

Link E-book Trabajo de Grado

Asesor: Carlos Augusto Rodríguez Martínez

Nombres:

Código:

Brayan Alexis Zamudio Cifuentes 2020101035



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL

Nombre del trabajo:

TECNO-HISTORIA: LA INTRODUCCIÓN DE UN MATERIAL
Y LA TRANSFORMACIÓN DE UN PUEBLO

Monografía

Para acceder al formato E-book se puede desde el enlace adjunto en la parte inferior.

Enlace de la Entrega final:

Informe

<https://read.bookcreator.com/X127nEBpeChGEjTyvVYev6W4gFT2/w6CgTllvRu-wQqb1XETLmg>



Nota: No se requiere crear una cuenta u otro medio para acceder al enlace.

Adjunto se encuentra el documento en PDF

TECNO- HISTORIA

LA INTRODUCCIÓN
DE UN MATERIAL Y LA
TRANSFORMACIÓN DE
UN PUEBLO





UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN DISEÑO TECNOLÓGICO

TECNO-HISTORIA: LA INTRODUCCIÓN DE UN MATERIAL
Y LA TRANSFORMACIÓN DE UN PUEBLO
Monografía

Autor

Brayan Alexis Zamudio Cifuentes

Asesor

Carlos Augusto Rodríguez Martínez

Bogotá, D. C.
2026



Agradecimientos



A mi padre, por confiar en mí incluso cuando yo mismo dudaba del camino a seguir.

A mi madre, por cargarme desde el primer día, sosteniéndome cuando más lo necesité.

A Julián Bustos y Sergio Alejandro Torres, mis mejores amigos de la Universidad. A Julián le debo gran parte de mi fuerza y mi ánimo para no rendirme; su apoyo ha sido invaluable en este proceso. Sergio ha estado conmigo desde el primer día de clases y nunca ha perdido la fe en mí; un gran amigo que ha acompañado cada etapa de este camino.

Índice de figuras.....	5
Introducción	8
Capítulo 1. Antecedentes históricos y la necesidad del hierro	16
Antecedentes históricos	17
La necesidad del hierro: del interés económico-político a la necesidad técnica y tecnológica	25
Del interés a la fundación de fábricas de metalurgia moderna con ayuda extranjera	28
Visión de artesanos, empresarios, ingenieros y maestros ante la introducción del hierro	29
¿Por qué la metalurgia se convirtió en la "fábrica entre fábricas"? ¿Por qué Samacá fue la más resiliente?	31
Capítulo 2. Las tres ferrerías en la búsqueda de una siderurgia colombiana	34
Historia de la Ferrería de La Pradera (Cundinamarca, 1858)	36
Historia de la Ferrería de Pacho (Cundinamarca, 1823)	40
Historia de la Ferrería de Samacá (Boyacá, 1883)	44
Los cinco productos tecnológicos evidenciados en las ferrerías colombianas del siglo XIX	48
Artefacto	48
Proceso	50
Servicio	52
Sistema	53
Nuevo conocimiento	54
Línea de tiempo cronológica de las tres ferrerías (1814-1911)	55

Capítulo 3. Los cinco productos tecnológicos desde la perspectiva social	63
El artefacto como hecho social	68
El proceso como hecho social	70
El servicio como hecho social	71
El sistema como hecho social	71
El nuevo conocimiento como hecho social	73
La tecnología que transformó y fue transformada	75
El caso colombiano: las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá	77
La necesidad histórica de la formación técnica	79
Conclusiones	85
Cartografía Histórica	89
Biblioteca digital Educativa	89
Bibliografía	90
Bibliografía de imágenes	94
Glosario de términos	96

Índice de figuras

Figura 1. Croquis de la ciudad de Santafé de Bogotá y sus inmediaciones (1797)

..... 18

Cabrer, C. F. (1797). Croquis de la ciudad de Santafé de Bogotá y sus inmediaciones [Mapa]. Tejiendo la Ciudad.

<https://tejiendolaciudadblog.wordpress.com/1797-carlos-cabrer/>

Figura 2. Los Estados Unidos de Colombia (1883)

..... 20

Biblioteca Virtual del Banco de la República. (s.f.). [Título sin confirmar] [Imagen]. Colección Cartografía Histórica.

<https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll13/id/18/>

Figura 3. Transporte por vapor en el río Magdalena y el río Cauca 22

Valenzuela A., M. T. (s.f.). A vapor, transporte por el río Magdalena [Fotografía]. Casillero de Letras, El Colombiano.

<https://www.elcolombiano.com/blogs/casillerodeletras/vapores-medellin-transporte-por-rio/15115>

Figura 4. Ilustraciones sobre el avance del ferrocarril de la época (1)..... 27

Monsalve, D. (1927). Colombia cafetera. Artes Gráficas.

(Digitalización: Biblioteca Virtual del Banco de la República).

<https://www.cervantesvirtual.com/obra/colombia-cafetera-860426/>

Figura 5. Ilustraciones sobre el avance del ferrocarril de la época (2)

..... 27

*Monsalve, D. (1927). Colombia cafetera. Artes Gráficas. (Digitalización: Biblioteca Virtual del Banco de la República).
<https://www.cervantesvirtual.com/obra/colombia-cafetera-860426/>*

Figura 6. Instalaciones de La Pradera (1898)

38

*Archivos BLAA. (1898). Instalaciones de la Pradera [Fotografía]. Como se reproduce en Bohórquez, R. (2010). Subchoque: Apuntes de historia.
<https://ruborpuebloscundinamarca.blogspot.com/2010/04/subchoque.html>*

Figura 7. Museo Parque La Ferrería, Subchoque, Cundinamarca

..... 39

*Municipios.com.co. (s.f.). Museo Parque La Ferrería, Subchoque, Cundinamarca [Fotografía].
<https://www.municipios.com.co/sitio/1717/museo-parque-la-ferreria>*

Figura 8. Antigua Ferrería de Pacho. Panorama

..... 42

Biblioteca Virtual del Banco de la República. (s.f.). [Antigua Ferrería de Pacho. Panorama] [Fotografía]. Colección fotográfica Gumersindo Cuéllar.

<https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll19/id/1197/rec/2>

Figura 9. Antigua Ferrería de Pacho. Ruinas

42

Biblioteca Virtual del Banco de la República. (s.f.). [Antigua Ferrería de Pacho. Ruinas] [Fotografía]. Colección fotográfica Gumersindo Cuéllar. <https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll19/id/1181/rec/3>

Figura 10. Ferrería de Pacho, Cundinamarca (condición actual)

..... 43

Agofer S.A.S. (2023, 17 de julio). Ferrería de Pacho, Cundinamarca [Entrada de blog]. Somos Acero. <https://www.agofer.com.co/ferreria-de-pacho-cundinamarca>

Figura 11. Pintura al óleo, fábrica de Samacá

46

Arqueología Industrial en Colombia. (s.f.). Ferrería de Samacá [Fotografías]. Fábricas de Cambio. <https://arqueologiaindustr.wixsite.com/fabricasdecambio/ferrera-de-samaca->

Figura 12. Aviso de prensa de la Compañía de Samacá

46

López, E. (1921). Almanaque de los hechos colombianos, 1921-1922 (Vol. 4). Casa Editorial y Talleres de Fotograbado de Arboleda & Valencia.

Figura 13. Fotografía de las ruinas de Samacá

47

Arqueología Industrial en Colombia. (s.f.). Ferrería de Samacá [Fotografías]. Fábricas de Cambio. <https://arqueologiaindustr.wixsite.com/fabricasdecambio/ferrera-de-samaca->

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación pertenece al ámbito de la Historia de la Tecnología y se orienta fundamentalmente a entender los procesos técnicos y tecnológicos en la historia de Colombia, y de esa manera contribuye a la formación de los docentes desde una perspectiva socio-histórica y crítica. El reconocimiento de que la tecnología no es un conjunto de herramientas, métodos o procedimientos neutros, sino que constituye una práctica social organizadora de las relaciones de poder, trabajo, conocimiento y de las relaciones de la sociedad con la naturaleza, es central en este estudio. En este sentido, el estudio de la metalurgia del hierro en Colombia entre 1880-1920 hace posible analizar cómo la introducción de técnicas modernas fue una manera de modernizar selectiva y excluyente, al establecer o modificar las relaciones sociales sin tener como efecto inmediato un desarrollo industrial autónomo e inclusivo.

La investigación se detiene en el estudio de los procesos y experiencias de las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá, que constituyen los intentos de transferencia tecnológica más destacables en el campo de la metalurgia del hierro en el siglo XIX y principios del XX colombiano. Su análisis revela las tensiones entre las expectativas de soberanía técnica, las limitaciones estructurales de un orden diferente y las condiciones sociales, educativas y culturales que marcaron el desarrollo de una industria metalúrgica en el ámbito nacional.

Este trabajo se aborda desde una mirada histórico-crítica, es decir, no se limita a narrar cronológicamente lo que pasó con el hierro en Colombia, sino que busca entender por qué pasó así y qué relaciones de poder, de trabajo y de conocimiento quedaron detrás de esos hechos. Esta mirada se articula con las cinco categorías de productos tecnológicos —artefacto, proceso, servicio, sistema y nuevo conocimiento—, que sirven como una guía para organizar y analizar cada ferrería, permitiendo pasar de la simple descripción técnica a una comprensión de cómo esos productos tecnológicos reflejan y reproducen relaciones sociales, de exclusión y de desigualdad.

Para poder llegar a este nivel de análisis, se tuvo en cuenta la consulta de fuentes primarias, es decir, los documentos propios de las ferrerías (como el Estudio Arqueológico de la Ferrería de Samacá y los registros censales de 1825 y 1851), y de fuentes secundarias, correspondientes a los historiadores y teóricos que han estudiado la técnica y la industrialización colombiana. A partir de esta consulta se construyó la cartografía del proceso estudiado, realizando un análisis de los instrumentos y las técnicas que permitieron caracterizar cada una de las cinco categorías en las tres ferrerías.

Para desarrollar este análisis, la investigación se propone el siguiente objeto de estudio:

Analizar cómo la extracción y transformación del hierro generó avances técnicos y tecnológicos que, a su vez, propiciaron cambios en los métodos de construcción, relaciones de poder y en la formación de áreas tecnológicas en el marco social de Colombia hacia finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX

De este objeto de estudio se desprenden los siguientes objetivos específicos:

Reconstruir los antecedentes sociohistóricos que, entre el Virreinato de la Nueva Granada y la Regeneración, transformaron el hierro de un bien importado en una necesidad estructural para la república, a partir del análisis de las visiones de artesanos, empresarios e ingenieros, así como de las condiciones políticas y económicas de la época (Cap. 1).

Caracterizar la evolución de las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá a partir de las cinco categorías de productos tecnológicos —artefacto, proceso, servicio, sistema y nuevo conocimiento—, con énfasis en sus aspectos técnicos, sociales, productivos y educativos (Cap. 2).

