se distanció claramente de los grandes tratados galos del pasado, con un texto que no pretendía abarcar todo el conocimiento del área, sino simplemente ser un eslabón más en la cadena llamada Biblioteca de Conducta de Obras Públicas, cuyos trabajos tendían a complementarse entre sí. Esto influyó en la composición del libro, acortando el capítulo de movimiento de tierras e ignorando las reglas que tenía que observarse en la ejecución de obras de arte. Además, el autor aprovechó para criticar las instrucciones o prácticas administrativas que consideraba insuficientes o defectuosas, e indicar las reformas que consideraba necesarias.⁴³⁹

El libro inicia con la historia de las vías de comunicación y de su legislación, sin apoyarse en ninguna imagen para esto, pero el resto del escrito se nutre de 270 figuras. Paradójicamente, la primera sección trata sobre la clasificación de las rutas de tierra a través de sólo tres símbolos, un ícono – imagen y una figura que combina ambas, de la misma forma que otras obras norteamericanas del periodo, lo que nos habla de un cambio en la representación más allá de la nacionalidad de los autores. Así, tenemos imágenes parecidas a lo visto décadas atrás para representar las partes de una ruta o de un camino.

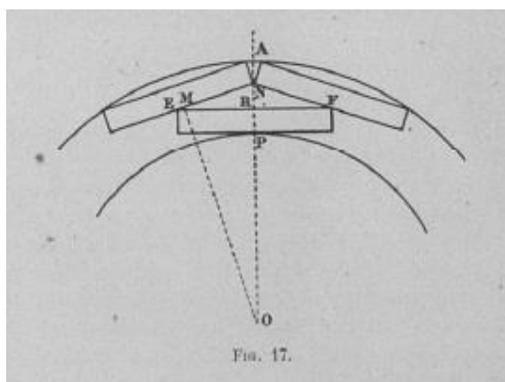


Imagen 107

La obra prosigue en el mismo tono que la de Wellington, sirviéndose de símbolos matemáticos y en menor medida de planos, asimilándose también a lo visto en Spalding para algunas representaciones, como las curvas de la figura 17 de la imagen 107. Allí, se examina el radio mínimo de éstas mediante la posición de los vehículos y sus equipos en el

⁴³⁸ Roux, *op. cit.*

⁴³⁹ *Ibid.*, pp. X – XI.

camino, presentándose en la imagen el peor de los casos, cuando dos líneas de automóviles se cruzan, representado cada uno por rectángulos.⁴⁴⁰ Asimismo los íconos – imágenes dibujados figurativamente siguen siendo utilizados como lo hicieron Perdonnet, Goschler y los otros autores franceses ocupados décadas atrás. En ese estilo podemos ver dos carros que se utilizan para las vías Decauville, incluso firmados por el artista, ambos en un ángulo de $\frac{3}{4}$ que nos permiten conocer algo del espacio que poseen para carga, así como las ruedas por el frente y por dentro (imagen 108).⁴⁴¹

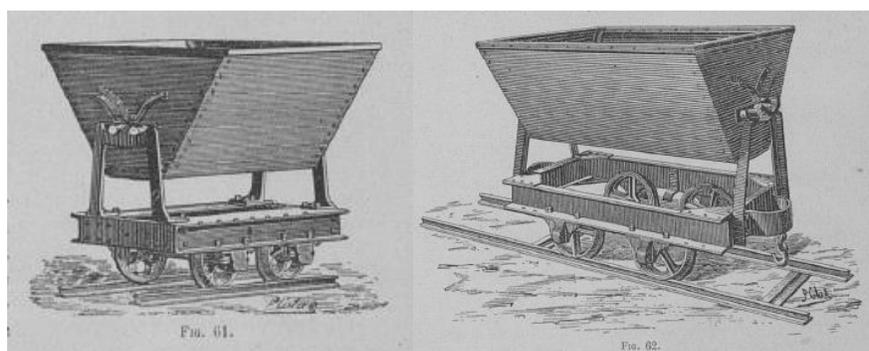


Imagen 108

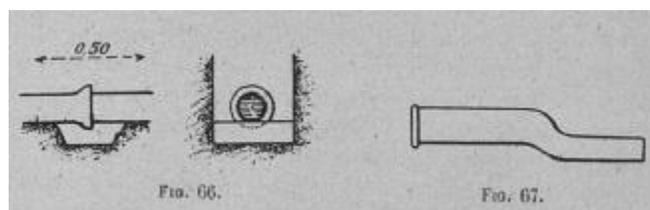


Imagen 109

Es destacable la inclusión de imágenes que descomponen procesos, escasas en trabajos pasados, como por ejemplo lo que vemos en la imagen 109, que nos muestra los diferentes componentes de un proceso y su complementación. La figura 66 muestra la parte inferior de una zanja bien ajustada, para permitir que el trabajador pase sus manos y herramientas debajo de la tubería, y el lugar por donde debe entrar la tubería. Éstas se colocan de extremo a extremo, compactando las juntas con el cincel, como se ve en la figura 67.⁴⁴² En tanto, la tercera parte casi no emplea imágenes para abordar las nuevas obras y el mantenimiento, recurriendo a algunos íconos – imágenes para la descripción de herramientas.

⁴⁴⁰ *Ibid.*, p. 87.

⁴⁴¹ *Ibid.*, p. 164.

⁴⁴² *Ibid.*, p. 221.

Por último, se incluye un apéndice titulado notas sobre el caballo y el carro, que sorpresivamente es el apartado que incluye más imágenes, nada menos que 115. Como es costumbre, la mayoría de las figuras sólo muestran una información, pero aparecen en un gran número de imágenes que comparan tecnología y otras que muestran diferentes vistas de la misma. Sin embargo, muchos de los dibujos de caballos y carros ya los habíamos visto en obras pasadas y para la época no eran de mucha relevancia para el ingeniero. Es así que esta obra francesa sí incluyó algunos nuevos tipos de representación, pero volvía recurrentemente al dibujo figurativo, sin hacer un uso prolífico de las tablas, gráficas ni diagramas.

En 1902, Daza actualizó la parte dedicada a los puentes cambiando el libro de Wood por la tercera parte del *A textbook on roofs and bridges*,⁴⁴³ publicada en 1894 por los ingenieros civiles estadounidenses Merriman y Jacoby. Esta modificación se vinculó directamente a lo detallado que se volvió el plan de estudios en esta oportunidad, incluyendo diez capítulos nada más que para el apartado de puentes, muchos de los cuales se relacionaban con el diseño de los mismos. El texto incorporó diecinueve secciones en solamente 427 páginas, con muy pocas figuras en total, 60, en su gran mayoría íconos – imágenes o su mezcla con símbolos. Esto se complementa con 18 *plates*, que fueron apareciendo a lo largo de la obra enriqueciendo cada uno de los temas. El bajo número de ilustraciones, los autores lo atribuyeron a que únicamente trataban aquellos puentes que descansaban sobre dos soportes, dentro de los cuales serían las representaciones de puentes ferroviarios las favorecidas, ya sea para el tráfico de trenes eléctricos o de vapor.⁴⁴⁴

La obra inicia con dos apartados dedicados a la historia de la construcción de puentes y los principios del diseño económico, una rama que Merriman y Jacobi señalaban que a menudo se descuidaba en las escuelas técnicas.⁴⁴⁵ Entre ambas secciones sólo tenemos cuatro figuras, las cuales son muy similares a las vistas en las obras de Wood, representando el entramado de los puentes como símbolos e incluyéndoles medidas a su alrededor. En ese mismo tenor, encontramos nuevamente la comparación de objetos y herramientas puestas una al lado de otra, Sin embargo, también hay diagramas realizados en exclusiva para la obra, entendibles sólo para un profesional, como la figura 11 de la

⁴⁴³ Merriman and Jacoby, *op. cit.*

⁴⁴⁴ *Ibid.*, p. iii.

⁴⁴⁵ *Ibid.*, p. iv.

imagen 110, donde vemos un diagrama construido para las tensiones unitarias y los diámetros de los remaches allí dados. Igualmente, este símbolo – diagrama también se apoya en íconos – imágenes, de hecho, la figura siguiente (imagen 111) profundiza en el uso del diagrama, pues expone las placas de clavija y los remaches que los alumnos debían conocer, explicándose todo esto detalladamente en el texto.

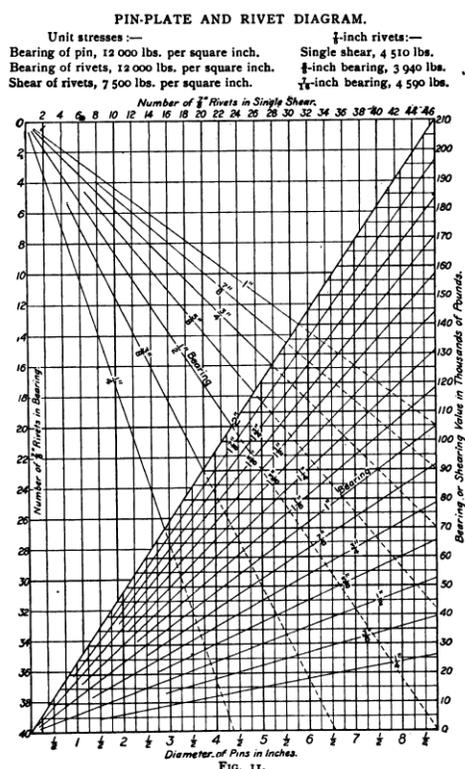


Imagen 110

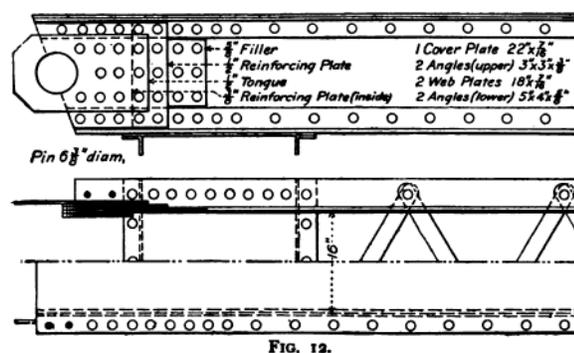


Imagen 111

Los capítulos siguientes se abocan al diseño del entramado de un puente de viga de placas, apoyándose mayormente en diagramas como el de la imagen 112, aunque también están apoyados por íconos – imágenes que exhiben en detalle ciertos componentes de la construcción. En este, se muestra que el criterio para la posición de las cargas por rueda era el mismo que el deducido para las armaduras, información que es reafirmada por los autores señalando en que parte del libro se encuentra dicho tema desarrollado en profundidad. Esto facilita mucho la ubicación de aquello relacionado con la materia en cuestión y sus imágenes, algo que durante el XIX no fue una gran preocupación para los escritores y las editoriales galas.⁴⁴⁶

⁴⁴⁶ *Ibid.*, p. 79.

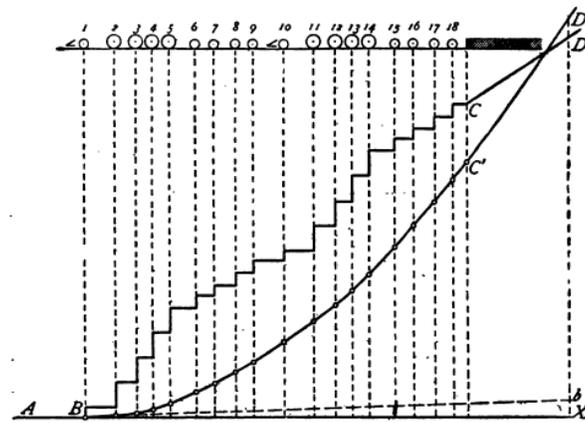


FIG. 22.