Analizar la dimensión social de las cinco categorías estudiadas, para comprender cómo cada una se constituyó en un mecanismo de reorganización de las relaciones de poder, de exclusión en la producción de conocimientos técnicos y de reproducción de desigualdades estructurales, así como sus repercusiones pedagógicas para la educación tecnológica en Colombia (Cap. 3).

Existe una estrecha relación entre el objeto de estudio y la investigación planteada, en la medida en que esta última surge directamente de la necesidad de comprender dicho objeto: el proceso de introducción de técnicas modernas de producción siderúrgica en las herrerías de Pacho, La Pradera y Samacá, y su relación con las transformaciones sociales, productivas y educativas del país entre 1880 y 1920. Como consecuencia de esta relación, el objetivo general de la investigación se deriva directamente del objeto de estudio.

Este trabajo se estructuró en tres capítulos, que responden a una lógica progresiva e integradora respecto del objeto de estudio.

El primer capítulo se expone el contexto histórico poniendo especial énfasis en las condiciones sociales materiales y culturales del país. En él se hace la reconstrucción de los antecedentes socio-históricos que, en un periodo comprendido entre el Virreinato de la Nueva Granada y la Regeneración, transformaron el hierro, desde un bien importado hasta la producción local esto es, la satisfacción de una necesidad estructural para la república.

Dando cuenta del tránsito de una dependencia técnica absoluta hacia la aspiración de tener una capacidad siderúrgica propia; es aquí donde se procura el análisis de las visiones de artesanos, empresarios e ingenieros en torno de la llegada del hierro y, en el mismo sentido, de las condiciones políticas y económicas que definieron el lugar del hierro en los proyectos de modernización que emergieron en el siglo XIX.

El segundo capítulo está orientado al estudio de las tres ferrerías escogidas y presenta un análisis extensivo de la evolución de las “industrias” de Pacho, La Pradera y Samacá, así como una caracterización de sus trayectorias, poniendo énfasis en los aspectos técnicos, sociales, productivos y educativos. Para ello, se utiliza como herramienta de análisis las cinco categorías de los productos tecnológicos —artefacto, proceso, servicio, sistema y nuevo conocimiento— para ayudar a organizar la trayectoria histórica y hacer visibles las tensiones entre la transmisión de saberes foráneos y las condiciones locales que presentaba cada experiencia.

El tercer capítulo se dirige hacia la dimensión social de las mismas categorías; se ocupa de entender cómo se constituyó cada uno de los cinco productos tecnológicos en un mecanismo de reorganización de las relaciones de poder, de exclusión en la producción de conocimientos técnicos y de reproducción de desigualdades estructurales. Este capítulo entrelaza los hallazgos extraídos de los capítulos precedentes a la vez que reflexiona sobre las repercusiones

pedagógicas del proceso histórico estudiado, conectando directamente los retos actuales de la educación tecnológica en Colombia.

Dicha estructura permite transitar desde una mirada histórica y contextual (capítulo 1) hasta la realización de un análisis técnico-empírico de casos concretos (capítulo 2), pasando por una comprensión crítica de las implicaciones pedagógicas y sociales del fenómeno abordado (capítulo 3). Por esta razón, el trabajo articula la exigencia del análisis histórico con las inquietudes formativas que son propias de la Licenciatura en Diseño Tecnológico.

La decisión de trabajar con las cinco categorías de productos tecnológicos —artefacto, proceso, servicio, sistema y nuevo conocimiento— proviene directamente de las directrices dispuestas en la legislación oficial del Ministerio de Educación Nacional. Las categorías son parte de los referentes teóricos de la educación en tecnología y permiten hablar de los productos tecnológicos como algo que es mucho más que su componente técnico. Se entiende que los productos tecnológicos, en tanto construcciones sociales, permiten evidenciar las relaciones de poder, las formas de organización del trabajo y la distribución (o concentración) del conocimiento. Esta aplicación del marco a las ferrerías colombianas se articula con las Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática (MEN, 2022) y con los documentos de competencias TIC para el desarrollo profesional docente (MEN, 2013), que insisten en la necesidad de formar docentes capaces de entender la tecnología en sus dimensiones históricas, sociales, éticas y políticas, cuestiones que quedan invisibilizadas frente a visiones puramente instrumentalistas.

La forma de trabajar con las categorías elegidas también permite relacionar el análisis del caso histórico con los propósitos formativos de la Licenciatura en Diseño Tecnológico de la Universidad Pedagógica Nacional, que busca que los educadores del futuro puedan mirar críticamente el hecho técnico que configura y, a la vez, es configurado por las estructuras sociales.

El fundamento de esta investigación responde a las directrices del Proyecto Curricular de la Licenciatura en Diseño Tecnológico de la Universidad Pedagógica Nacional, que hace parte del Departamento de Tecnología de la Facultad de Ciencia y Tecnología. Dicho proyecto articula su propuesta formativa de manera tal que, después de ser formados, los educadores sean capaces de reflexionar sobre la tecnología en sus dimensiones históricas, sociales, culturales y éticas. En este sentido, el nuevo pénsum académico ha incluido de manera más explícita la Historia de la Tecnología, identificando la necesidad de que los futuros educadores se valgan de herramientas conceptuales que les permitan estudiar la manera en que las prácticas técnicas se insertan en determinados contextos de poder y cómo puede realizarse la transformación social. Precisamente a este fin responde este trabajo, al proveer un estudio riguroso acerca de un capítulo poco estudiado de la historia tecnológica colombiana.

Adicionalmente, esta investigación se concibe como una posible vía de aportación a la construcción de recursos didácticos. El análisis de las ferrerías desde las cinco categorías de productos tecnológicos puede servir de base a una posible producción de materiales didácticos, un eventual e-book, estructuras en 3D, líneas del tiempo y cartografías, orientadas a facilitar procesos de enseñanza en el área de Tecnología, tanto en el nivel superior como en los niveles de educación básica y media.



Imagen de elaboración propia con apoyo de inteligencia artificial generativa (ChatGPT, OpenAI).*

CAPÍTULO I

La introducción del material



El presente capítulo reconstruye los antecedentes sociohistóricos que, transformaron el hierro de un bien de lujo importado en una necesidad nacional y, posteriormente, en la fábrica de fábricas. A través de una mirada retrospectiva desde el Virreinato de la Nueva Granada hasta la Regeneración de Rafael Núñez y Miguel Antonio Caro, se analiza cómo las condiciones coloniales, republicanas y liberales radicales condicionaron el uso de materiales férreos y, con ellos, las relaciones de poder, los saberes técnicos y las formas de habitar el territorio colombiano.

En primer lugar, el lector se encontrará con cuatro grandes bloques temporales que ilustran el camino desde una dependencia técnica total hasta el surgimiento de una incipiente capacidad siderúrgica propia. A continuación, se explorará la necesidad de la metalurgia moderna entre 1880 y 1920, un periodo en el que el hierro dejó de ser simplemente “una fábrica” aislada para transformarse en “la fábrica entre fábricas”: la industria madre que hizo posible la construcción de ferrocarriles, puentes, calderas y máquinas para la exportación de café. También se analizará cómo artesanos, empresarios, ingenieros y maestros percibieron la llegada del hierro y cómo esta innovación cambió su manera de pensar y actuar en el mundo. Por último, se aclarará la diferencia conceptual entre ferrería (una unidad protoindustrial de menor escala) y siderúrgica (una industria moderna e integrada), sentando las bases para el estudio de caso que se presentará en el Capítulo 2.

El Virreinato de la Nueva Granada funcionó durante más de dos siglos como un sistema extractivo, enfocado en enviar oro, plata y esmeraldas a España. Así que, entre 1797 y 1810, la dependencia técnica de la metrópoli era total: todo el hierro, las herramientas y las máquinas llegaban exclusivamente desde Cádiz, lo que limitaba cualquier desarrollo local (Kalmanovitz, 2003). Las guerras napoleónicas de 1808 desestabilizaron el trono español y aceleraron la difusión de ideas ilustradas entre los criollos. Además, la Expedición Botánica, liderada por José Celestino Mutis (1783-1816), ya había demostrado el potencial científico de América. Estos factores, junto con el descontento económico y político, llevaron al colapso definitivo del orden colonial, que culminó el 20 de julio de 1810 con el grito de independencia en Bogotá (Castro Carvajal, 1998). Entre 1820 y 1850 la naciente república atravesó intensos ensayos políticos: el centralismo bolivariano (1820-1830), el federalismo moderado de la Constitución de 1832 y el intento de equilibrio de 1843.

La infraestructura seguía siendo precaria; los caminos de herradura y el hierro un bien de lujo importado desde Inglaterra. Por otro lado, Comerciantes europeos se establecieron en Cartagena y Santa Marta, introduciendo maquinaria (motores a vapor y componentes de navegación fluvial, piezas para minería y agricultura, hiladoras y tejedoras industriales para el comercio textil en talleres) y saberes técnicos (saberes en navegación a vapor, técnicas de fundición y forja mejoradas, mecánica básica y mantenimiento y conocimientos de ingeniería fluvial).

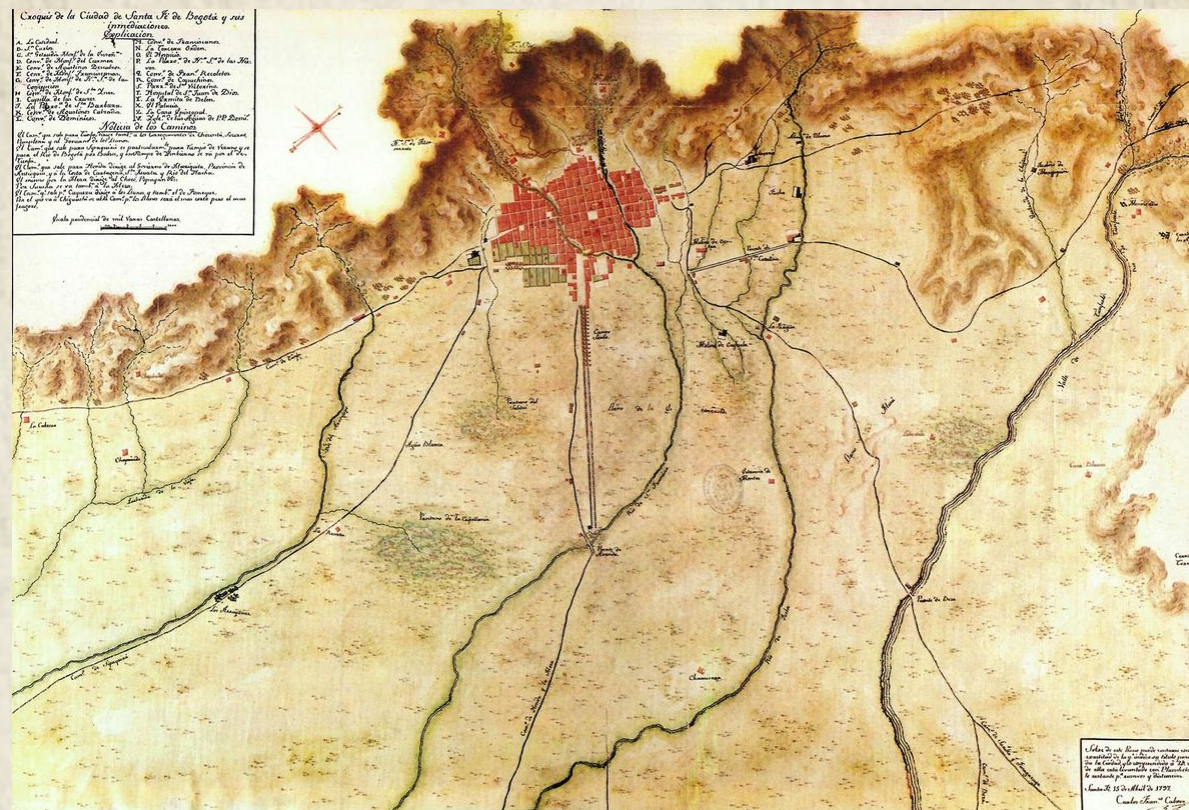


Figura 1: Croquis de la ciudad de Santafé de Bogotá y sus inmediaciones (1797).

Autor: Carlos Francisco Cabrer. Editor: Servicio Geográfico del Ejército. Acuarela sobre tela, 122 x 156 cm. Fuente: *Cartografía y relaciones históricas de ultramar*, tomo V: Colombia, Panamá y Venezuela, carpeta de cartografía, lámina 164.

Fuente: Tejiendo la Ciudad (blog). <https://tejiendolaciudadblog.wordpress.com/1797-carlos-cabrer/>

En 1825 navegó el primer vapor por el río Magdalena, pero la gran pregunta de la época permanecía abierta: ¿Cómo articular mano de obra y mercancías en un territorio de montañas, selvas y ríos caudalosos? (Poveda, 1991a; Kalmanovitz, 2003).

Entre 1850 y 1870, el Olimpo Radical se consolidó como una fuerza transformadora, puesto que el liberalismo impulsó una agenda modernizadora que buscaba cambiar el país desde sus cimientos: se proclamó la libertad absoluta de comercio en 1850, la cual se separó la Iglesia del Estado, se abolió la esclavitud de manera definitiva en 1851 y se estableció un federalismo extremo que dio origen a los Estados Unidos de Colombia en 1863. Durante este tiempo, la economía se enfocó en la exportación de productos como quina, añil, tabaco y café (este último a finales de 1860). También fue un período en el que se llevó a cabo la Comisión Corográfica (1850-1859), donde bajo la dirección del italiano Agustín Codazzi se facilitó la llegada de ingenieros europeos, quienes aplicaron métodos cartográficos franceses. Sin embargo, a pesar de que el Olimpo Radical sembró la semilla de una transformación técnica, no logró concretarla debido a la falta de capital y a la inestabilidad institucional (Poveda, 1991b; Kalmanovitz, 2003; Safford, F. 2014).

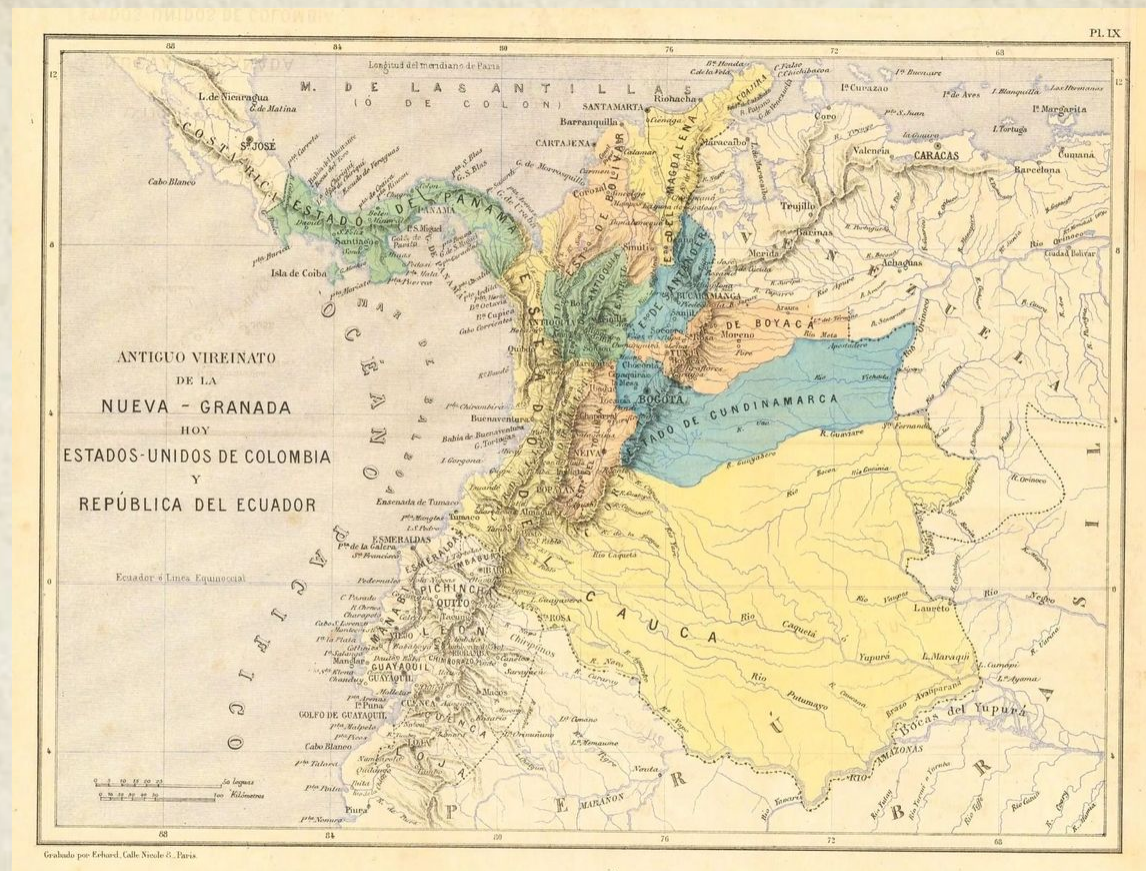


Figura 2: *Los Estados Unidos de Colombia* (1883). Mapa grabado por el geógrafo francés Georges Erhard Schieble para la obra de Ricardo S. Pereira, publicada en París por la editorial Flammarion. El mapa representa la división político-administrativa del Estado federal colombiano vigente entre 1861 y 1886, compuesto por los nueve estados soberanos: Antioquia, Bolívar, Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Magdalena, Panamá, Santander y Tolima. Fuente: Schieble (1883).

Fuente: Biblioteca Virtual del Banco de la República.

Hacia 1880 el hierro se transformó en la materia prima estratégica que haría posibles todas las demás industrias: rieles, puentes, calderas, máquinas agrícolas y herramientas. En contraste tanto Inglaterra como Alemania ya contaban con siderurgias nacionales que producían miles de toneladas anuales, y Colombia aún se trataba incorporaba a estos procesos progresivos de manera tardía y fragmentada, con la regeneración impulsada por Rafael Núñez y Miguel Antonio Caro a partir de 1880, el país incorporó influencias francesas en política proteccionista, británicas en tecnología siderúrgica y germánicas en eficiencia técnica documentada por Alfred Hettner y Ernst Röthlisberger, ya que expansión ferroviaria y la necesidad de exportar café hacia los puertos convirtieron la metalurgia moderna en la “fábrica de fábricas” ¹, como la industria madre capaz de articular el progreso, y es en ese momento marca el punto de inflexión que este capítulo analiza: el tránsito de la dependencia técnica heredada hacia la búsqueda de una capacidad siderúrgica propia que comenzaría a materializarse en ferrerías como La Pradera, Samacá y Pacho (Valero, J. 1994; Mayor Mora, 1996; Kalmanovitz, 2003).

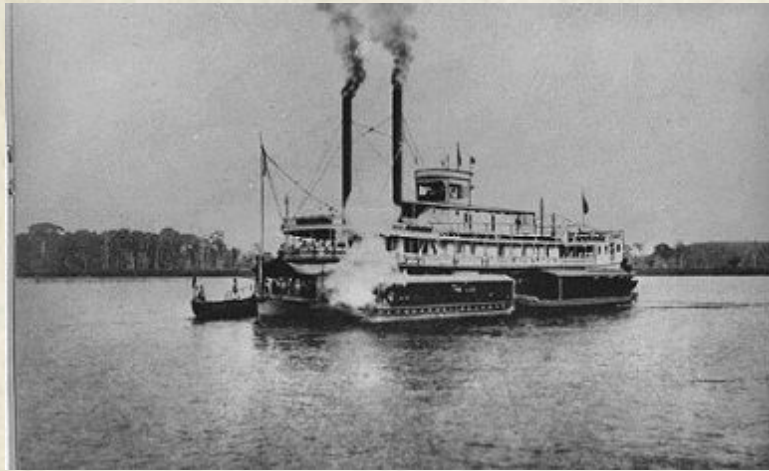
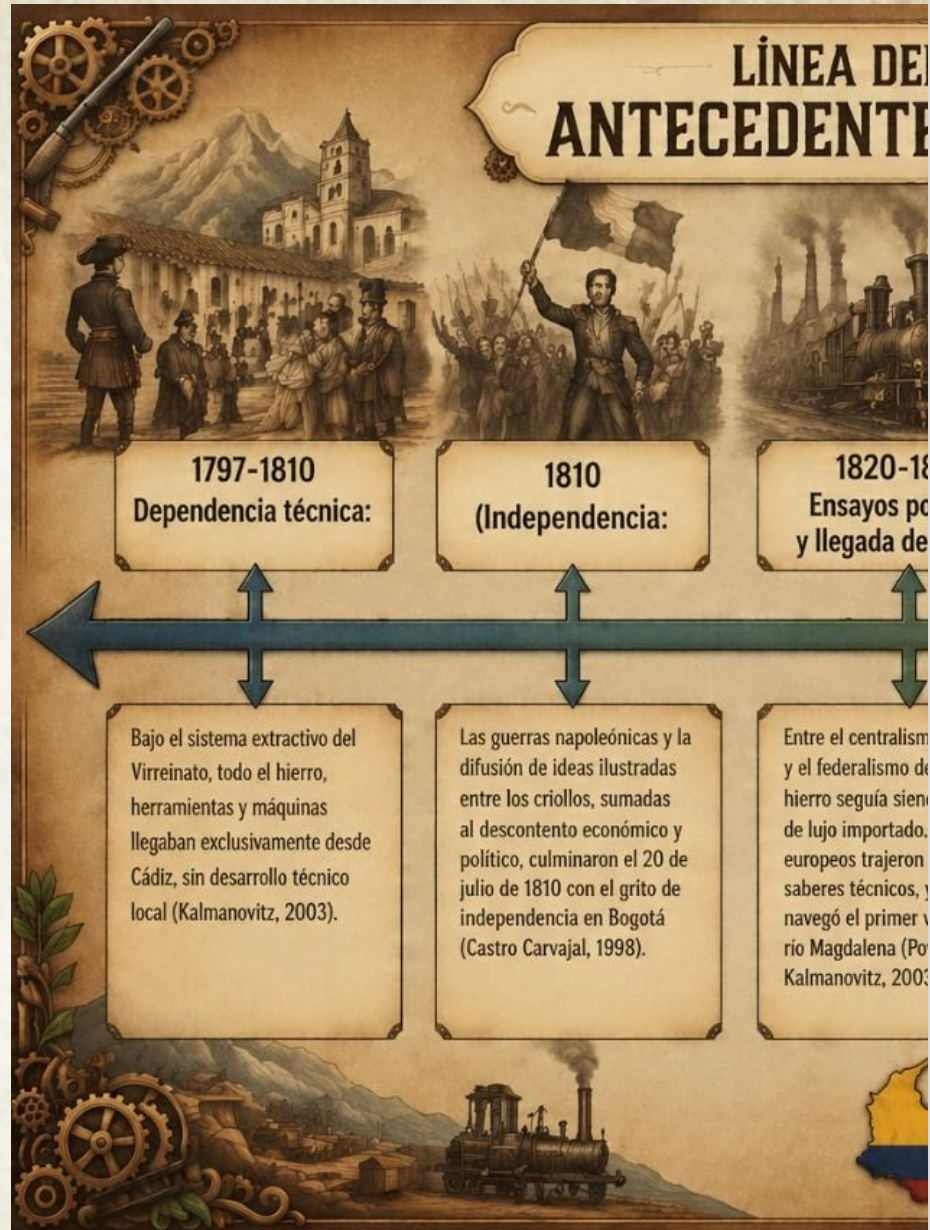