Imagen 112

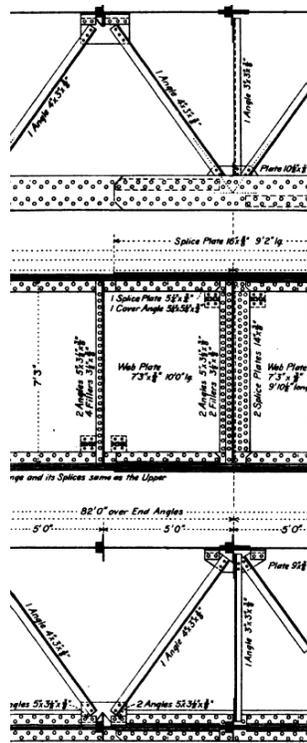


Imagen 113

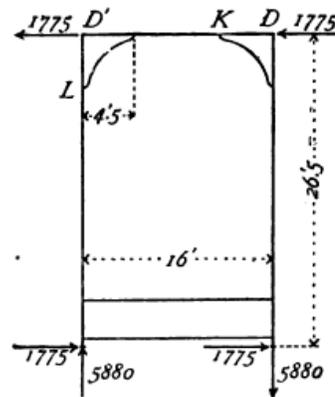


FIG. 37.

Imagen 114

Al finalizar el capítulo tenemos el *plate* correspondiente, que del segundo al quinto muestran los diseños de diferentes puentes, en esta ocasión, el de un puente de viga de placa cubierta. Este se muestra en forma de ícono – imagen de frente e invertido, y desde un punto de vista cenital, incluyendo muchos detalles como medidas e indicaciones alrededor del dibujo (imagen 113). Los capítulos siguientes continúan con el diseño de puentes de armadura y puentes de armadura remachada, con pocas imágenes repartidas entre iconos y símbolos. De éstos, siguen apareciendo los entramados, junto a diagramas

que no habíamos visto previamente, como el esquema de un soporte representado en la figura 37 de la imagen 114.⁴⁴⁷

La obra continúa con algunas secciones destinadas principalmente a maestros, como apuntan los autores, incluyendo ejercicios, problemas y sus soluciones; aunque, también señalan, que en ellos los estudiantes encontrarán buenos consejos para su vida profesional.⁴⁴⁸ En efecto, los capítulos siguientes tratan sobre métodos de taller, abordando el alquiler de puentes, el trabajo de oficina, los talleres, la práctica de taller y los edificios de los puentes, todas temáticas que se aprenden en el trabajo mismo y que los franceses habían tratado poco o nada. Sin embargo, para acompañar esta información se ocupan muy pocas imágenes, pero las pocas que hay dan información detallada, como símbolos – planos que exhibe la disposición general de la maquinaria de un taller de armaduras.⁴⁴⁹



FIG. 48.

Imagen 115

Incluso, los autores utilizaron reproducciones litográficas a partir de fotografías para ilustrar estos temas, pero ¿por qué no las propias fotografías? Una explicación puede encontrarse en el valor de la obra, que se encarecería al comprar e imprimir fotografías; otra razón podría ser la calidad de la foto, que demandó una intervención artística para realzar sus detalles. En el caso de la primera litografía tomada de una fotografía que aparece en el libro, un plano general nos muestra el interior de un taller principal de armaduras (imagen 115), panorámica que se logró posicionando la cámara en el extremo final de la

⁴⁴⁷ *Ibid.*, p. 164.

⁴⁴⁸ *Ibid.*, p. iv.

⁴⁴⁹ *Ibid.*, p. 281.

habitación.⁴⁵⁰ Este emplazamiento sugiere que la fotografía no tendría una gran definición en las zonas más alejadas de la cámara, ya que el foco no hubiera alcanzado a incluir esas áreas ante la falta de grandes fuentes de iluminación interior en esos años. Esta limitante puede haber decidido a los autores a realizar una litografía que pudiera entregar más detalle a los alumnos, pues este tipo de talleres con máquinas remachadoras eran los encargados de fabricar toda clase de trabajo estructural, desde los puentes ferroviarios más pesados hasta las armaduras de techo de hierro ligero, por lo que era de importancia para los estudiantes conocerlos durante su capacitación, aunque fuera en imágenes.

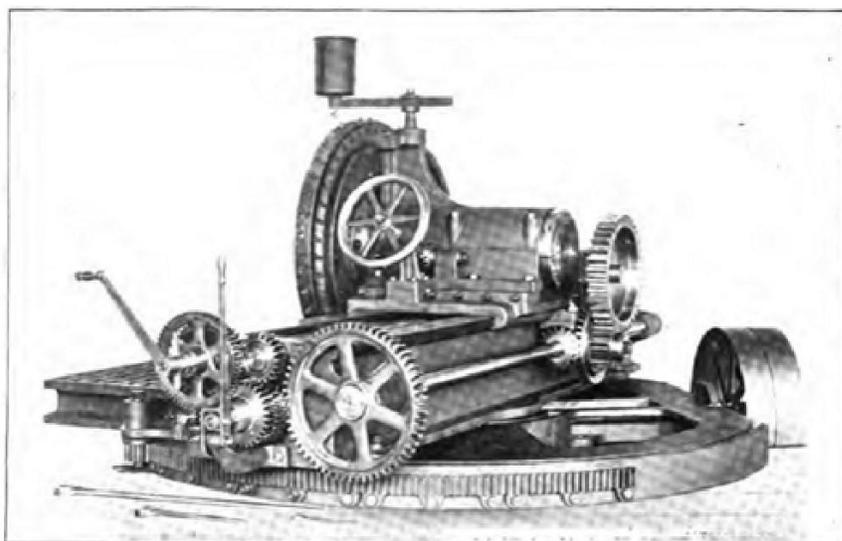


Fig. 56.—48-INCH ROTARY PLANER.

Imagen 116

No obstante, los estadounidenses si incluyeron lo que parecen ser fotografías para exhibir cierta maquinaria, exactamente cinco de ellas, lo cual no es confirmado ni en el escrito ni en el pie de las imágenes. A nosotros nos parece que sí lo son, tanto por la textura que presentan los objetos como por la falta de detalle en ciertos lugares de los mismos, lo que encuentra explicación en la incidencia de una luz artificial, que no tendría razón de ser en un dibujo. Asimismo, el hecho de exhibir máquinas aisladas de su contexto, permitían al fotógrafo manejar la iluminación de mejor manera, acorde a la sensibilidad de la película, cosa difícil de lograr en un lugar tan amplio como un taller. Esto también se relaciona con el plano utilizado, un conjunto, que nos permite apreciar bien el detalle, lo que no sería

⁴⁵⁰ *Ibid.*, p. 315.

posible en un plano general por todos los elementos presentes. Esto lo podemos apreciar en la imagen 116, que muestra una cepilladora rotativa de 48 pulgadas hecha por Bement, Miles & Co. De Filadelfia, cuyo funcionamiento es descrito por los autores en el texto. Igualmente, podemos ver cierto ángulo en $\frac{3}{4}$ para darle más profundidad al objeto, sobre todo en el eje del rodamiento central, que nos da la perspectiva de la herramienta.

Como apuntábamos anteriormente, la fotografía fue reemplazando paulatinamente al dibujo figurativo, principalmente cuando era importante que la representación fuera “real”, en el sentido barthiano de un objeto no falseable. Sin embargo, vemos que en una obra de 1894 también hay imágenes fotográficas de instrumentos que bien pudieran haber sido dibujos. Quizás la editorial o los autores querían agregarle un valor a la obra con estas fotografías, cuyo studium primario (un instrumento complejo) podía ser reconocible por un lego, pero sólo sería interpretable en su totalidad por los ingenieros profesionales o en formación. En el caso del punctum, este podría surgir en el espectador con la imagen del taller, al asociarlo a lugares y trabajos iguales o similares en su mente; mientras que la herramienta, podría ser un caso de fotografía unaria para quienes nunca la hubieran visto u operado. De esta forma, Merriman y Jacoby utilizan la fotografía para reemplazar los íconos-imágenes que se pudiera, y no sólo para otorgarles una materialidad en el espacio y tiempo como habían hecho Secchi, Bárcenas o Humbert.

El libro termina revisando puentes reales de compañías norteamericanas: un puente de celosía de la Compañía de Pencoyd Bridge; uno pasante de la Compañía Union Bridge y de la Pencoyd; y uno de tres entramados de la compañía Phoenix Bridge. Para todos ellos sólo tenemos dos símbolos, más los *plates* al final de cada capítulo, que en este caso son planos de los puentes en cuestión. En síntesis, esta obra significó un paso adelante en el apartado de puentes de la clase, pues entrega explicaciones detalladas, dibujos de calidad, y el uso de los tipos de representación necesarios para los temas tratados, incluidas las imágenes fotográficas. Junto con eso, se nota la preocupación que persistía en Daza por la práctica de los alumnos, acercándolos este texto, un poco más que los anteriores, a los talleres que no conocerían fácilmente en persona durante sus años de estudiantes y quizá tampoco como profesionales.

Finalmente, para la sección de ferrocarriles, Daza cambió el extenso trabajo de Wellington por *Railroad construction*,⁴⁵¹ publicado en 1900 por el profesor de ingeniería civil de la Universidad de Pennsylvania Walter Loring Webb. Éste, en la mitad de páginas que Wellington, abordó los mismos temas, y sumó otros que Daza esperaba enseñar: los túneles, las alcantarillas, los puentes pequeños y el ballast. A esto el autor agregó especial atención en las curvas de transición, utilizando el método de curva compuesta multiforme, seguido por muchos ferrocarriles en México así como en el sistema de cálculos y la curva de masa de los movimientos de tierras.⁴⁵² En cuanto a imágenes, Loring Webb incluyó 190, repartidas inequitativamente en once capítulos.

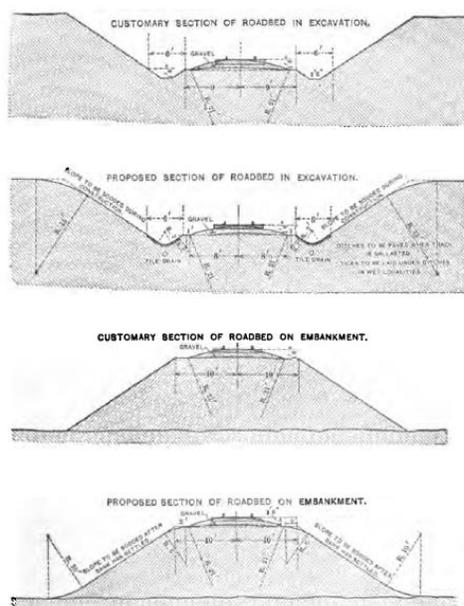


FIG. 48.—"WHITTEMORE ON RAILWAY EXCAVATION AND EMBANKMENTS,"
Trans. Am. Soc. C. E., Sept. 1894

Imagen 117

La obra, inicia refiriéndose a los aspectos a tomar en cuenta para elegir una ruta por donde tender nuevos rieles, información que presupone un conocimiento adecuado del tema ferroviario por parte del lector, pues explora en extenso lo relativo a las curvas simples, compuestas, de transición y verticales. Para esto, el autor reunió 30 figuras, casi todas símbolos matemáticos y geométricos que nos muestran diferentes tipos de curvas. A continuación, Loring Webb pasó a tratar los trabajos de tierra, utilizando el mismo número de representaciones que en las curvas, aunque aquí hacen su aparición algunos íconos —

⁴⁵¹ Loring Webb, *op. cit.*

⁴⁵² *Ibid.*, p. iii.

imágenes, muchos de ellos mezclados con símbolos. Dichos híbridos son empleados para las representaciones de las formas de excavación y terraplén, incluyendo ángulos y achurado para exhibir el terreno. Así, en una sola figura, vemos las diferentes formas de excavación y de terraplén (imagen 117).

La obra prosigue estudiando los caballetes de madera, para lo cual el autor se apoya en 19 figuras, todas íconos – imágenes, mayormente en planos conjuntos con un punto de vista frontal. Esta sección se nutre de dibujos iguales a los ocupados por Foster, tanto para los pilotes como para las juntas, así como para los sistemas de suelo. Sin embargo, Loring Webb complementa dichas ilustraciones con *plates* insertados en el mismo capítulo, de un tenor similar a lo que vemos en el *plate 1* de la imagen 118. Allí, es posible apreciar los caballetes utilizados en la línea Norfolk & Western, con íconos – imágenes en planos conjuntos y detalles que, sumados a las anotaciones que los rodean, complementan la poca información presente en el escrito.

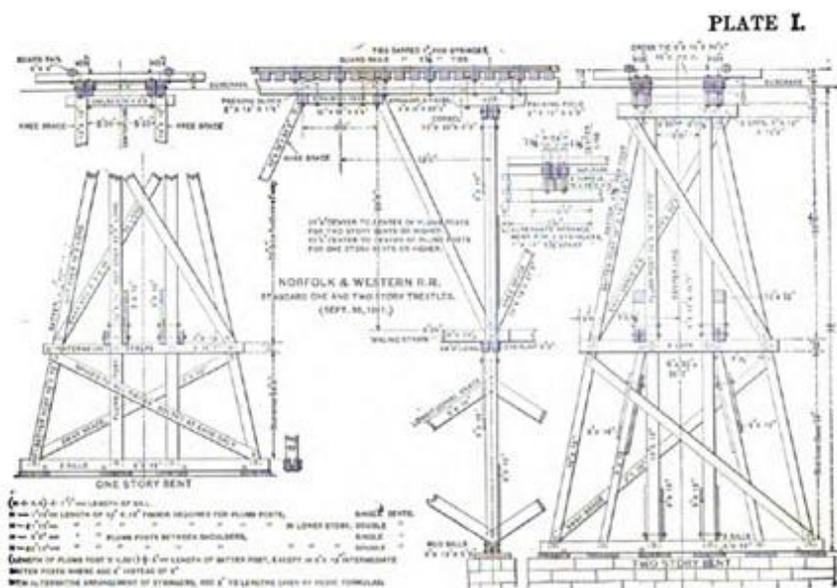


Imagen 118

Hay que destacar, asimismo, que este trabajo desarrolla ampliamente lo referente a los túneles, generalmente tratados someramente en textos previos, para lo cual se utilizan más figuras que para cualquier otra temática del libro. Estas son principalmente íconos – imágenes, entre las que prima el plano conjunto frontal achurado; además, tenemos híbridos para exhibir la forma general de una gran cantidad de túneles. En las figuras 87 y 88 de la imagen 119, vemos ejemplos de los diferentes materiales encontrados en túneles muy

largos, por lo cual se tenían que usar diferentes formas de seccionado transversal; así, en el caso de encontrar material escamoso muy blando, podía ser necesario colocar un forro de arco completo que tendría una sección transversal casi circular.⁴⁵³ En tanto, el *plate III* ocupa el ícono – imagen figurativo para ejemplificar tecnología extranjera, en este caso, túneles del sistema inglés, francés, belga y alemán, sin explicación en el escrito.

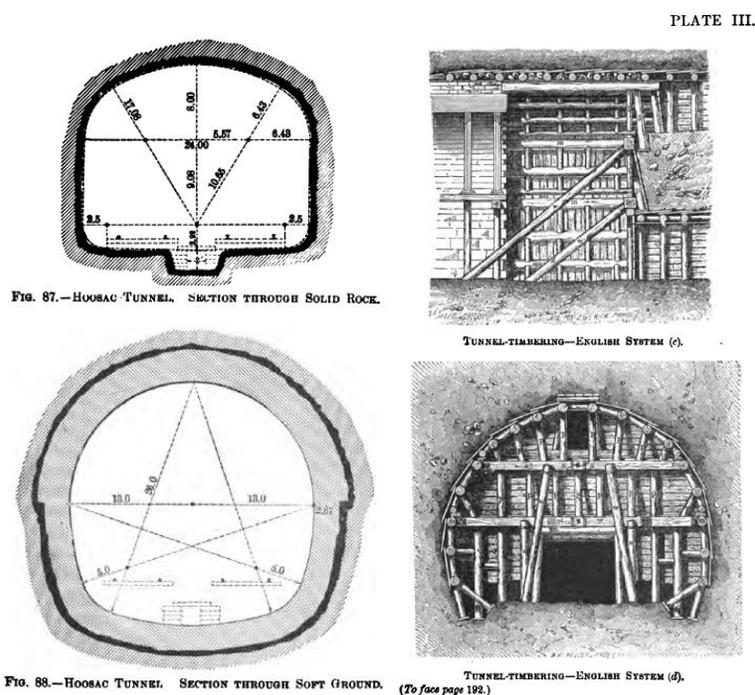


Imagen 119

Esta comparación de tecnología diferente a la norteamericana generó el uso de nuevos símbolos, si seguimos con los túneles, algo de esto se puede ver en la figura 95 de la imagen 120. En esta, se muestra a través de números del 1 al 5, el orden de la excavación dentro de las secciones transversales. A través de estos símbolo, Loring se dio el trabajo de señalar sus características, como, por ejemplo, que los sistemas ingleses, austriacos y estadounidenses se asemejaban en excavar toda la sección transversal antes de comenzar la construcción del revestimiento de mampostería; o, el hecho de que los métodos alemanes no eran de gran eficacia, pues, al dejar un núcleo sólido hasta que prácticamente todo el revestimiento estaba completo, los cuartos para el trabajo eran extremadamente estrechos, con poca ventilación, etc.⁴⁵⁴

⁴⁵³ *Ibid.*, p. 190.

⁴⁵⁴ *Ibid.*, p. 197.

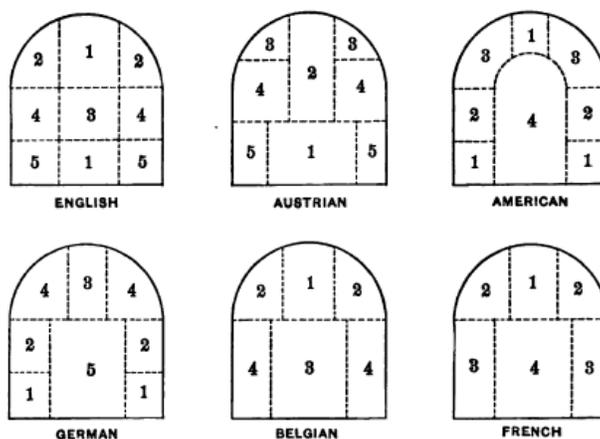


FIG. 95.—ORDER OF WORKING BY THE VARIOUS SYSTEMS.

Imagen 120

Las secciones siguientes bajan la cantidad de imágenes para abordar las alcantarillas, los puentes menores, el ballast, los lazos y otras formas de soporte ferroviario, con algunos íconos – imágenes similares a los vistos en obras previas para estos mismos temas. Finalmente, los últimos capítulos, dedicados a los rieles, sus sujeciones, interruptores y cruces, recuperaron el uso de abundantes figuras repartidas entre iconos – imágenes, para las primeras materias, y símbolos, sobre todo para los interruptores y cruces. Al examinar los rieles, el autor ocupó imágenes como las que ya veíamos en el *Traité...* de Perdonnet, lo mismo para representar diferentes piezas y herramientas.

De esta forma, advertimos que, si bien este texto abordaba de forma seria sus temáticas, con imágenes de calidad y el uso de numerosas *plates*, dejaba fuera el estudio detallado del motor y las partes de la locomotiva. Esto no era casualidad, pues el plan de estudio preparado por Daza hacía la misma cosa con aquellas temáticas fundamentales, confiando en que ello se aprendería por los alumnos en la práctica. De hecho, en 1906, junto con eliminar los textos de Roux y Foster y volver a utilizar a Spalding, Daza incluyó al final de cada apartado del programa una práctica, y así se mantuvo hasta 1914, sin volver a cambiar un libro en 8 años.

Por otro lado, es notable el cambio entre los libros franceses y norteamericanos, encontrando en estos últimos por vez primera la explicación del funcionamiento del motor de una locomotora y sus comparaciones mediante gráficas y diagramas; y no de cualquier máquina, sino que precisamente sobre aquellas que había en México. Es cierto que la calidad de los dibujos y las impresiones disminuyó, pero fue por el hecho de que ya no era

fundamental para los autores el reconocimiento de una pieza o instrumento mediante una representación figurativa, objetivo primordial de los textos galos decimonónicos, sino más bien abreviar en un símbolo la información sobre el funcionamiento de esa pieza.

Asimismo, advertimos que estos libros también tenían un interés por promover la tecnología estadounidense, comparándola con lo hecho en otras partes del mundo y no enseñando todos los procesos presentados, o no de forma completa; manteniendo así, al igual que los franceses, una dependencia de su tecnología en la periferia. Por último, si bien la cultura visual era más abstracta, se compensaba con la explicación escrita e incluso con fotografías, que materializaban en el espacio y el tiempo los lugares y los objetos. De esta manera, la cultura visual norteamericana buscaba crear una semiosis gracias a la imagen, las palabras, la enseñanza teórica y práctica y la propia experiencia del espectador. Lamentablemente, como vimos a lo largo de la tesis, los estudiantes en su mayoría carecieron tanto de la práctica como de la experiencia para aprehender cabalmente las culturas visuales que incluyeron sus libros sobre tecnología ferrocarrilera.

4. Conclusión

El análisis realizado durante la tesis termina por confirmar nuestra hipótesis, pues realmente hubo una discrepancia entre la tecnología ferrocarrilera que se ocupaba en el país, con la que se enseñaba a través de libros de texto y sus imágenes en la Escuela Nacional de Ingenieros. Esto fue así casi todo el siglo XIX, cuando fueron obras francesas las empleadas mayormente por los catedráticos de la Escuela, mientras que eran locomotoras inglesas, belgas y francesas primero, y estadounidenses después, las que corrían por las vías férreas mexicanas. A fines de la centuria aparecen los libros norteamericanos en las clases, sin embargo, no hicieron mucha diferencia en la incorporación de ingenieros locales a la industria ferrocarrilera.

Claramente, no fueron solamente los libros elegidos los responsables de esta situación, pues el rezago en la adopción de nuevas tecnologías se puede rastrear hasta el Real Seminario. Los españoles fundamentaban el trabajo minero principalmente en la mano de obra indígena, por ello, la recepción de los conocimientos que generó la revolución industrial, sobre todo lo relacionado con el empleo de máquinas, no se dio en el país aquellos años. Esto se mantuvo con las administraciones conservadoras, pues recién con el gobierno liberal de 1857 se consideró seriamente la preparación de ingenieros para desarrollar los ferrocarriles en el país, ante la falta de avances en la construcción del Ferrocarril Mexicano por los especialistas belgas. De esta forma, no hubo una transferencia de tecnología en estas primeras décadas de la empresa ferroviaria en México, ni la aclimatación de ésta por los ingenieros nacionales, ni siquiera hubo una discrepancia, simplemente no hubo interés del Estado por formar ingenieros expertos en estos temas.

Cuando los liberales les dieron un nuevo impulso a los ferrocarriles, confiaron el Ferrocarril Mexicano a técnicos y equipos estadounidenses, y, a la par, crearon la carrera de ingeniero arquitecto en San Carlos, que incluyó las primeras dos clases en el país sobre tecnología ferroviaria, caminos comunes y de fierro y puentes y canales. De esta forma, a los gobiernos liberales si les interesó formar los cuadros que en un futuro pudieran hacerse cargo de la empresa ferroviaria nacional, pero no hubo un plan para coordinar tecnología importada y enseñanza ferrocarrilera, por lo que los profesores designados para esas y las demás clases enseñaron lo que aprendieron en su vida profesional, y algunos también en su vida académica, la ingeniería francesa.