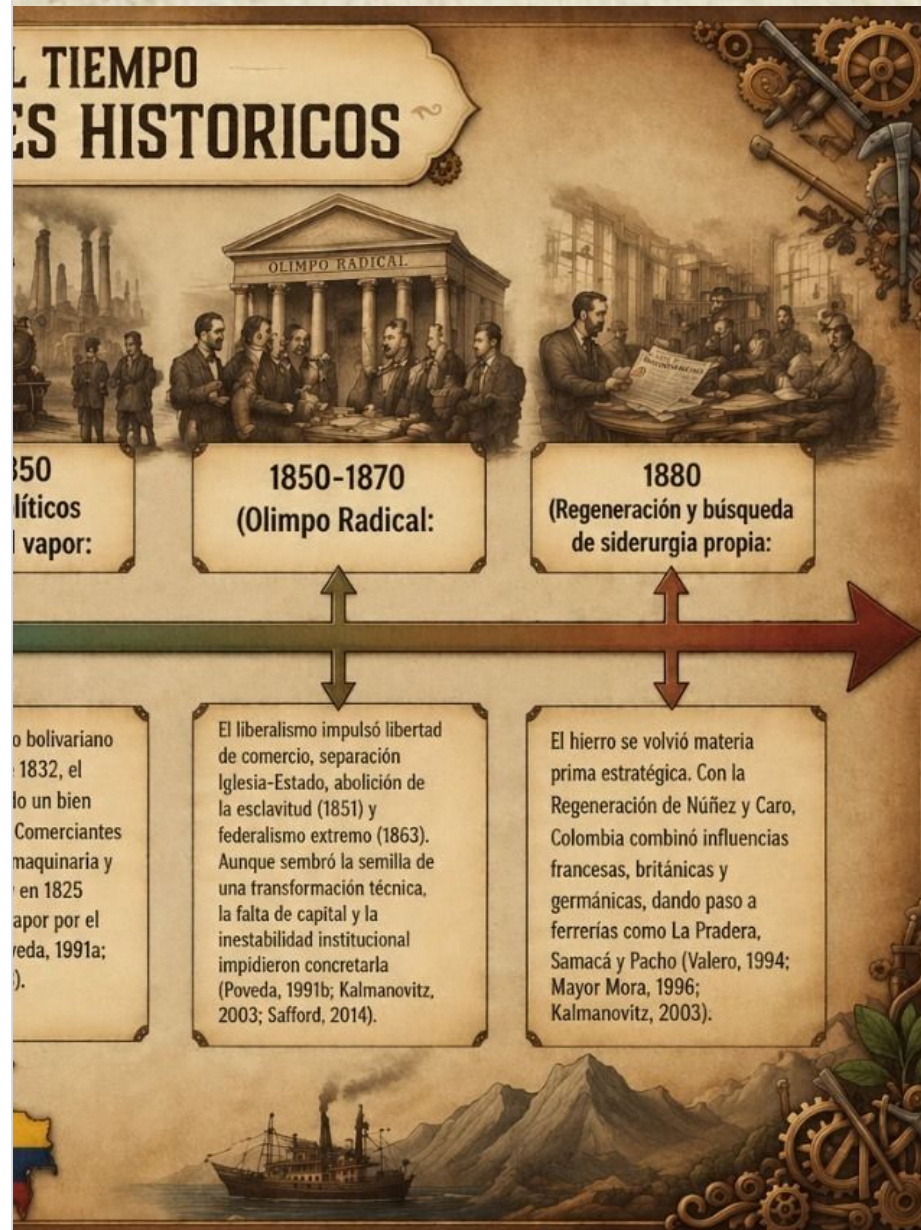
Figura 3: la compañía transportaba carga y pasajeros en sus vapores y botes por el Bajo y Alto Magdalena y el río Cauca

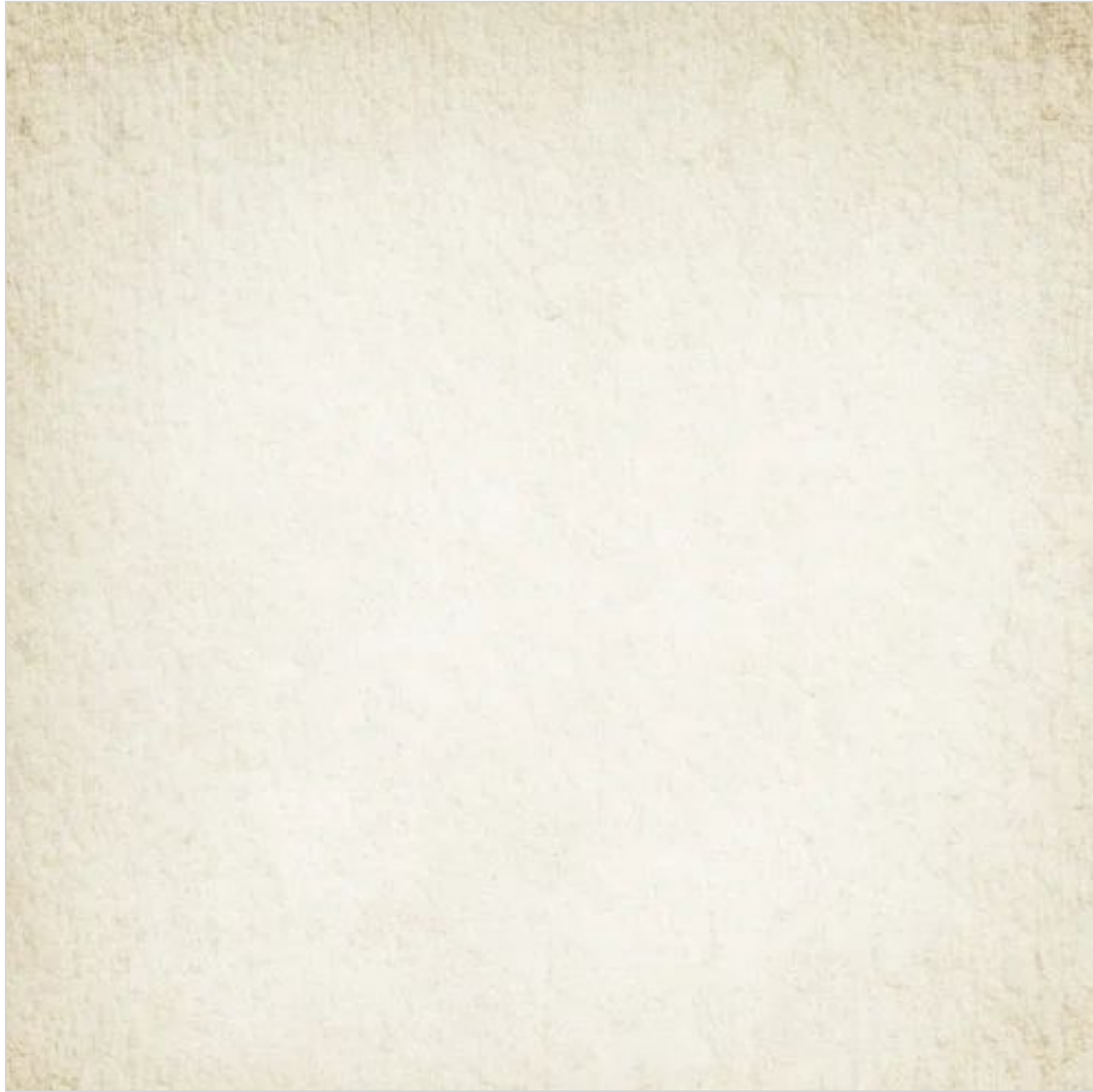
Fuente: Archivo CIP, El Colombiano — blog Casillero de Letras, de María Teresa Valenzuela

Ferrotipos de Rafael Núñez y Miguel Antonio Caro juntos creados con IA pipit generador de imágenes









La necesidad del hierro a partir del interés económico-político a la necesidad técnica y tecnológica

La necesidad del hierro en Colombia entre 1880 y 1920 fue el resultado de una transformación profunda que comenzó como interés económico-político y terminó convertida en una exigencia técnica y tecnológica ineludible. Durante la Regeneración, el Estado requería integrar un territorio fragmentado y exportar el café hacia los puertos; para ello necesitaba rieles, puentes, calderas y máquinas que solo el hierro podía proporcionar. Lo que empezó como una demanda política de “progreso” ² (Núñez y Caro, 1886) se volvió, en pocos años, una necesidad material: sin hierro local no había ferrocarriles viables, ni herramientas agrícolas eficientes, ni calderas para las nascentes fábricas.