Esta situación no cambió con la fundación de la carrera de ingeniería civil en la nueva Escuela de Ingenieros, ni en los primeros mandatos de Porfirio Díaz, continuando la discrepancia tecnológica, la predominancia de la teoría y la poca práctica. Los alumnos debían estudiar más de diez volúmenes diferentes durante el año que duraban los cursos, ya que las obras francesas, en su mayoría, eran compendios generales de la empresa ferroviaria compuestos de varios tomos. Esto nos habla de lo que se esperaba que aprendieran los alumnos de la Escuela, una pincelada general de la empresa ferroviaria, con la esperanza de que pudieran utilizar la tecnología que se importaba, pero no que aprendieran a construir locomotoras o vagones o a aclimatar la tecnología ferrocarrilera.

La Escuela Politécnica, principal editora de las obras ocupadas en la ENI, a pesar de su teoricismo si enseñaba la construcción de estas máquinas, mas los libros publicados por ella no lo hacían, pues eran obras de propaganda de la institución y lo que se enseñaba ahí. Al fin y al cabo, recibir estudiantes extranjeros era y es el negocio de las metrópolis, formar a los usuarios, promotores y consumidores de su tecnología. Sin embargo, tampoco hay que olvidar el perfil del estudiante mexicano de ingeniería, para cuya clase social el leer libros en francés u otros idiomas entregaba cierto prestigio, así como el aprender la teoría de las matemáticas por sobre la práctica, tradiciones que podrían haber contribuido a que los profesores no cambiaran el modelo de enseñanza.

Fue en la última década del siglo XIX cuando la élite política mexicana advirtió que el comercio y las inversiones con Estados Unidos implicaban un peligro para la soberanía económica y política del país, viendo con preocupación que las líneas ferroviarias eran en su mayoría de dueños norteamericanos, nacionalidad que compartía el personal de los altos puestos en talleres, trenes y estaciones. Es así que se persiguió mexicanizar progresivamente el sistema mediante el incremento del porcentaje de propiedad estatal, lo que se lograría con la creación de Ferrocarriles Nacionales de México en 1907, objetivo que volvía más necesario que nunca la formación de ingenieros conocedores de la tecnología norteamericana, que operaran y mantuvieran la red ferroviaria.

De esta manera, se dio en 1897 una reforma que modificó gran parte de la planta docente de la ENI, renovación que incluyó las clases sobre ferrocarriles. Estos nuevos profesores incluyeron obras norteamericanas e inglesas en sus cursos, para luego exigir a la dirección que se cambiara la orientación de la enseñanza hacia el modelo anglosajón, que algunos de

ellos, como Carlos Daza, conocían de primera mano. Así, fueron principalmente los profesores los que impulsaron el cambio en la ENI, a lo que se sumó el director Manuel Fernández Leal, que, como los demás directores, había sugerido que la educación fuera más práctica. Hacia 1902, los libros de texto estadounidenses eran los más solicitados en la institución, siendo la mayoría de ellos contemporáneos y específicos, tratando los temas de manera mucho más acotada y utilizando por lo general un sólo volumen que en promedio no alcanzaba las 300 páginas.

Por primera vez, máquinas como la Consolidation, Mogul y Baldwin se estudiaron detalladamente, incluso explicando ciertos procesos, pero muchos temas se dejaron para que se aprendieran en la práctica. Este modelo educativo se orientaba a formar un profesional que pudiera relacionarse con las compañías extranjeras, pero no que pudiera construir sin el apoyo foráneo los trabajos requeridos. Las obras no se eligieron pensando en que los ingenieros mexicanos conocieran el saber hacer de la tecnología ferrocarrilera, sólo se intentaba que supieran manejar aquella que llegaba al país. Sin embargo, solo en el caso de un libro francés que abordaba la tecnología ferrocarrilera norteamericana, *Les chemins de fer en Amérique*, encontramos una relación entre imagen, alumnos y su incorporación al trabajo ferroviario como inspectores de vía para el Ministerio de Fomento.

Junto con esto, los estudiantes de la ENI no disponían de los conocimientos necesarios para innovar en la práctica, porque estos no les eran enseñados directamente en la Escuela, o sea, tenían el conocimiento científico pero no tenían el dominio de la tecnología, pues estaban fuera de la construcción y de la operación de las líneas asentadas en México. Así, la mayoría de los mexicanos conocedores del ferrocarril durante el periodo de estudio o habían aprendido en la práctica, sin haber pasado por las aulas de la ENI, o habían estudiado en el extranjero.

Por su parte, las imágenes estaban alineadas con el objetivo de los libros, aunque también van cambiando internamente durante el periodo de estudio, tanto dentro de los textos franceses como en los norteamericanos. Lo primero que debemos señalar es que no se construyó una cultura visual técnica en el país, si no que se utilizó la realizada en otros lugares, principalmente Francia y Estados Unidos. Gracias a estas culturas visuales los alumnos fueron capaces de reconocer muchos de los modelos de locomotoras, aunque pocos de los que se ocupaban en el país, así como piezas y algunos procesos, mayormente

remoción de tierra, instalación de vías y construcción de estaciones. Además, al ser una tecnología nueva de rápida evolución, las imágenes vistas por estos alumnos gran parte del siglo XIX estuvieron desactualizadas, pues muchos libros franceses se ocuparon por un tiempo extenso sin cambiarlos ni actualizarlos.

Es característico de las obras galas incluir una gran cantidad de imágenes, primero al final del texto en *tableaux*, luego reuniendo la mayoría de ellas en un Atlas, para finalmente imponerse la técnica de situarlas junto a su explicación verbal, evitando lo engorroso que era buscar sus referencias en el escrito. Esto significó un descenso en su calidad, como señalamos en la hipótesis, pues las imágenes debían ser más pequeñas para ajustarse al texto, lo que no era importante en un Atlas. Ahora bien, las representaciones se inclinaron claramente por los íconos, especialmente por los íconos – imágenes, sin que apareciera el diagrama, pues como vimos, no era interés de estos libros explicar a través de imágenes procesos como el funcionamiento del motor de una locomotora; mientras que la metáfora aparece en los planos que exhiben el exterior e interior de las estaciones. Finalmente, hay un pequeño porcentaje de símbolos, que incluyen fundamentalmente razonamientos matemáticos y figuras geométricas para explicar ciertos aspectos de la teoría.

Dependiendo del tema a tratar, hubo un uso más o menos profuso de los diferentes signos por estos autores, así como de las distintas técnicas de dibujo para representar la tecnología. Entre las temáticas que concentraron mayor cantidad de imágenes se hallaba el movimiento de tierras y obras de arte, pues una descripción verbal de lo que tenían que hacer los trabajadores en el terreno podía tomar varias páginas, volviéndose mucho menos preciso. Además, son áreas que los ingenieros de la periferia realizarían en sus respectivos países al mando de ingenieros franceses, lo mismo con el tendido de vías, otro de los capítulos que estos trabajos ilustran abundantemente.

Por su parte, el material rodante y las locomotoras también emplearon una buena cantidad de representaciones en estos textos, entre las que se mantuvo la predominancia de los íconos – imágenes; pero las secciones que se referían a los motores se abordaron con el apoyo de muy pocas figuras en general, entre las que priman los planos detalles de piezas sin emplear diagramas para representar su funcionamiento. Así, la abundancia de imágenes no implicó una profundidad superior en el tratamiento de los temas, entregaba mayor conocimiento visual al estudiante, pero se limitó a exhibir partes, piezas, instrumentos y

sólo ciertas técnicas. De esta forma, la evolución del dibujo en los libros de texto franceses privilegió los representámenes de objetos particulares y de algunos procesos ligados a la periferia, pero no permitieron que los alumnos de esa periferia interpretaran cómo operaban las cosas, cómo se veían en diferentes momentos de su movimiento, o cómo se veía un buen o mal funcionamiento.

Entretanto, los textos norteamericanos ocupaban menos imágenes, pues eran más acotados y sus autores pensaban que los detalles deberían enseñarse en cursos prácticos y no en un salón de clases, pero incorporaron tablas clasificatorias que comparaban numerosas tecnologías estadounidenses y diagramas que explicaban el funcionamiento de los motores de diferentes locomotoras, representaciones que no aparecían en los libros galos. No obstante, aún se mantienen los íconos – imágenes figurativos, aunque ahora están para complementar la representación de una tecnología, de punta por lo general, la cual también es exhibida en gráficos y símbolos. De esta forma, junto a la procedencia y especificidad de los libros, podemos sumar el avance de la tecnología ferrocarrilera como influencia para el cambio de las imágenes.

A pesar de ofrecer una mayor explicación del funcionamiento de ciertas tecnologías, los libros de texto publicados en el país vecino no enseñaban todos los procesos, o no lo hacían de forma íntegra, manteniendo de esta forma la dependencia tecnológica en la periferia de la maquinaria extranjera. Los franceses primero y los estadounidenses después no querían convertir en competidores al resto de naciones, por lo que hicieron una transferencia parcial de la tecnología ferroviaria en México durante todo el periodo de estudio, los estudiantes de la ENI sólo leían y veían en las obras cómo se ponían los rieles, cómo se trazaban las vías, la reparación ligera, nada más.

La falta de libros de texto mexicanos sobre el tema ferrocarrilero, a excepción del escrito de Pascual Almazán que carecía de imágenes, y la escasez de prácticas redundó en una falta de connotación por parte de los estudiantes de la cultura visual presente en los trabajos, pues no tuvieron un imaginario del ferrocarril al que aferrarse. En efecto, por lo general en las clases sólo veían dibujos de locomotoras antiguas que no estaban en el país, decodificando lo que pudieran gracias a lo que el profesor les enseñara. Esto les impidió experimentar un proceso cabal de la semiosis, faltaba el conocimiento y operación de las

máquinas, que si tuvieron los estudiantes franceses y estadounidenses, para quienes iban dirigidas estas obras.

Vemos así, que la aprehensión de la cultura visual en esa época no era algo instantáneo como se percibe actualmente. De hecho, todavía en una obra publicada entre 1873 y 1877, el *Cours de machines* de Pierres-Jules Callon, era difícil encontrar las referencias de las imágenes en el texto, hablándonos de que en el último tercio del siglo XIX el dibujo técnico aun no era apreciado totalmente por los especialistas como método didáctico. Esto evidencia que los estudiantes no estaban acostumbrados a ver imágenes en todo momento como ocurre hoy, por lo que no tenían un imaginario al que recurrir cuando veían una imagen para denotar y connotarla, interpretarla o captar su studium. Es así que la cultura visual nos habla de las sociedades productoras, la francesa y la norteamericana, como de la receptora, los estudiantes de ingeniería mexicanos, cuyas tradiciones de clase social y falta de contacto directo con las máquinas, dificultaba su interpretación de las imágenes en esa época. Actualmente, vemos que el mundo virtual pareciera a veces más real que la realidad misma, volviendo interesante para el análisis el conocer cómo pasamos de la necesidad del conocimiento del objeto a una asociación con miles de objetos parecidos que hemos visto en nuestra vida.

En ese tenor, pensamos que la clasificación que utilizamos para las figuras encontradas en los libros nos ayudó a descubrir que estilos se ocupaban para exhibir diferentes tecnologías, así como asociar estos a una representación estática o a una que buscara transmitir la idea de movimiento. Además, nos permitieron reconocer cambios en el tiempo en las representaciones y su uso, junto a las diferencias en la transmisión de información de los libros franceses y norteamericanos. Así, el ícono – imagen se utilizó para ciertas tecnologías que se ocuparían en la periferia, como el movimiento de tierras, y también como una elección de estilo que hacía más difícil la interpretación del funcionamiento de la tecnología expuesta. En tanto, los diagramas ayudaban a los alumnos a visualizar el funcionamiento de una tecnología, pero ante la falta de contacto real con las máquinas era una imagen difícil de asociar en la mente. En síntesis, gracias a estas clasificaciones pudimos apreciar el cambio de códigos en las imágenes, que a su vez representaban el cambio de los códigos de la tecnología y de la cultura visual en el tiempo y en el espacio que se realizaba.

Por su parte, la fotografía fue ocupada mínimamente tanto en los libros franceses como en los norteamericanos, ya que, al igual que las litografías a color, no eran indispensables para transmitir la información que los autores de estos textos buscaban. La forma en que mayormente se ocuparon éstas fue para referirse a una situación específica e instantánea, como los accidentes o un eclipse, pues a la foto se le concedía en la época una credibilidad ausente en cualquier otra forma de representación. No obstante, ya en 1894, Merriman y Jacoby en su *A text-book on roofs and bridges*, utilizan la fotografía para reemplazar todos los íconos – imágenes que pudieran, y no solo para otorgarles una materialidad en el espacio y tiempo como habían hecho Secchi o Bárcenas; y en el libro de Humbert de 1908, ya se emplea en mayor número como reemplazo del retrato figurativo, lo que pensamos se iría generalizando paulatinamente.

Podemos concluir que la enseñanza técnica no se dio como tal en la ENI, pues se carecía de aquellos espacios semejantes a los lugares de trabajo, y sólo en algunas prácticas se logró que los alumnos visitaran talleres y construcción de vías ferras. Los múltiples cambios a los planes de estudio cumplieron finalmente su objetivo de simplificarlos, pero no produjeron una transformación radical en la forma de enseñar los contenidos. Adicionalmente, el aumento paulatino de la parte práctica generó problemas para la titulación expedita de los estudiantes. Estas carencias se intentaron suplir primero con muchos libros repletos de imágenes, pero con la discrepancia tecnológica que ya señalamos, para luego solicitar libros acordes a la tecnología férrea ocupada en el país, pero sin que los alumnos tuvieran reales posibilidades de participar de ella.

Bibliografía.

Archivos y Bibliotecas

Archivo General de la Nación (AGN)

Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México (AHUNAM)

Biblioteca Nacional UNAM

Fuentes primarias

Documentos de archivo

Acuerdo, minuta y oficio donde el Secretario de Fomento solicita al director de la Escuela Especial de Ingenieros [Antonio del Castillo], que le envíe un programa de estudios detallado de los cursos que se imparten en este establecimiento, el cual les es remitido en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, diciembre 21 1881 – 18 enero 1882, caja 19, exp. 4, f. 13 – 17.

Acuerdo, minutas, oficios y programas en que Carlos Pacheco, ministro de Fomento, solicita a Antonio del Castillo, director de la Escuela de ingenieros, le envíe los programas de estudio de todos los cursos que se imparten en esa Escuela, así como los textos que se utilizarán en cada clase para el año de 1884. Se adjuntan programas, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1884, caja 19; exp. 8, f. 119.

Daniel Palacios al ministro de fomento, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 10 de junio de 1890, caja 3, exp. 33, f. 251, 253.

Decreto y oficio expedido por Manuel González sobre la nueva Ley de Instrucción Pública, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1883, caja 2, exp. 18, f. 139 – 141.

Decreto que crea la Escuela Práctica de Maquinistas, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 18 de diciembre de 1890, caja 3, exp. 33, f. 261.

Informes presentados por Mateo Plowes, José M. Velázquez, Miguel Bustamante, Daniel Palacios y otros profesores de la Junta de Catedráticos, dirigido a Manuel Fernández Leal, director de la Escuela Especial de Ingenieros, sobre algunas sugerencias al plan de estudios de la Escuela, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 27 febrero – s/d octubre 1901, caja 3, exp. 42, f. 329.

Lista de obras de estudio que se necesitan y han de encargarse a Europa, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1877, caja 13, exp. 15, f. 91.

Minuta enviada por el señor Mariscal, del Ministro de Justicia e Instrucción Pública, al Vicepresidente de la Junta directiva de Instrucción Pública, en la que le solicita se expidan títulos de Ingeniero Civil y Arquitecto a los alumnos Guerrero, Aguado y Mendoza, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1868, caja 27, exp. 1, f. 2.

Minuta, carta y oficio de Antonio del Castillo, director de la Escuela de Ingenieros, informando al Secretario de Fomento, sobre la solicitud de los alumnos Serrano, Mateos, Daza y Rodríguez para hacer sus prácticas profesionales en Estados Unidos, lo cual se autoriza, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 10 – 30 diciembre 1887, caja 30, exp. 8, f. 24.

Minuta y programas enviadas por Joaquín Baranda, Secretario de Justicia e Instrucción Pública, y recibidos por Leandro Fernández, director de la Escuela de Ingenieros, en donde le comunica que el presidente de la República aprobó los programas para los diferentes cursos de esa Escuela, por lo que pueden regir durante el año de 1899, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 19 diciembre, 1898 – 4 enero 1899, caja 20, exp. 20, f. 530.

Minuta y programas enviadas por Joaquín Baranda, Secretario de Justicia e Instrucción Pública, y recibidos por Leandro Fernández, director de la Escuela de Ingenieros, en donde le comunica que el Presidente de la República aprobó los programas para los diferentes cursos de esa Escuela, por lo que pueden regir durante el año de 1899, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 19 diciembre 1898 – 4 enero 1899, caja 20, exp. 20, f. 523 – 555.

Minutas y oficios del director de la Escuela de Ingenieros al Secretario de Instrucción Pública notificando estar enterado de la comisión del profesor Juan Palacios, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 6 agosto – 5 septiembre 1906, caja 30, exp. 11, f. 38.

Minutas y oficios del director de la Escuela de Ingenieros al Secretario de Instrucción Pública notificando el informe rendido por el pasante Ricardo Chávez, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 6 de febrero – 21 de marzo 1912, caja 30, exp. 3, f. 5.

Oficias y minutas en que Antonio del Castillo, director de la Escuela Especial de Ingenieros solicita al Ministro de Justicia e Instrucción Pública, proporcione a la Escuela 100 ejemplares de la obra Caminos comunes, ferrocarriles y canales, de Pascual Almazán, para utilizarla como texto en la clase de Ingeniería Civil, solicitud que es atendida, en

Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 26 de enero – 4 de marzo 1877, caja 17, exp. 1, f. 1.

Oficios, minutas y presupuestos mediante los que Blas Balcárcel, director de la Escuela Especial de Ingenieros, solicita a José María Iglesias, Ministro de Justicia e Instrucción Pública, que las prácticas parciales de los alumnos se efectúen en el desagüe del Valle de México, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 4 de octubre 1870 – 3 de agosto 1871, caja 17, exp. 1, f. 30.

Oficios en que R. Álvarez, de la Junta Directiva de Instrucción Pública, solicita al Ministerio de Hacienda, por conducto del Ministerio de Instrucción Pública, se abone a varios alumnos de la Escuela una cantidad mensual para que efectúen sus prácticas, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 18 de enero 1874 – 6 de junio 1875, caja 9, exp. 2, f. 9.

Oficios, programas y minutas en que Antonio del Castillo, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, informa y remite al Ministro de Fomento los diferentes programas de estudios de los cursos que se imparten en esa Escuela y en la Escuela Práctica de Minas en Pachuca, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 14 de enero – 13 de noviembre 1882, caja 19, exp. 5, f. 22 – 23.

Oficias y minutas en que Antonio del Castillo, director de la Escuela Especial de Ingenieros solicita al Ministro de Justicia e Instrucción Pública que, una vez aprobados por esa Secretaría los presupuestos de impresión de los textos escritos por algunos profesores de esa Escuela, se procederá a imprimirlos apenas se reciban los fondos de la Secretaría de Hacienda, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 6 de diciembre 1877 – 19 de julio 1878, caja 23, exp. 1, f. 5.

Oficios, programas y minutas en que Antonio del Castillo, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, informa y remite al Ministro de Fomento los diferentes programas de estudios de los cursos que se imparten en esa Escuela, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, enero 14 – noviembre 13 1882, caja 19, exp. 5, f. 20.

Oficios, programas y minutas enviados por Manuel Urquiza, de la Escuela Especial de Ingenieros al Ministro de Fomento, en relación con las clases que se imparten en esa Escuela, así como información acerca de los textos que se usarán para cada materia en el año de 1885, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1885, caja 19, exp. 10, f. 178.

Oficios, programas y minutas enviados por Antonio del Castillo, director de la Escuela de Ingenieros, al Secretario de Fomento, en los que se describen los estudios que se harán en las diversas materias para el año de 1888, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 17 agosto 1887 – febrero 1888, caja 19, exp. 12, f. 294 – 297.

Oficios, informe y anexos enviados por Manuel María Contreras al secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública, sobre la Escuela Nacional de Ingenieros y la parte material del edificio el orden en el establecimiento, el plan de estudios, los programas de los cursos y las proposiciones del director y los profesores, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1892, caja 7, exp. 10, f. 112.

Oficio, acuerdo e informes en que Ezequiel A. Chávez, de la Sección de Instrucción Pública de la Secretaría de Justicia, notifica al Ministro que, de acuerdo con el informe anual de 1900 presentado por Manuel Fernández Leal, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, es muy bajo el resultado de los exámenes en algunas clases, y que sólo dos alumnos de toda la Escuela fueron acreedores al 2º premio, por lo que se nombró una comisión de profesores para estudiar las causas, la que a su vez rinde un informe, en

Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 27 febrero 1901, caja 8, exp. 15, f. 445 – 450.

Oficio, acuerdo e informes en que Ezequiel A. Chávez, de la Sección de Instrucción Pública de la Secretaría de Justicia, notifica al Ministro que, de acuerdo con el informe anual de 1900 presentado por Manuel Fernández Leal, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, es muy bajo el resultado de los exámenes en algunas clases, y que sólo dos alumnos de toda la Escuela fueron acreedores al 2º premio, por lo que se nombró una comisión de profesores para estudiar las causas, la que a su vez rinde un informe, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 27 febrero – s/d octubre 1901, caja 8, exp. 15, f. 441.

Oficios, minutas y ejemplares del Diario Oficial, tomo LXIV, números 26, 29, 30, 34, 35 y 36, en los que se publican los programas y textos aprobando por el Secretario de Justicia e Instrucción Pública, y dirigidos a Justo Sierra, subsecretario de Instrucción Pública, para su divulgación. Se anexa el plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingeniería de 1902, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 6 de enero 1902 – 30 de enero 1903, caja 20, exp. 24, f. 700 - 703.

Oficios y minutas en los que Manuel Fernández Leal, director de la Escuela Nacional de Ingeniería, solicita al Secretario de Justicia e Instrucción Pública [Ezequiel A. Chávez], se autorice la impresión del “Tratado de cálculo de las probabilidades y teoría de los errores”, de Adolfo Díaz Rugama, y que se adopte como texto del curso respectivo, lo que no se autoriza por falta de fondos, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1 – 26 mayo 1903, caja 23, exp. 5, f. 176.

Oficio e informes general enviados por Luis Salazar, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, al Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes, acerca de las actividades realizadas durante el año de 1905, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional

Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 4 – 10 de mayo 1906, caja 8, exp. 18, f. 530.

Oficios y minuta de Luis Salazar, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, dirigidos a Joaquín Eguía Lis, rector de la Universidad Nacional de México, relativos a los programas de las asignaturas que se cursan en la Escuela para el año escolar de 1911 y 1912, a fin de que se turnen al Consejo Universitario. Incluye programa, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 18 octubre 1910 – 3 mayo 1910, caja 21, exp. 30, f. 1073 - 1235.

Oficio de Joaquín Eguía Lis, rector de la Universidad Nacional, dirigido al Secretario de Instrucción Pública, sobre la aprobación del Consejo Universitario de los programas y textos para 1913, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1913, caja 1, exp. 2, f. 58.

Planes y programas de estudio, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1883, caja 19, exp. 8, f. 119.

Planes y programas de estudio, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 24 enero 1884 – 25 febrero 1885, caja 19, exp. 10, f. 178.

Planes y programas de estudio, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1885, caja 19, exp. 10. f. 66 – 67.