Desde esto, Lewis Mumford explica este tránsito de manera muy clara: la máquina moderna no es solo una herramienta, sino un sistema cultural que reorganiza toda nuestra vida social. En la fase paleotécnica, dominada por el hierro y el carbón, la técnica deja de ser un simple complemento artesanal y se convierte en la base fundamental de la civilización. (Mumford, 1971) El hierro ya no es solo un metal: se transforma en el material que permite la

concentración de energía, la precisión mecánica y la velocidad de producción que la sociedad moderna exige en Colombia, un cambio de gran urgencia, ya que pasó de ser un lujo importado a ser la condición esencial para cualquier otra industria. Se debe agregar que Ed Conway acuñó la idea de que el hierro no es un recurso cualquiera, sino el material que hace posibles todos los demás materiales de la era industrial. Su extracción, fundición, laminación y transformación requieren una infraestructura previa (minas, hornos, transportes) que solo la industrialización moderna puede sostener, una vez que la sociedad ha decidido que la técnica es el motor del progreso (Conway, 2023).⁶ Así, hacia 1880 la necesidad dejó de ser meramente económica para volverse ontológica: sin metalurgia moderna, Colombia no podía existir como nación moderna.

Figura 4:
Ilustraciones sobre
avance del
ferrocarril de la
época 1

Fuente: Tomado de
Colombia cafetera
de Diego Monsalve
1899-1941

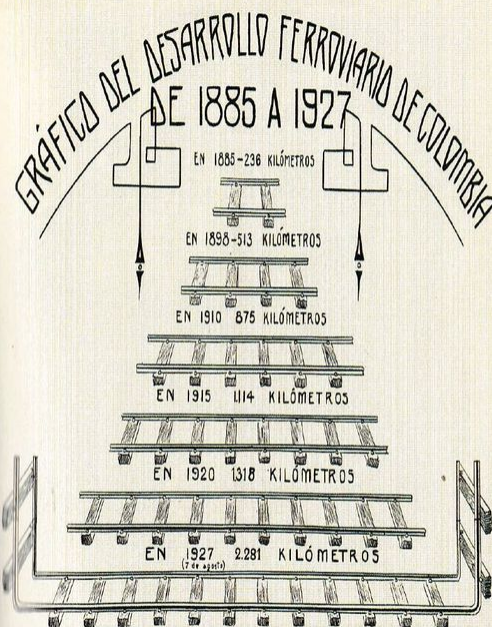


Figura 5: Ilustraciones sobre avance
del ferrocarril de la época 2

Fuente: Tomado de Colombia
cafetera de Diego Monsalve
1899-1941

Del interés a la fundación de fábricas de metalurgia moderna con ayuda extranjera

La transición de la necesidad a una fábrica concreta se logró gracias a la llegada de capital, técnicas, modelos y fábricas extranjeras que adaptaron la tecnología europea y norteamericana a las condiciones locales. La Ferrería de La Pradera, que comenzó a operar en 1858, fue la primera en mostrar una clara influencia inglesa: los fundadores británicos John James y Ralph Forrest introdujeron hornos de fundición y técnicas de laminación de la Segunda Revolución Industrial. Posteriormente, el técnico inglés Thomas J. Agnew modernizó la gestión, convirtiendo la ferrería en un punto clave de innovación (Valero, J.1994). Mumford describe este momento como el paso de la técnica artesanal a la “máquina sistemática” ⁷, donde el hierro deja de ser solo materia prima y se convierte en un sistema productivo (Mumford, 1971).

La Ferrería de Pacho, que se estableció en 1823, recibió influencias de las tradiciones catalanas y españolas, y más tarde de la británica, gracias a la maquinaria importada para la producción de herramientas agrícolas. Sin embargo, su ubicación aislada y la falta de inversión estatal la mantuvieron en una escala bastante reducida.

Según Conway, para que el hierro sea competitivo, no solo se necesitan hornos, sino también una red logística que Pacho nunca logró desarrollar completamente (Conway, E. 2023). En contraste, la Ferrería de Samacá, que comenzó a operar en 1883, combinó la influencia inglesa en técnicas de fundición con un apoyo estatal irregular durante la Regeneración. Mediante contratos de fomento arribaron técnicos y modelos británicos que permitieron optimizar los recursos locales como las minas de carbón de Nemocón y superar crisis técnicas, logísticas y económicas. Poveda Ramos (1991) destaca que Samacá fue la que mejor integró conocimientos extranjeros con prácticas locales, formando así una comunidad técnica estable.

Visión de los artesanos, empresarios, ingenieros y maestros ante la introducción del hierro en Colombia

Para los artesanos y maestros de taller del siglo XIX, la llegada de las fábricas y el uso del hierro industrial no fue simplemente la introducción de un nuevo material; fue una auténtica revolución en su manera de pensar y de vivir. Como señala Mayor Mora (1996), los artesanos colombianos consideraban el hierro como una extensión natural de su ingenio práctico. Ya no se trataba de forjar a mano con carbón de leña y yunques coloniales, sino de dominar

hornos de fundición, laminadoras y máquinas de vapor que requerían precisión, cálculo y trabajo en equipo. Este cambio los llevó a evolucionar de un conocimiento intuitivo y heredado a uno más sistemático y experimental ya que el error dejó de ser solo un fallo artesanal; se transformó en un dato técnico que debía ser corregido para lograr la “*óptima combinación de recursos, conocimientos y destrezas*” (Valero, J. 1994). Muchos maestros de talleres vieron en el hierro una oportunidad para escalar socialmente al ser capaces de competir con productos meramente importados, llenando de oferta a la demanda social que esta nueva necesidad había traído.

Los empresarios y los ingenieros, vivieron el hierro como un acto de modernización y poder, esto lo refleja Julio Barriga y otros gerentes de La Pradera, Samacá y Pacho que lo percibieron como la llave para romper la dependencia colonial. *La máquina paleotécnica (basada en el hierro y el carbón) transforma la mentalidad humana: deja de ser orgánica y artesanal para volverse mecánica y sistemática* (Mumford, 1971). Así pues, en Colombia los empresarios aprendieron a pensar en términos de eficiencia, inversión calculada y escala; el hierro ya no era un lujo, sino el eje de una racionalidad gerencial que permitía prever costos, organizar mano de obra y proyectar ganancias (Valero, J. 1994). Los ingenieros, formados muchas veces con ayuda de técnicos ingleses y franceses, vieron en el hierro la posibilidad de “civilizar”³ el territorio; rieles, puentes y máquinas se convirtieron en símbolos de progreso nacional, de un oficio lento y manual se pasó a una producción que medía el éxito en toneladas, velocidad y precisión, esto fue transformación de la concepción de progreso que se vivía en la época, y por tanto, el verdadero motor de la era industrial: la técnica dejó de servir al hombre para que el hombre comenzara a organizarse en torno a la técnica. (Mumford, 1971)

¿Por qué la metalurgia se convirtió en la “fábrica entre fábricas”? y ¿por qué la ferrería de Samacá fue la más resiliente?

La metalurgia moderna no fue solo otra fábrica en el paisaje industrial colombiano; se transformó en la “fábrica entre fábricas”, la industria madre que hacía posible el funcionamiento de todas las demás. Como señala Mumford (1971), en la fase paleotécnica, el hierro y el carbón facilitaron la concentración de energía, la estandarización y la rapidez en la producción, aspectos que luego se replicaron en ferrocarriles, puentes, calderas y máquinas agrícolas. Ed Conway también apoya esta idea al afirmar que el hierro es el material que da vida a todos los demás materiales de la era industrial (Conway, E. 2023). En Colombia, las ferrerías de La Pradera, Pacho y Samacá dejaron de ser simples herrerías para convertirse en nodos clave que producían los rieles, las calderas, las máquinas y los hornos que el país necesitaba para avanzar. Sin una metalurgia local, los ferrocarriles seguían dependiendo de costosas importaciones, las herramientas agrícolas eran rudimentarias y la protoindustrialización seguía siendo solo un sueño (Kalmanovitz, 2003; Valero Julio, 1994).

Entre las tres siderúrgicas, Samacá (1883) se distinguió como la más constante y resiliente, encarnando de manera más completa la mejor combinación de recursos, conocimientos y destrezas para alcanzar un óptimo resultado (Valero, J. 1994). Mientras La Pradera sufrió quiebras recurrentes por insuficiencia de capital y dependencia excesiva de técnicos ingleses

(James, Forrest y Agnew), y Pacho quedó limitada por su aislamiento geográfico y por la falta de apoyo estatal sostenido, Samacá logró sobrevivir y adaptarse a crisis técnicas (hornos ineficientes), logísticas (caminos rurales difíciles), económicas (competencia de importaciones baratas) y sociales (conflictos laborales en comunidades boyacenses). Su resiliencia radicó en una gestión pragmática que combinó influencia inglesa en técnicas de fundición con recursos locales (minas de carbón Nemocón) y destrezas autodidactas de artesanos boyacenses, apoyada por contratos estatales intermitentes durante la Regeneración (Poveda, 1991b). Mayor Mora (1996) destaca que esta capacidad de adaptación convirtió a la ferrería de Samacá en un verdadero laboratorio de aprendizaje socio material, donde el error técnico se transformaba en conocimiento colectivo.

La ferrería de Samacá demostró que la metalurgia podía arraigarse en el territorio colombiano sin depender exclusivamente de capital extranjero o de las élites bogotanas. Su constancia económica, ligada a la demanda cafetera, y su capacidad para amortiguar problemas mediante comunidades técnicas locales la hicieron la “mejor entre todas”⁴ en términos de sostenibilidad.

Pie de páginas

¹ La expresión “fábrica entre fábricas” (o “fábrica de fábricas”) se utiliza en este capítulo para designar la metalurgia moderna como la industria madre que hace posibles todas las demás. En el contexto colombiano de 1880-1920, el hierro dejó de ser un producto aislado para convertirse en el insumo estratégico que suministraba rieles, puentes, calderas de vapor, maquinaria agrícola y herramientas, articulando así la protoindustrialización nacional. Esta noción subraya la transición de ferrerías semi artesanales a nodos de innovación y transferencia tecnológica (Valero Julio, 1994, p. 45; Poveda Ramos, 1991b, p. 112; Kalmanovitz, 2003, p. 178; Safford, 2014, p. 289).

² En este capítulo, el término progreso se entiende en su acepción decimonónica colombiana como el avance material y técnico concreto —infraestructura, producción siderúrgica, ferrocarriles y capacidad exportadora— impulsado por la Regeneración. No se confunde con modernidad, concepto cultural y filosófico más amplio asociado a valores ilustrados, individualismo y racionalidad abstracta. El progreso aquí analizado es, más bien, el resultado de un proceso de modernización selectiva y pragmática: la adopción de técnicas y materiales férreos (hierro como “fábrica entre fábricas”) para superar el atraso económico sin necesariamente cuestionar el orden social oligárquico. Esta distinción es central en el enfoque crítico del Diseño Tecnológico, pues muestra cómo la técnica materializaba un progreso instrumental que no siempre coincidía con una verdadera modernidad emancipadora (Safford, 2014, pp. 23-28; Kalmanovitz, 2003, pp. 167-179; Valero Julio, 1994, p. 52).