Plan de estudios, ejemplar del Diario Oficial, tomo LVIII, número 11 y copia del decreto emitido por Porfirio Díaz, presidente de los Estados Unidos Mexicanos y dirigido, para su publicación, a Justino Fernández, secretario de Estado y del Despacho de Justicia e Instrucción Pública, relativo al plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros para las diferentes carreras que en ella se imparten, en Archivo Histórico de la Universidad

Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 7 enero 1902, caja 20, exp. 23, f. 639 – 689.

Planes y programas de estudio, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1912, caja 21, exp. 31, f. 1236.

Programas de estudio de los cursos impartidos en la escuela, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 5 – 15 octubre 1883, caja 19, exp. 8, f. 109 – 164.

Programas de estudio de los cursos impartidos en la escuela, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, julio 9 1886 – enero 31 1887, caja 19, exp. 11, f. 240 – 283.

Programas de estudio de los cursos impartidos en la escuela, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1892, caja 7, exp. 10, f. 105 – 398.

Third Annual Report of The Mexican National Railroad Company for the year ending December 31st, 1889, en Archivo General de la Nación, Grupo documental: Secretaría de Comunicaciones y Obras Publicas, 1889, caja 1, exp. 1, legajo 1, pp. 29 – 30.

Reseña, cuadros sinópticos y oficios expedidos por Luis Salazar, director de la Escuela Nacional de Ingenieros, y recibido por el secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes, sobre los trabajos, actividades y exámenes realizados durante el año de 1908 – 1909, en Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Grupo documental: Escuela Nacional de Ingenieros, 1 abril – 31 mayo, 1909, caja 8, exp. 21, f. 580 – 582.

Fuentes publicadas

A. de Lapparent, *Abrégé de géologie*, sixième édition revue, corrigée et augmentée, Paris, Masson Et Cie Editeurs : Libraires de L'Académie de Médecine, 1907, 438 pp.

Adolfo Díaz y Francisco Garibay, *Apuntes de Magnetismo Terrestre*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1887, 99 pp.

Andrés Manuel del Río, *Elementos de orictognosia, o del conocimiento de los fósiles dispuestos, según los principios de A. G. Werner, para el uso del Real Seminario Nacional de Minería de México*, México, D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1795 – 1805, 2 vols.

_____, *Manual de Geología, extractado de la Lethaea Geognóstica de Bronn, con los animales y vegetales perdidos, o que ya no existen, más característicos de cada roca y con algunas aplicaciones a los criaderos de esta República*, México, Ignacio Cumplido, 1841, 66 pp.

Antonio García y Cubas, *Noticias Geográficas y Estadísticas de la República Mexicana*, México, Imprenta de J. M. Lara, 1857, 27 pp.

_____, *Álbum del ferrocarril mexicano*, México, Establecimiento Litográfico de Víctor Debray y Cia, Editores, 1877, 56 pp.

Alcide D'Orbigny, *Cours Élémentaire de Paléontologie et de Géologie Stratigraphiques*, Paris, Victor Mason, 1850, 3 vols.

Alphonse Debauve, *Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées*, Paris, Dunod Éditeur, 1871 – 1880, 20 vols.

Armengaud, *Traité Théorique et Pratique des Moteurs à Vapeur comprenant les notions préliminaires de physique et de mécanique appliquées à l'étude de la vapeur d'eau*, Paris, A. Morel et Cie, Libraires, 1862, 2 vols.

Arthur Mellen Wellington, *The economic theory of the location of railways, an analysis of the conditions controlling the laying out of the railways to effect the most judicious expenditure of capital*, fifth revised and enlarged edition, New York, John Wiley & Sons : Engineering News, 1893, 980 pp.

Auguste Perdonnet, *Traité élémentaire des chemins de fer*, Paris, Langlois et Leclercq Éditeurs, 1858, 2 vols.

_____, y Camille Polonceau, *Portefeuille de L'ingénieur des chemins de fer*, Paris, Librairie Scientifique – Industrielle, 1843 – 1846, 5 vols.

_____, *Les chemins de fer*, Paris, Librairie de L. Hachette et Cie, 1866, 72 pp.

B. Biot, *Essai de géométrie analytique, appliquée aux courbes et aux surfaces du second ordre*, septième édition, Paris, Bachelier, 1826, 447 pp.

Benito Bails, *Elementos de matemática*, Madrid, Joachin Ibarra, 1772 – 1783, 11 vols.

Charles Goschler, *Traité pratique de L'entretien et de L'exploitation des chemins de fer*, deuxième édition, Paris, Librairie Polytechnique J. Baudry, Libraire – Éditeur, 5 vols.

Charles Viry, *Cours de mécanique pure et appliquée*, Paris, Victor Masson et Fils place de L'École de Médecine, 1870, 370 pp.

Claude Pouillet, *Éléments de physique expérimentale et de météorologie*, Paris, Chez Béchot Jeune, Libraire de L'Académie Royale de Médecine, 1827, 2 vols.

Colección de leyes, decretos, disposiciones, resoluciones y documentos importantes sobre caminos de fierro arreglada en el Archivo de la Secretaría de Fomento. Tomo I. Años de 1842 a 1870, México, Imprenta de Francisco Díaz de León, 1882, 1221 pp.

D. L. G. Karsten, *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes e ilustradas con notas*, tercera edición alemana traducida al castellano para el uso del Real Seminario de Minería por don Andrés Manuel del Río, México, D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1795 – 1805, 2 vols.

Daniel Palacios, *Apuntes para el constructor*, México, Imprenta de la Secretaría de Fomento, 1889, 65 pp.

_____, *Tratado práctico de calderas de vapor*, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1890, 87 pp.

De Volson Wood, *Treatise on the theory of the construction of bridges and roofs*, New York, John Wiley & Son Publishers, 1873, 249 pp.

E. Lavoigne y E. Pontzen, *Les chemins de fer en Amérique*, Paris, Dunod éditeur Libraire des Corps des Ponts et Chaussées et des Mines, 1880, 4 vols.

Edmond Bour, *Cours de mécanique et machines professé à L'École Polytechnique*, deuxième édition, Gauthiers – Villars, Imprimeur – Libraire du Bureau des Longitudes, de L'École Polytechnique, 1887, 319 pp.

Francisco Antonio Bataller, *Principios de física matemática y experimental*. Manuscrito, México, 1802, 4 vols.

Francisco Díaz Covarrubias, *Tratado de topografía y de geodesia. Con los primeros elementos de astronomía práctica*, México, Imprenta de Gobierno en Palacio [A cargo de José María Sandoval], 1868, 2 vols.

_____, *Elementos de análisis trascendente o cálculo infinitesimal: fundado en nuevos principios independientes de toda consideración de límites y de cantidades infinitesimales o evanescentes*, México, F. R. Castañeda y L. G. Rodríguez, 1873, 303 pp.

Francisco Grimaud, “Prólogo”, en J. B. Biot, *Tratado de física experimental*, traducido del francés por Francisco Grimaud de Velaunde, Madrid, Imprenta de Repullés, 1826, s/p.

Franz Reuleaux, *The kinematics of machinery. Outlines of a theory of machines*, London, Macmillan and Co., 1876, 622 pp.

Fred P. Spalding, *A textbook on roads and pavements*, New York, John Wiley & Sons, 1894, 213 pp.

G. Humbert, *Traité complet des chemins de fer*, Paris et Liège, Librairie Polytechnique, Baudry et C^{ie}, 1891, 3 vols.

H. Faye, *Cours d'astronomie de L'École Polytechnique*, Paris, Gauthier – Villar, Imprimeur – Librairie du Bureau des Longitudes, de L'École Polytechnique, 1883, 464 pp.

Humphry Davy, *Elements of agricultural chemistry in a course of lectures for the Board of Agriculture*, New York, Boston, Eastburn, Kirk & Co. : Ward & Lilly, 1815, 332 pp.

J. B. Biot, *Tratado de física experimental*, traducido del francés por Francisco Grimaud de Velaunde, Madrid, Imprenta de Repullés, 1826, 4 vols.

J. C. Chenu, *Manuel de Conchyliologie et de Paleontologie Conchyliologique*, Paris, Librairie Victor Masson, 1859, 2 vols.

J. Dejust, *Machines à vapeur et machines thermiques diverses*, Paris, Vve Ch. Dunod éditeur, 1899, 600 pp.

J. F. D'Aubuisson de Voisins, *Traité d'hydraulique à l'usage des ingénieurs*, seconde édition, Paris, Chez Pitois – Levrault, 1840, 644 pp.

J. J. Berzelius, *Traité de chimie*, traduit de l'allemand pour J. L. Jourdan, Paris, Firmin Didot Frères, Libraires – Éditeurs : J. B. Baillière, Libraire, 1829 – 1832, 6 vols.

J. Jariez, *Cours Élémentaire de Mécanique Industrielle, à l'usage des élèves des Écoles Royales D'Arts et Métiers*, Paris, Librairie Scientifique et Industrielle, 1847, 2 vols.

J. Maridet, *Calculs de voies ou application de la trigonométrie aux calculs des branchements traversées communications et raccordements des voies dans les gares*, Paris, J. Dejeu & Cie, Imprimeurs – Éditeurs de l'École Centrale des Arts et Manufactures de la Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers, 1876, 103 pp.

Joaquín Mier y Terán y Francisco M. de Chavero, *Curso Elemental de Matemáticas*, México, Imprenta de Andrade y Escalante, 1858, 2 vols.

José Garcés y Eguía, *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*, México, D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1802, 63 pp.

José Mariano Vallejo, *Tratado elemental de matemáticas*, segunda edición, Madrid, Imprenta Garrasataza, 1812 – 1817, 3 vols.

_____, *Compendio de matemáticas puras y mixtas*, Valencia, En la imprenta de Estévan, 1819, 2 vols.

Juan Justo García, *Elementos de aritmética, álgebra y geometría*, Madrid, Joachin Ibarra, 1782, 354 pp.

Julius Weisbach, *Lehrbuch der ingenieur und maschinen mechanik, mit den nöthigen hülfslehren aus der unalpfis für den unterricht an technischen lebransialten fomie um gabrauche für lechnife*, Braunschweig, Drud un Beriag von Friedrich Bieweg un Sohn, 1850, 2 vols.

L. B. Francœur, *A complete course of pure mathematics*, translated from the french by R. Blackelock, M. A., Cambridge, T. C. Hansard, 1829 – 1830, 2 vols.

L. Puissant, *Traité de géodésie, ou exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques*, deuxième édition, Paris, M^{me} V^e Courcier, Imprimeur – Libraire pour les Sciences, 1819, 2 vols.

Lavoisier, *Tratado elementa de química. Dispuesto en un orden nuevo según los descubrimientos modernos*, traducido al castellano para el uso del Real Seminario de Minería, México, D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1792, 2 vols.

Léon Coste y Auguste Perdonnet, *Mémoire sur les chemins à ornières de fer*, Paris, Bachelier, Libraire, 1830, 200 pp.

León Durand-Claye, *Cours de routes. Professé a L'École des Ponts et Chaussées. Dispositions d'une route – Étude et redaction des projets – construction – Entretien*, seconde édition revue et corrigée, Paris, Librairie Polytechnique : Baudry Et Cie, Libraires – Éditeurs, 1893, 606 pp.

Leopoldo Río de la Loza, *Introducción al Estudio de la Química. Conocimientos preliminares para facilitar el estudio de la ciencia*, segunda edición, México, Imprenta J. M. Lara, 1862, 96 pp.

Leveson Francis Vernon-Harcourt, *Harbors and docks their physical features, history, construction equipment, and maintenance with statistics as to their commercial development*, Oxford, At the Clarendon Press, 1885, 2 vols.

_____, *Rivers and canals, the flow, control, and improvement of rivers and the design, construction, and development of canals both for navigation and irrigation with statistics of the traffic on inland waterways*, second edition re-written and enlarged, Oxford, At the Clarendon Press, 1896, 2 vols.

Luis Robles Pezuela, *Memoria presentada a S. M. el Emperador*, México, Imprenta de J. M. Andrade y F. Escalante, 1866, 654 pp.

M. J Callon, *Cours de machines professés à L'École des Mines de Paris*, Paris, Dunod, Éditeur, 1873, 3 vols.

M. Mauduit, *Leçons de géometrie, théorique et pratique*, Paris, Didot et Bleuet, 1790, 542 pp.

Manuel Fernández Leal, *Hidromensura o medida del agua en los diversos casos que puedan presentarse. Precedida de las nociones indispensables de hidráulica*, segunda edición, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1891, 74 pp.

Manuel Siliceo, *Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y comercio de la República Mexicana*, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1857, 47 pp.

Mansfield Merriman and Henry S. Jacoby, *A textbook on roofs and bridges. Part III. Bridge design*, New York, John Wiley & Sons, 1894, 425 pp.

Mariano Bárcena, *Tratado de geología. Elementos aplicables a la agricultura a la ingeniería y a la industria*, México, Oficina Tipográfica De la Secretaría de Fomento, 1885, 435 pp.

Mary, *Cours de routes et ponts professé à L'École Centrale des Arts et Manufactures*, Paris, J. Dejeu & Cie, Imprimeurs-éditeurs : J. Baudry, Libraire-éditeur, 1873, 397 pp.

Minard, *Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux, professé à L'École des Ponts et Chaussées de 1832 à 1841*, Paris, Carilian – Gœury et Von Dalmont Éditeurs, 1841, 425 pp.

Nollet, *L'Art des expériences, ou avis aux amateurs de la physique*, Paris, Chez P. E. G. Durand : Neveu, Librairie, 1770, 3 vols.

O. Roux, *Routes et chemins vicinaux*, Paris, Vve Ch. Dunod Éditeur : Libraire des Ponts et Chaussées, des Mines et des Chemins de Fer, 1901, 579 pp.

P. A. Secchi, *Le soleil*, deuxième édition revue et augmentée, Paris, Gauthier Villars, Imprimeur Librairie, 1875 – 1877, 2 vols.

_____, *Les étoiles essai d'astronomie sidérale*, Paris, Librairie Germer Baillié et Cie, 1879, 2 vols.

Pascual Almazán, *Tratado sobre caminos comunes, ferrocarriles y canales*, México, Imprenta Literaria, 1865, 2 vols.

Perrot, *Album de mécanique. Principes élémentaires et applications à la construction des machines*, Paris, Chez Bernard Éditeur, 1859, 128 pp.

S. D. Poisson, *Traité de mécanique*, deuxième édition, Paris, Bachelier, Imprimeur – Libraire, 1833, 2 vols.

Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas de la República Mexicana, *Reseña sobre los principales ferrocarriles construidos en México. Formada por acuerdo del secretario del Ramo*, México, Oficina Impresora de Estampillas Tipografía, Palacio Nacional, 1892.

Tomas Ramón del Moral, *Curso elemental de Geodesia, para uso de los alumnos del Colegio Nacional de Minería*, México, Imprenta de Vicente García Torres, 1852, 240 pp.

Walter Loring Webb, *Railroad construction. Theory and practice. A textbook for the use of students in colleges and technical schools*, New York, John Wiley & Sons, 1900, 456 pp.

Wolcott C. Foster, *A treatise on wooden trestle bridges according to the present practice on American railroads*, second revised and enlarged edition, New York, John Wiley & Sons, 1897, 216 pp.

Fuentes secundarias

Arturo Grunstein Dickter, *Consolidados: José Yves Limantour y la formación de Ferrocarriles Nacionales de México*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 2012, 310 pp.

Brian J. Ford, *Images of Science. A history of scientific illustration*, New York, Oxford University Press, 1993, 208 pp.

Carlos Martín del Castillo (ed.), *La construcción de un país. Historia de la ingeniería civil mexicana*, México, Colegio de Ingenieros Civiles de México : Instituto Politécnico Nacional, 2007, 309 pp.

Charles R. Day, *Education for the industrial world. The École D'Arts et Métiers and the rise of french industrial engineering*, Cambridge, Mass : The Massachusetts Institute of Technology Press, 1987, 305 pp.

Diderot y D'Alembert, *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Berne, Lausanne : Sociétés Typographiques, 1751 – 1772, 28 vols.

Elisa García Barragán, *Dibujo y grabado en los siglos XIX y XX*, Madrid, Muralla, 1982, 41 pp.

E. H. Gömbrich, *The uses of images. Studies in the social function of art and visual communication*, London, Phaidon, 1999, 304 pp.

Federico Lazarín Miranda, “Enseñanzas propias de su sexo. La educación técnica de la mujer, 1871 – 1932”, en María Adelina Arredondo (coord.), *Obedecer, servir y resistir. La educación de las mujeres en la historia de México*, México, Universidad Pedagógica Nacional : M. A. Porrúa, 2003, pp. 249 – 277.

Fernando Aguayo, *Estampas ferrocarrileras: fotografía y grabado 1860 – 1890*, México, Editorial Mora, 2003, 165 pp.

_____, Isabel Bonilla, et. al., *La construcción de los ferrocarriles en México. Una propuesta del ingeniero Santiago Méndez y Méndez*, México, Dirección General de Publicaciones : Centro Nacional para la Preservación del Patrimonio Cultural Ferrocarrilero, 2015, 206 pp.

Francis D. Klingender, *Arte y revolución industrial*, Madrid, Ediciones Cátedra S. A., 1983, 310 pp.

Francisca Pérez Carreño, *Los placeres del parecido. Ícono y representación*, Madrid, Visor, 1988, 209 pp.

Francisco Garma Franco, *Railroads in Mexico. An Illustrated History*, Denver, Colorado, Sundance Publications Ltd., 1985, 2 vols.

Francisco Omar Escamilla González, “Orígenes de la carrera de Ingeniería Mecánica en México y el Laboratorio de Máquinas Térmicas, hoy Salón Bicentenario: 1867 – 1924”, en *200 años del Palacio de Minería: su historia a partir de fuentes documentales*, México, Universidad Nacional Autónoma de México : Facultad de Ingeniería, 2013, pp. 404 – 449.

Guillermo Guajardo Soto, “El desarrollo del sistema ferroviario y la formación de ingenieros en México, 1867 – 1926”, en María Luisa Rodríguez Sala y José Omar Moncada Maya (coords.), *La cultura científico – tecnológica en México: nuevos materiales multidisciplinarios*, México, Universidad Nacional Autónoma de México : Instituto de Investigaciones Sociales, 1995, pp. 123 – 138.

Hugo Rivera y Juan José Saldaña, “La ‘milicia del progreso’. Arte y técnica en la enseñanza moderna de la arquitectura en México (1857 – 1867)”, en Juan José Saldaña (coord.), *La casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*, México, Facultad de Filosofía y Letras : Dirección General de Asuntos del Personal Académico : Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 83 – 104.

Inmaculada López Vílchez, “Métodos gráficos y técnicas en el dibujo científico”, en Lino Cabezas e Inmaculada López Vílchez (coords.), *Dibujo científico. Arte y naturaleza, ilustración científica, infografía, esquemática*, Madrid, Ediciones Cátedra, 2016, pp. 197 – 227.

_____, “Una introducción al dibujo científico”, en Lino Cabezas e Inmaculada López Vílchez (coords.), *Dibujo científico. Arte y naturaleza, ilustración científica, infografía, esquemática*, Madrid, Ediciones Cátedra, 2016, pp. 13 – 42.

Jesús Ávila Galinzoga (coord.), *La educación técnica en México desde la Independencia, 1810 – 2010*, México, Instituto Politécnico Nacional : Presidencia del Decanato, 2011, 3 vols.

John B. Thompson, *Ideología y cultura moderna. Teoría crítica social en la era de la comunicación de masas*, México, Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, 2002, 479 pp.

Joly Martine y Marina Malfé, *Introducción al análisis de la imagen*, Buenos Aires, Ediciones La Cuadrícula, 2009, 176 pp.

Jonathan Crary, *Techniques of the Observer. On vision and modernity in the nineteenth century*, Cambridge, Massachusetts, The M.I.T. Press, 1990, 171 pp.

José N. Iturriaga, *Litografía y grabado en el México del XIX*, México, Inversora bursátil, 1993, 2 vols.

José Ortega y Gasset, "Meditación de la técnica" en *Obras Completas. Tomo V (1933 – 1941)*, sexta edición, Madrid, Revista de Occidente, 1964, pp. 319 – 375.

Juan José Saldaña, *Las revoluciones políticas y la ciencia en México*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2010, 2 vols.

Juana Zahar Vergara, *Historia de las librerías de la ciudad de México. Evocación y presencia*, México, Universidad Nacional Autónoma de México : Plaza y Valdés, 2000, 134 pp.

Lagdon Winner, *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, Barcelona, Editorial Gedisa S. A., 2008, 186 pp.

Laura Beatriz Suárez de la Torre (coord.), *Empresa y cultura en tinta y papel (1800 – 1860)*, México, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora : Universidad Nacional Autónoma de México, 2001, 662 pp.

Laura Suárez de la Torre (coord.), *Constructores de un cambio cultural: impresores-editores y libreros en la ciudad de México 1830 – 1855*, México, Instituto de Investigaciones José María Luis Mora, 2003, 554 pp.

Leonor Ludlow (coord.), *Los ferrocarriles mexicanos: en el arte y en la historia*, México, Ferrocarriles Nacionales, 1994, 303 pp.

Lucien Febvre y Henri Jean Martin, *L'apparition du livre*, Paris, Albin Miche, 1958, 557 pp.

Luz Carregha Lamadrid, *¡Ahí viene el tren! Construcción de los ferrocarriles en San Luis Potosí durante el porfiriato*, México, El Centauro, 2014, 260 pp.

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)”, en Ramos Lara y Rodríguez Benítez (coords.), *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades – Universidad Nacional Autónoma de México : Universidad Autónoma de Sinaloa, 2007, pp. 21 – 46.

_____ y Rigoberto Rodríguez Benítez, “Introducción”, en María de la Paz Ramos Lara y Rigoberto Rodríguez Benítez (coords.), *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades – Universidad Nacional Autónoma de México : Universidad Autónoma de Sinaloa, 2007, pp. 7 – 20.

_____, *Vicisitudes de la ingeniería en México (Siglo XIX)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México : Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, 2012, 223 pp.

María Estela Eguiarte Sakar (comp.), *Hacer ciudadanos. Educación para el trabajo manufacturero en el s. XIX en México*, México, Universidad Iberoamericana, 1989, 187 pp.

_____, “Historia de una utopía fabril: la educación para el trabajo en el siglo XIX”, en Armando Alvarado, Guillermo Beato, *et. al.*, *La participación del Estado en la vida económica y social mexicana, 1767 – 1910*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1993, pp. 273 – 314.

Marina Garone Gravier, *Historia de la Imprenta y la Tipografía Colonial en Puebla de los Ángeles (1642 – 1821)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México : Instituto de Investigaciones Bibliográficas, 2018, 275 pp.

Matthias Bruhn, “Beyond the icons of knowledge: artistic styles and the art history of scientific imagery”, en Horst Bredekamp, Vera Dünkel, and Birgit Schneider (eds.), *The*

technical image. A history of styles in scientific imagery, Chicago, The University of Chicago Press, 2015, pp. 36 – 45.

Mauricio Tenorio Trillo, *Artificio de la nación moderna. México en las exposiciones universales, 1880 – 1930*, México, Fondo de Cultura Económica, 1998, 409 pp.

Miguel Núñez y Juan José Saldaña, “Física para ciudadanos: enseñanza y divulgación de la física en la Escuela Nacional Preparatoria en el último tercio del siglo XIX”, en Juan José Saldaña (coord.), *La casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*, México, Facultad de Filosofía y Letras : Dirección General de Asuntos del Personal Académico : Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 105 – 133.