³ El término “civilizar” se utiliza entre comillas porque, en el discurso de la élite colombiana del siglo XIX (especialmente durante la Regeneración), no aludía a un proceso cultural neutro, sino a un proyecto ideológico de modernización técnica que buscaba imponer un orden productivo y territorial de inspiración europea sobre un país percibido como “atrasado” o “bárbaro”. Los ingenieros y empresarios veían en el hierro, los rieles y las máquinas la herramienta material para “civilizar” el espacio geográfico y las relaciones sociales, superando así la herencia colonial de aislamiento y dependencia (Safford, 2014, pp. 289-292; Kalmanovitz, 2003, p. 178). Desde la perspectiva crítica del Diseño Tecnológico, este “civilizar” revela cómo la técnica operaba como un dispositivo de poder que reconfiguraba el territorio y las mentalidades sin cuestionar necesariamente las jerarquías sociales preexistentes.

⁴ La expresión “mejor entre todas” se refiere a la Ferrería de Samacá como la más resiliente y sostenible de las tres ferrerías estudiadas (Pacho, La Pradera y Samacá). Aunque nunca alcanzó la escala de una siderúrgica moderna, Samacá demostró una capacidad superior para arraigarse en el territorio, adaptarse a las condiciones locales y mantener producción durante más tiempo que las otras dos. Su éxito radicó en la combinación de constancia económica (vinculada a la demanda cafetera regional), el desarrollo de comunidades técnicas locales que amortiguaron fallas logísticas y técnicas, y una menor dependencia del capital bogotano o extranjero. Esta resiliencia la convirtió en el mejor ejemplo de ferrería adaptativa del siglo XIX colombiano (Valero Julio, 1994, pp. 67-72; Poveda Ramos, 1991b, pp. 145-148; Kalmanovitz, 2003, p. 189).

⁵ Mumford (1971) desarrolla la noción de la fase paleotécnica en las páginas 116 y siguientes de Técnica y civilización. La cita original no es literal, sino una paráfrasis fiel del autor, quien enfatiza cómo el hierro y el carbón transformaron la técnica de un medio artesanal en el fundamento material y cultural de la civilización industrial.

⁶ Conway (2023) desarrolla en su capítulo dedicado al hierro y al acero la tesis de que este material constituyó la base material de la modernidad industrial, al habilitar la construcción de todo lo demás (infraestructura, maquinaria, transporte). La expresión utilizada en el texto es una paráfrasis fiel del autor; la aplicación al contexto colombiano de 1880 y la noción de necesidad “ontológica” corresponden a la interpretación del presente trabajo.

⁷ Mumford (1971) desarrolla la noción de la fase paleotécnica (dominada por el hierro y el carbón) en las páginas 116 y siguientes de Técnica y civilización. La expresión utilizada en el texto es una paráfrasis fiel del autor, quien enfatiza cómo la máquina pasa de ser un complemento artesanal a constituir un sistema cultural y productivo que reorganiza la sociedad industrial.

CAPÍTULO II

La era de la forja



Una vez establecidos los antecedentes históricos que convirtieron el hierro en una necesidad estructural para Colombia entre 1797 y 1880, en este capítulo se examinarán tres experiencias concretas de metalurgia moderna: la Ferrería de Pacho y la Ferrería de La Pradera (Cundinamarca, 1853 y 1858 respectivamente) y la Ferrería de Samacá (Boyacá, 1883), donde analizaremos los sistemas sociotécnicos que materializaron, en el territorio colombiano del siglo XIX, la transición entre una técnica artesanal y la aspiración de una producción industrial a escala. El análisis se organiza en torno a cinco categorías de producto tecnológico; *artefacto*, *proceso*, *servicio*, *sistema* y *nuevo conocimiento* definidas a partir de la evidencia histórica concreta de las fuentes primarias y secundarias.

Las tres Ferrerías en la búsqueda de una siderurgia colombiana

El concepto metalúrgico como necesidad nacional hasta el estudio detallado de estas tres ferrerías obedece a tres razones principales: las ferrerías representan los intentos más significativos y mejor documentados de transferencia tecnológica en el siglo XIX colombiano; sus trayectorias condensan las tensiones entre importación de saberes extranjeros, limitaciones locales y aspiraciones de soberanía industrial. En segundo lugar, permiten observar de manera empírica cómo la técnica reorganizó comunidades, generó nuevos saberes y destruyó formas tradicionales de producción para reconfigurar relaciones de poder en regiones concretas. Por último, su comparación ilustra la desigual capacidad de adaptación que caracterizó la protoindustrialización colombiana: mientras dos ferrerías se extinguieron rápidamente, una demostró una resiliencia notable que la acercó al umbral de una verdadera siderurgia integrada.

Ninguna de las tres ferrerías alcanzó el estatus de siderurgia a pesar de la gran inversión social de la época, llegando al punto de que operaban con hornos discontinuos, fundición por lotes y forja manual o semi mecanizada, alimentada generalmente con carbón y energía hidráulica o vapor limitado; su producción era intermitente y orientada a artefactos específicos. Una siderúrgica, en cambio, implica altos hornos continuos, laminación mecánica a gran escala, integración vertical y capacidad de producir rieles, perfiles y planchas de manera continua y competitiva. Las tres ferrerías colombianas permanecieron en el estadio ferrero-protoindustrial. Samacá se acercó más al umbral siderúrgico por su escala y permanencia, pero nunca superó las limitaciones geológicas y constructivas que impidieron la continuidad productiva.

Historia de la Ferrería de La Pradera (Cundinamarca, 1858)

La Ferrería de La Pradera se fundó en 1858 en el municipio de La Pradera, Cundinamarca, como el intento más ambicioso de transferencia tecnológica inglesa en Colombia durante el siglo XIX. Su intención explícita era producir hierro y acero de calidad para fabricar rieles, piezas estructurales y maquinaria, con el objetivo de apoyar la construcción de ferrocarriles y reducir la dependencia de importaciones europeas. Nació en el contexto del debate ferroviario y la modernización liberal-radical, cuando las élites bogotanas veían en el hierro y acero el símbolo de progreso nacional (Valero Julio, 1994).

La administración estuvo desde el principio en manos de técnicos extranjeros. Los fundadores fueron los ingleses John James y Ralph Forrest, quienes introdujeron hornos de pudelado y técnicas de laminación de la Segunda Revolución Industrial. Posteriormente, el técnico norteamericano Thomas J. Agnew modernizó la gestión y convirtió la ferrería en un nodo de innovación. En 1883 se instaló un alto horno de 40 toneladas y un martillo pilón para bloques de 32 toneladas. El hito técnico más importante ocurrió en agosto de 1885, cuando

se exhibieron los primeros rieles de acero fabricados en Colombia; en noviembre de 1886 se realizaron pruebas rigurosas que demostraron su calidad (densidad media 7,526, peso 22 kg por metro lineal) y fueron colocados en el kilómetro 14 del Ferrocarril de la Sabana (Ferreira, 1889).

A pesar de estos logros, La Pradera operó hasta 1909 con graves problemas de sostenibilidad. Su caída se debió principalmente a la fuerte dependencia de capital y técnicos extranjeros, la falta de integración con redes de transporte estables y la competencia de hierro importado más económico. La fragilidad financiera y la ausencia de un sistema de suministro de mineral y combustible continuo terminaron por cerrar la ferrería. Socialmente, La Pradera generó orgullo entre las élites técnicas bogotanas y creó comunidades de trabajadores especializados; sin embargo, su cierre desarticuló esas comunidades y reforzó la percepción de que la industria nacional era todavía demasiado dependiente de factores externos (Ferreira, 1889; Valero Julio, 1994).

Ruinas de la fabrica realizadas en Blender 3D

<https://youtu.be/4q72OVCg3mo?si=G7Elwdu3L0h3oxsO>

En el siguiente enlace se podrán visualizar las ruinas de la ferrería, modeladas mediante la herramienta de diseño 3D Blender. El archivo descargable se encuentra disponible en la biblioteca digital educativa.



Figura 6: Fotografía de las "Instalaciones de la Pradera - 1898".

Fuente: Archivos BLAA (Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República), según el crédito que da el propio blog.



Figura7: Fotografía del Museo Parque La Ferrería, en Subachoque, Cundinamarca

Fuente: Municipios.com.co (crédito de foto: Alcaldía de Subachoque, Cundinamarca).

Historia de la Ferrería de Pacho (Cundinamarca, 1823)

La Ferrería de Pacho nació en 1823 en el municipio de Pacho, departamento de Cundinamarca, como el primer intento serio y documentado de metalurgia moderna en la República de Colombia. Su fundación respondió a la necesidad urgente de producir herramientas agrícolas y piezas metálicas que hasta entonces se importaban a precios elevados desde Europa. La intención original era romper la dependencia colonial del hierro importado y abastecer a las haciendas y pequeños agricultores de la región central, que se encontraban en plena expansión exportadora de tabaco y quina. Desde sus inicios combinó capital privado local con apoyo estatal intermitente, reflejando el modelo protoindustrial típico de la época (Valero Julio, 1994).

Allí, la administración inicial estuvo en manos de empresarios y artesanos locales. Hacia 1910-1911, el propietario de las minas y ferrería era el General Aníbal Correa, quien firmó un contrato con el ingeniero francés Edmond Brochon. El contrato de fomento, firmado el 18 de enero de 1910 por el ministro de Obras Públicas Carlos J. Delgado, contemplaba la creación de la sociedad Etablissements Métallurgiques et Forges Nationales de Colombie Limited con capital de hasta 500.000 libras esterlinas y garantía estatal del 7 % (5 % interés + 2 % amortización) durante 25 años. Brochon se comprometía a modernizar la ferrería con tecnología francesa estudiada por el ingeniero Georges Jalard, construir una carretera Pacho-Zipacquirá convertible en ferrocarril en cinco años y establecer talleres para reparación de armas y municiones (Ministerio de Obras Públicas, 1910; Etablissements Métallurgiques et Forges Nationales de Colombie Limited, 1911).

En su mejor momento, Pacho alcanzó una producción promedio de 33 toneladas mensuales y picos anuales cercanos a los 60.000 quintales en la década de 1830. Sin embargo, su historia estuvo marcada por la discontinuidad. La ferrería operó de forma intermitente durante casi un siglo debido a problemas logísticos (dependencia de caminos de herradura), limitaciones técnicas (hornos de tiro alimentados con carbón y laminación manual) y falta de capital sostenido. El último intento serio de reactivación en 1910-1911 fracasó porque el Congreso no aprobó plenamente el contrato y el proyecto no llegó a materializarse. La caída definitiva de Pacho se debió a la combinación de fragilidad financiera, ausencia de integración vertical con el transporte moderno y la competencia de hierro importado más barato. Socialmente, cada cierre generó desempleo en la región y frustración colectiva, mostrando cómo una técnica sin arraigo institucional duradero desarticulaba las comunidades que pretendía fortalecer (Sector privado favorable al contrato Brochon, 1911).