Néstor García Canclini, *Diferentes, desiguales y desconectados. Mapas de la interculturalidad*, Barcelona, Editorial Gedisa S. A., 2005, 223 pp.

Nicolás Mirzoeff, *Una introducción a la cultura visual*, Barcelona, Paidós, 2003, 378 pp.

Olivier Debrouse, *Fuga mexicana. Un recorrido por la fotografía en México*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili S.A., 2005, 380 pp.

Patricia Anderson, *The printed image and the transformation of popular culture 1790 – 1860*, Oxford, Clarendon Press, 1991, 211 pp.

Paolo Riguzzi, “Los caminos del atraso: tecnología, instituciones e inversión en los ferrocarriles mexicanos, 1850 – 1950”, en Sandra Kuntz y Paolo Riguzzi (coords.), *Ferrocarriles y vida económica en México (1850 – 1950). Del surgimiento tardío al decaimiento precoz*, México, El Colegio Mexiquense : Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco : Ferrocarriles Nacionales de México, 1996, pp. 38 – 39.

Paul Garner, *Leones británicos y águilas mexicanas. Negocios política e imperio en la carrera de Weetman Pearson en México. 1889 – 1919*, trad. De Mario A. Zamudio Vega, México, Fondo de Cultura Económica, El Colegio de México, El Colegio de San Luis, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, 2013, 419 pp.

Paulina Deschamps Ramírez, *Los estudios de física y sus instrumentos en la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, siglo XIX*, Tesis de Licenciatura en Historia, Asesora María de la Paz Ramos Lara, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, 2010, 177 pp.

Ricardo Moreno Botello, *La Escuela del Proletariado. Ensayo histórico sobre la educación técnica industrial en México, 1876 – 1938*, México, Universidad Autónoma de Puebla : Instituto Politécnico Nacional, 1987, 214 pp.

Roland Barthes, *La cámara lúcida*, Barcelona, Ediciones Paidós, 1989, 144 pp.

Sandra Kuntz Ficker, *Empresa extranjera y mercado interno: el Ferrocarril Central Mexicano, 1880 – 1907*, México, El Colegio de México : Centro de Estudios Históricos, 1995, 391 pp.

_____ y Priscilla Connolly (coords.), *Ferrocarriles y obras públicas*, México, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, 1999, 259 pp.

Teresa Matabuena Peláez, *Algunos usos y conceptos de la fotografía durante el Porfiriato*, México, Universidad Iberoamericana, 1991, 166 pp.

Victorino Zeccheto, *La danza de los signos. Nociones de semiótica general*, Quito, Ediciones Abya – Yala, 2002, 246 pp.

W. M. Ivins Jr., *Prints and visual communication*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1953, 190 pp.

Walter Benjamin, *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*, 2003, Editorial Ítaca, México, 127 pp.

Hemerografía

Alain Choppin, “Le Manuel scolaire, une fausse evidence historique”, en *Histoire de L’Education*, Núm. 117, 2008, Francia, pp. 7 – 56.

Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1898, Tomo VIII, 351 pp.

Araceli Puanta, “Fotografía para trazar trayectos”, en *Revista Alquimia. Sistema Nacional de Fototecas*, Año 22, Núm. 65, enero – abril 2019, México, pp. 4 – 5.

Arturo Grunstein Dickter, “A un siglo de la consolidación: nueva evidencia documental sobre el nacionalizamiento de los Ferrocarriles Nacionales de México”, en *Mirada Ferroviaria*, Revista Digital, Núm. 6, septiembre – diciembre 2008, México, pp. 3 – 27.

Arturo Valencia Islas, “Los trabajadores ferroviarios mexicanos de la Colección Archivo Casasola”, en *Revista Alquimia. Sistema Nacional de Fototecas*, Año 22, Núm. 65, enero – abril 2019, México, pp. 47 – 64.

Covadonga Vélez Rocha, “Registro fotográficos de las compañías ferroviarias en México”, en *Mirada Ferroviaria*, Revista Digital, Núm. 5, mayo – agosto 2008, México, pp. 23 – 35.

Dirk Bühler, “La construcción del Ferrocarril Mexicano (1837 – 1873). Arte e ingeniería”, en *Boletín de Monumentos Históricos*, Tercera época, Núm. 18, enero – abril 2010, México, pp. 78 – 95.

Fernando Aguayo Hernández, “Las imágenes de la estación del Ferrocarril Mexicano en Orizaba, 1872 – 1910”, en *Mirada Ferroviaria, Revista Digital*, Núm. 9, septiembre – diciembre 2009, México, pp. 3 – 12.

Fernando Aguayo, “Grandes problemas, extraordinarias fotografías. Los ferrocarriles mexicanos en el siglo XIX”, en *Revista Alquimia. Sistema Nacional de Fototecas*, Año 22, Núm. 65, enero – abril 2019, México, pp. 28 – 46.

Fernando García – Córdoba, “La tecnología, su conceptualización y algunas reflexiones con respecto a sus efectos”, en *Metodología de la ciencia. Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación, A. C.*, Año 2, Vol. 2, Núm. 1, enero – junio de 2010, México, pp. 13 – 28.

Henry Petrosky, “El Ingeniero civil en su 150 aniversario”, en *Ingenierías*, Vol. V, Núm. 17, octubre – diciembre 2002, México, pp. 7 – 13.

Hernán Thomas, “Los estudios sociales de la tecnología en América Latina” en *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, Núm. 37, mayo 2010, Quito, pp. 35 – 53.

Ian Quallenberg Menkes, “La diferencia entre tecnología y ciencia”, en *Iberofórum. Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, Año VII, Núm. 14, julio – diciembre 2012, México, pp. 231 – 255.

Isabel Bonilla Galindo, “Un ingeniero mexicano. La obra de Santiago Méndez”, en *Mirada Ferroviaria*, Tercera época, Núm. 7, enero – abril 2009, México, pp. 30 – 40.

_____, “Concesiones ferroviarias que se otorgaron de 1909 a 1925”, en *Mirada Ferroviaria, Revista Digital*, Núm. 12, septiembre – diciembre 2010, México, pp. 44 – 51.

Juan José Saldaña e Inés Rojas Herrera, “La enseñanza práctica de la agricultura científica en México en el siglo XIX” en *Quipu. Revista latinoamericana de historia de las ciencias y la tecnología*, Vol. 16, Núm. 1, enero – abril 2014, México, pp. 115 – 148.

Leticia Reina, “El ferrocarril de Tehuantepec. Un sueño para conectar los dos océanos, siglo XIX”, en *Revista Alquimia. Sistema Nacional de Fototecas*, Año 22, Núm. 65, enero – abril 2019, México, pp. 6 – 27.

Mílada Bazant, “La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el Porfiriato”, en *Historia Mexicana*, Vol. 33, Núm. 3, enero – marzo 1984, México, pp. 254 – 297.

Milton Vargas, “El ‘logos’ de la técnica”, en *Quipu. Revista latinoamericana de historia de las ciencias y la tecnología*, Vol. 6, Núm. 1, enero – abril 1989, México, pp. 17 – 32.

Patricio Juárez Lucas, “Los ferrocarriles y el maderismo: 1910 – 1913” en *Mirada Ferroviaria, Revista Digital*, Núm. 16, enero – abril 2012, México, pp. 25 – 31.

Revista de la Instrucción Pública Mexicana, Tomo I, Núm. 21, enero 15 de 1897, México, pp. 641 – 672.

W. J. T. Mitchell, “Mostrando el ver: una crítica de la cultura visual”, en *Estudios Visuales*, Núm. 1, noviembre 2003, España, pp. 17 – 40.

Tesis

Arturo Aguilar Ochoa, *La litografía en la ciudad de México, los años decisivos: 1827 – 1847*, Tesis de Doctorado en Historia del Arte, Asesor Aurelio de los Reyes García Rojas, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2001, 317 pp.

Beatriz Eugenia Malagón Girón, *La fotografía de Winfield Scott. Entre la producción comercial y la calidad estética de la fotografía*, Tesis de Doctorado en Historia del Arte, Asesor Karen Cordero, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2003, 451 pp.

Brenda Verónica Ledesma Pérez, *Técnica y géneros fotográficos en transición. Fotografía e instantaneidad (1871 – 1900)*, Tesis de Maestría en Historia del Arte, Asesor Laura González, Rebeca Monroy y José Antonio Rodríguez, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2013, 53 pp.

Carlos Ortega Ibarra, *La enseñanza técnica en México para inventar una nación industrial, 1900 – 1917*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Juan José Saldaña, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2008, 142 pp.

Cristián Miguel Rosas Iñiguez, *La educación de médicos e ingenieros en la Reforma educativa de la ciudad de México, 1833 – 1834*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Rosalina Ríos, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2015, 196 pp.

Edgar Omar Rodríguez Camarena, *Desarrollo de la carrera de ingeniería civil en México. Desde su creación hasta las primeras décadas del siglo XX*, Tesis de Ingeniería Civil, Asesora María de la Paz Ramos Lara, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2010, 216 pp.

Emma Yanes Rizo, *Vida y muerte de “Fidelita”, la novia de Acámbaro: Una historia social de la tecnología de los años cuarenta: el caso de los Ferrocarriles Nacionales de México*, Tesis de Licenciatura en Historia, Asesor Juan José Saldaña, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1988, 434 pp.

_____, *Historia de la comunidad tecnológica ferroviaria en México (1850 – 1950)*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Juan José Saldaña, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1998, 554 pp.

Fernando Aguayo Hernández, *La técnica ferrocarrilera: logros y límites en el Distrito Federal, 1857 – 1873*, Tesis de Licenciatura en Historia, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, 1994, 259 pp.

Guadalupe Urbán Martínez, *Fertilizantes químicos en México (1843 – 1914)*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Juan José Saldaña, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2005, 228 pp.

Guillermo Guajardo Soto, *Ferrocarriles, educación técnica e industria metalúrgica en México: Desarrollos y frustraciones, 1873 – 1925*, Tesis de Maestría en Estudios Latinoamericanos (Historia), Asesor Juan José Saldaña, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1995, 268 pp.

Jaime Fisher y Salazar, *El hombre y la técnica: Hacia una filosofía política de la ciencia y la tecnología*, Tesis de Filosofía de la Ciencia, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2008, 279 pp.

Lucero Morelos Rodríguez, *Ciencia, estado y científicos. El desarrollo de la geología mexicana a través del estudio de los ingenieros Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena (1843 – 1902)*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor José Omar Moncada Maya, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2010, 348 pp.

Marcela Valdivieso Cruz, *El Ferrocarril Nacional de Tehuantepec: actores y factores 1890 – 1914*, Tesis de Licenciatura en Historia, Asesor José Galindo Rodríguez, Facultad de Historia, Universidad Veracruzana, Xalapa, 2015, 140 pp.

María Amanda Cruz Márquez, *La enseñanza del dibujo científico y técnico en México, 1821 – 1910*, Tesis de Maestría en Historia, Asesor Juan José Saldaña, Facultad de Filosofía y Letra, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2009, 185 pp.

María de la Paz Ramos Lara, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, Tesis de Maestría en Ciencias (Física), Asesor Juan José Saldaña, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1991, 140 pp.

Maribel Ahuatzin Pérez, *Fotografía en ciencias: aplicación a la botánica*, Tesis de Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual, Asesor Benjamín Sánchez Correa, Escuela Nacional de Artes Plásticas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2005, 145 pp.

Martha González Cercas, *Los libros de texto en la enseñanza de la ingeniería química*, Tesis de Ingeniería Química, Asesor Antonio Valiente Barderas, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1998, 111 pp.

Pablo Ignacio Jofré López, *Las tesis de historia de la ciencia y la tecnología de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, 1973 – 2010*, Tesis de Licenciatura en Historia, Asesora Guadalupe Urbán, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2014, 346 pp.