Ruinas de la fabrica realizadas en Blender 3D

<https://youtu.be/nheQBOWSDDE?si=oS1WWIWIO35TKYS1>

En el siguiente enlace se podrán visualizar las ruinas de la ferrería, modeladas mediante la herramienta de diseño 3D Blender. El archivo descargable se encuentra disponible en la biblioteca digital educativa.

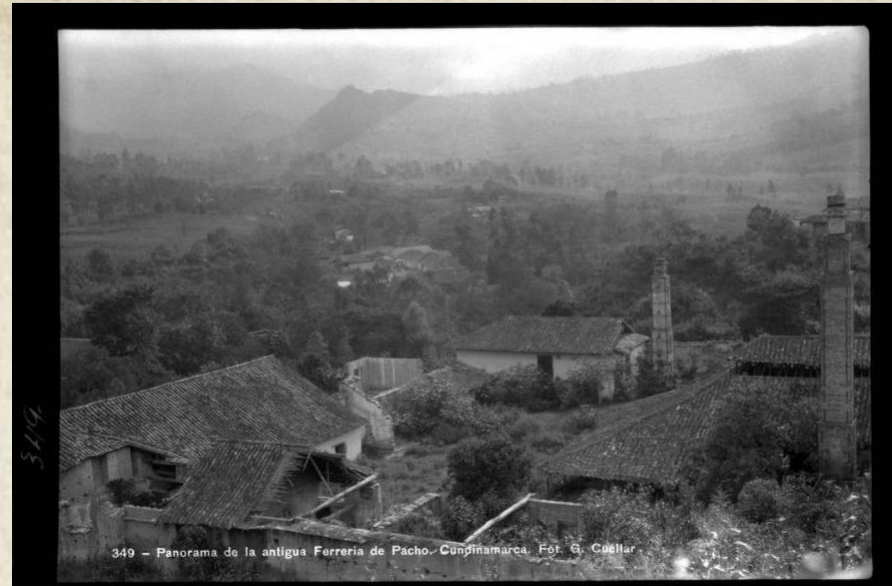


Figura8: Antigua Ferrería de Pacho.
Panorama
Fuente:
Biblioteca Virtual
del Banco de la
República

Figura9: Antigua Ferrería de Pacho. Ruinas
Fuente:
Biblioteca Virtual
del Banco de la
República





Figura 10 : Fotografía ilustrativa de la condición actual de la Ferrería de Pacho, Cundinamarca.

Fuente: Blog "Somos Acero" de Agofer S.A.S. (17 de julio de 2023).

Historia de la Ferrería de Samacá (Boyacá, 1883)

La Ferrería de Samacá fue construida en 1883 en el municipio de Samacá, departamento de Boyacá, por la Compañía Constructora de Obras de Hierro de Boyacá con la participación de técnicos ingleses. Su intención era establecer una metalurgia moderna en la región oriental, aprovechando los yacimientos locales y la creciente demanda de herramientas generada por la economía cafetera boyacense. Representaba un intento de industrialización más “nacional” y menos dependiente de las élites bogotanas, buscando arraigar la técnica en un territorio con fuerte tradición artesanal (Valero Julio, 1994).

La administración estuvo a cargo de la compañía constructora con apoyo estatal intermitente. La ferrería contaba con equipamiento ambicioso: turbina de 170 HP, cubilote de 30 quintales por hora y alto horno de 6 metros. El primer cambio fuerte a la industria ocurrió durante la visita oficial de la comisión gubernamental en junio de 1884, la cual reveló un panorama desolador; solo se identificaron 922 m³ de mineral explotable, con un contenido muy alto de sílice y alúmina (25-36 %), lo que lo hacía refractario y poco apto para producir hierro maleable. Los edificios se habían construido

sobre terreno de aluvión deleznable y los cimientos del horno alto tenían apenas 5 metros de profundidad, provocando grietas y hundimientos estructurales (Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá, 1884, pp. 4-6).

La ferrería operó muy poco tiempo y cerró oficialmente en 1884 todo debido a problemas geológicos y de calidad del mineral junto con errores constructivos graves sumado a la falta de capital para corregirlos. A diferencia de Pacho y La Pradera, Samacá logró generar una comunidad técnica local más estable de artesanos boyacenses que conservaron saberes prácticos de adaptación al entorno. Aunque el proyecto fracasó como empresa férrea, su resiliencia social y su arraigo territorial la convirtieron en la más sostenible de las tres ferrerías estudiadas (Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá, 1884; Valero Julio, 1994).

Ruinas de la fabrica realizadas en Blender 3D

<https://youtu.be/TjfKeTv-Rwc?si=vsTRTzR-ZRBvUNqz>

En el siguiente enlace se podrán visualizar las ruinas de la ferrería, modeladas mediante la herramienta de diseño 3D Blender. El archivo descargable se encuentra disponible en la biblioteca digital educativa.

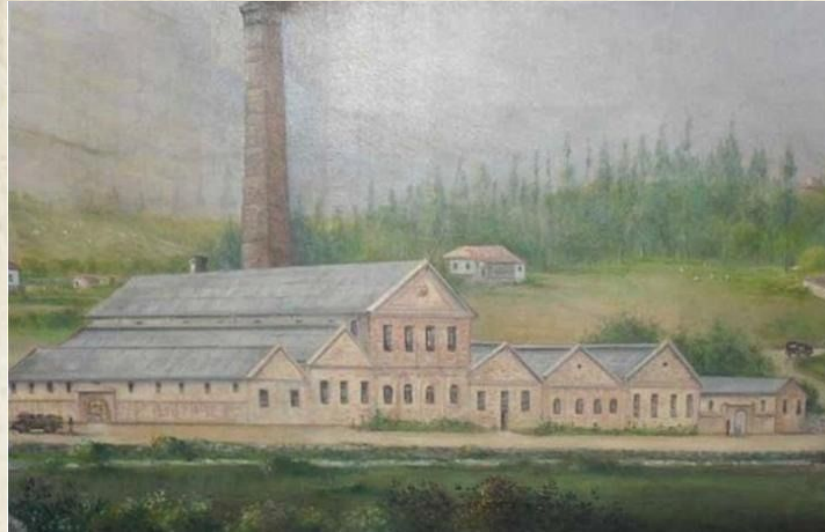


Figura 11 :
Pintura al oleo
fabrica de
Samacá
Fuente:
Arqueología
Industrial en
Colombia —
proyecto
"Fábricas de
Cambio" (sitio
Wix).

Figura 12: Aviso
de prensa de la
Compañía de
Samacá.

Fuente:
*Almanaque de los
Hechos
Colombianos,
1921-1922*

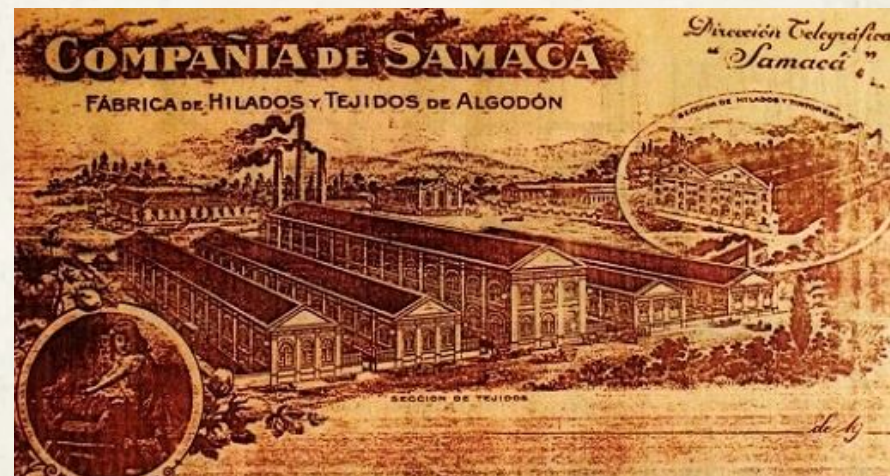




Figura 13 : Fotografía de las ruinas de Samacá

Fuente: Arqueología Industrial en Colombia — proyecto "Fábricas de Cambio" (sitio Wix).

Los cinco productos tecnológicos evidenciados en las ferrerías colombianas del siglo XIX

Los cinco productos tecnológicos (artefacto, proceso, servicio, sistema y nuevo conocimiento) constituyen el núcleo analítico de este capítulo, los cuales provienen de un marco conceptual preexistente sobre clasificación de productos tecnológicos, aquí adaptado y aplicado al caso específico de las ferrerías colombianas del siglo XIX. Su utilidad no reside en su originalidad, sino en su capacidad para organizar y hacer legible la evidencia que ofrecen las fuentes primarias y secundarias de las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá. Cada categoría se opera a partir de descripciones técnicas, datos cuantitativos, contratos, pruebas experimentales y observaciones de campo documentadas entre 1823 y 1911, las cuales ponen de manifiesto cómo la técnica no operó como un factor neutral, sino como un mediador socio material que configuró objetos, prácticas productivas, relaciones sociales y saberes en el territorio colombiano del siglo XIX.

Artefacto

El artefacto comprende los objetos físicos producidos, descritos o mencionados en las fuentes como resultado directo del trabajo metalúrgico. En la Ferrería de Pacho los artefactos principales fueron herramientas agrícolas de hierro maleable: hachas, azadones y arados, los cuales promovieron un alza en la agricultura al ser más baratos debido a la producción nacional.

El folleto propagandístico de la siderurgia colombiana de 1911 rescato que: “el azadón actual se vende a 45 pesos” y proyecta que, una vez modernizada la ferrería, su precio bajaría a menos de 20 pesos (Etablissements Métallurgiques et Forges Nationales de Colombie Limited, 1911, p. 7). Estos artefactos se destinaban principalmente a haciendas y pequeños agricultores de Cundinamarca, y también incluían piezas fundidas simples para construcción.

En la Ferrería de La Pradera, el artefacto más emblemático y mejor documentado fueron los primeros rieles de hierro fabricados en Colombia. Cada metro lineal pesaba exactamente 22 kg. La densidad media del metal alcanzó 7,526 (a 0 °C: 7,535), con variaciones por sección: seta 7,446; cuello 7,587; pie 7,545. Estos rieles se colocaron en el kilómetro 14 del Ferrocarril de la Sabana y fueron sometidos a pruebas rigurosas en noviembre de 1886. (Ferreira, 1889)

En la Ferrería de Samacá, los artefactos fueron de escala más modesta, pero de uso cotidiano: herramientas agrícolas, ollas, yunques y fondos de hierro, el informe oficial de 1884 no menciona grandes volúmenes de producción, pero confirma que la misma se orientaba a satisfacer necesidades locales de la economía agrícola boyacense (Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá, 1884, p. 6).

En los tres casos, los artefactos eran de hierro fundido o maleable y respondían a dos grandes demandas: las herramientas de explotación agrícola y la infraestructura ferrocarril e incipiente. Su materialidad concreta (peso, densidad, forma y precio) revela que el hierro dejó de ser un lujo importado para convertirse en un bien de producción nacional, aunque todavía limitado en cantidad y calidad competitiva.

Proceso

El proceso abarca los métodos técnicos, procedimientos y secuencias de trabajo que transformaban el mineral en hierro utilizable. En Pacho se empleaban hornos de tiro alimentados con carbón vegetal, fundición básica y laminación manual. Los procesos eran lentos y poco eficientes, como lo reconoce el contrato de fomento de 1910 al señalar la necesidad de “montaje científico” (Ministerio de Obras Públicas, 1910). El intento de reactivación de 1910-1911 proyectaba incorporar tecnología francesa estudiada por Georges Jalard junto con una puesta del estado que permitiera estos avances a los que estaban comprometidos la inversión extranjera.

En La Pradera el proceso alcanzó el mayor nivel técnico que se ha documentado: en 1883 se montó un alto horno de 40 toneladas y un martillo pilón que podía forjar bloques de 32 toneladas.

Los datos reflejan un proceso que conjugaba fundición, forja y control de calidad experimental: la laminación con vapor y detalladas pruebas científicas, las cuales permitieron que en noviembre de 1886 se midieran con precisión una flecha de 0,003 m bajo una carga de 5.092 kg y flecha de 0,008 m bajo 7.700 kg; prueba de choque con un cilindro de 300 kg lanzado desde 1,86 m sin que el riel se rompiera (deflexión permanente de tan solo 0,015 m) (Ferreira, 1889).

En Samacá el proceso fue el más ambicioso en equipamiento, pero el más problemático en ejecución. Contaba con una turbina de 170 HP (la más potente para la época), un cubilote de 30 quintales por hora y un alto horno de 6 metros de altura. Los edificios se construyeron sobre terreno de aluvión deleznable y los cimientos del horno alto tenían solo 5 metros de profundidad, lo que provocó grietas y hundimientos (Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá, 1884, pp. 4-5).

Los tres procesos ilustran la evolución desde técnicas artesanales (Pacho) hacia intentos de mecanización (La Pradera y Samacá), pero también revelan las limitaciones locales: calidad del mineral, combustible y estabilidad del suelo.

Servicio

El servicio se refiere a las funciones concretas que cada ferrería prestaba a su entorno inmediato y regional. Pacho abastecía herramientas agrícolas a haciendas y pequeños agricultores de Cundinamarca y realizaba reparaciones básicas de maquinaria. El folleto de 1911 enfatiza que la ferrería permitiría “la creación en el país de una multitud de pequeñas industrias tales como la fabricación de objetos menudos de quincallería” que darían trabajo a familias (Etablissements Métallurgiques et Forges Nationales de Colombie Limited, 1911, p. 7).

La Pradera prestó un servicio estratégico al Ferrocarril de la Sabana: suministró los primeros rieles nacionales y material rodante, reduciendo la dependencia de importaciones y bajando el precio del hierro a 5 pesos en 1886. Los rieles se colocaron directamente en la vía y fueron probados para uso ferroviario (Ferreira, 1889, p. 1).

Samacá sirvió directamente a la economía cafetera boyacense, produciendo herramientas y utensilios domésticos para las haciendas regionales. Su producción, aunque modesta, se articulaba con las necesidades inmediatas de los productores de café que requerían azadones, yunques y ollas (Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá, 1884, p. 6). En conjunto, los servicios de las tres ferrerías se orientaron a dos sectores clave: la agricultura de exportación y la infraestructura de transporte, cuya demanda se cumplía a los intereses anteriormente expuestos.

Sistema

El sistema comprende las redes institucionales, contratos, cadenas de suministro y relaciones de poder en las que se insertaba cada ferrería. Pacho dependió históricamente de vínculos débiles con el Estado y de los caminos de herradura, un ejemplo de esto es el contrato de 1910 el cual buscó cambiar esto mediante una garantía estatal del 7 % sobre un capital de £500.000, capital francés de Edmond Brochon y la obligación de construir una carretera Pacho-Zipaquirá convertible en ferrocarril en cinco años (Ministerio de Obras Públicas, 1910).

La Pradera se articuló fuertemente con élites bogotanas y con el Ferrocarril de la Sabana mediante contratos directos, pero mantuvo una dependencia estructural de técnicos y capital ingleses (Ferreira, 1889). Mientras que Samacá operó con redes locales y apoyo estatal intermitente, aunque tuvo menor dependencia de importaciones, sufrió graves limitaciones logísticas y constructivas que impidieron su continuidad (Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá, 1884).

Los tres sistemas revelan una tensión constante: aspiración de autonomía nacional versus necesidad de transferencia tecnológica extranjera y apoyo estatal, esto demuestra que ninguna ferrería logró construir un sistema autosuficiente y estable.

Nuevo conocimiento

El nuevo conocimiento abarca los saberes técnicos, prácticas de gestión y formación de trabajadores que cada ferrería generó, transfirió o perdió. Se reconoce que Pacho generó saberes autodidactas de artesanos locales durante casi un siglo, pero nunca los documentó ni transfirió sistemáticamente. El único intento de 1910-1911 buscó introducir racionalidad gerencial francesa a través de los estudios de Georges Jalard (Etablissements Métallurgiques et Forges Nationales de Colombie Limited, 1911).

La Pradera produjo el mayor volumen de nuevo conocimiento documentado: pruebas científicas detalladas de densidad, flexión y choque, que constituyeron los primeros ensayos de control de calidad industrial en Colombia. Estos saberes se perdieron con el cierre definitivo en 1909 (Ferreira, 1889), mientras que Samacá creó una comunidad técnica estable de artesanos locales que conservó prácticas de adaptación al mineral y al terreno pese al fracaso técnico de 1884. El informe oficial reconoce implícitamente que los trabajadores locales mantuvieron un conocimiento práctico valioso, pese a los pocos intentos de formalizarlo mediante escritos debido a la poca alfabetización para la época (Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá, 1884).

En conjunto, las tres ferrerías dejaron un legado mixto: transferencia de técnicas europeas y generación de conocimiento localizado, pero también pérdida significativa de saberes cuando los proyectos cerraron.

Colombia aprendió que la técnica no se reduce a maquinaria, sino que requiere comunidades de práctica sostenidas en el tiempo. Esa lección es central para comprender por qué ninguna de las tres ferrerías logró convertirse en una siderurgia integrada.

Línea de tiempo cronológica de las tres ferrerías

1814 – Descubrimiento de las minas de hierro en Pacho

Bajo el gobierno de Simón Bolívar, el geólogo alemán Jacobo Wiesner recibe el encargo directo de Antonio Nariño para localizar depósitos de hierro y plomo en la Nueva Granada. El hallazgo se produce en Pacho (Cundinamarca), marcando el punto de partida material de la siderurgia en Colombia y uno de los más tempranos en Suramérica. Este descubrimiento respondía a la necesidad estratégica de la joven República de contar con recursos metálicos propios para herramientas y armamento, y por esto fue que la organización inicial fue exploratoria y militar, con Wiesner actuando como técnico al servicio del Estado. No existía aún producción, pero se sentaron las bases para la futura ferrería.

Este descubrimiento representó el primer vínculo concreto entre la técnica del hierro y el proyecto de soberanía republicana, pero también reveló la brecha entre las aspiraciones ilustradas de las élites y la realidad cotidiana de la población rural. La exploración minera se convirtió en una herramienta estatal que, si bien no generó empleo inmediato, sentó las expectativas populares de que el hierro podía mejorar la vida de artesanos y campesinos, aunque en la práctica la gente común siguió dependiendo de herramientas importadas caras durante décadas.

1823 – Fundación oficial de la Ferrería de Pacho

Durante la presidencia de Francisco de Paula Santander (1821-1827) se inaugura formalmente la Ferrería de Pacho, la intención era producir herramientas agrícolas (hachas, azadones, arados) para las haciendas cundinamarquesas y romper la dependencia del hierro importado de Europa. La organización laboral era artesanal y familiar: artesanos locales y mano de obra sin contratos formales trabajaban en hornos de tiro con carbón, combinando capital privado de hacendados cundinamarqueses con apoyo estatal intermitente. La fundación transformó la vida cotidiana de artesanos y peones locales al ofrecerles una alternativa de trabajo fuera de la hacienda, pero la ausencia de formalidad laboral y la precarización de las condiciones laborales fueron impedimento de una transición social completa.

1827 – Privilegio exclusivo otorgado por el Congreso

Bajo la presidencia de Francisco de Paula Santander, el Congreso otorga a Egea, Daste y compañía un privilegio exclusivo por 15 años para explotar las minas de hierro de Pacho, debido a que se buscaba incentivar la inversión privada en un contexto de precariedad fiscal de la nación. El privilegio consolidó un sistema de poder que favoreció a un pequeño grupo de inversores privados, excluyendo a la gente común de cualquier participación en los beneficios, y evidenció la debilidad institucional del Estado para regular la técnica en favor de la mayoría rural.

1833 – Contratación del francés Cipriano Medardo y pico de producción

Durante la presidencia de José Ignacio de Márquez, se contrata al técnico francés Cipriano Medardo para construir un alto horno. La organización laboral se mantuvo artesanal, aunque con mayor especialización en fundición, con esto, la ferrería alcanza su pico productivo con picos anuales cercanos a 60.000 quintales. Este período representa el momento de mayor optimismo en torno a la primera ferrería y el primer intento serio de transferencia tecnológica extranjera que logró elevar la escala productiva, pero la falta de integración con transporte moderno impidió que el avance técnico se tradujera en sostenibilidad a largo plazo.

1837 – Creación de la Compañía Elaboradora

Bajo la presidencia de José Ignacio de Márquez, se crea la “Compañía elaboradora” que delega el aspecto productivo y logra la primera estabilidad relativa y distribución de dividendos, la organización laboral evoluciona hacia una estructura más empresarial, aunque sigue siendo artesanal. Esto marcó el paso de una producción familiar a una lógica empresarial, pero sin mejoras reales para las condiciones laborales de los artesanos, lo que profundizó la brecha entre capital y trabajo manual.

1858 – Fundación de la Ferrería de La Pradera

Bajo la presidencia de José María Obando (Confederación Granadina), los técnicos ingleses John James, Ralph Forrest y Samuel Sayer fundan Ferrería de La Pradera en Subachoque

(Cundinamarca), su intención fue fabricar rieles y piezas para ferrocarriles. Para ello usaron una Organización laboral jerárquica y especializada; técnicos extranjeros dirigían obreros locales en turnos de fundición, pudelado y laminación. La introducción de una jerarquía con técnicos extranjeros creó una nueva forma de subordinación para los obreros locales, reproduciendo estructuras coloniales de poder dentro de la fábrica y limitando la participación real de la gente común en los beneficios de la modernización.

1883 – Fundación de la Ferrería de Samacá

Durante el primer gobierno de Rafael Núñez, la Compañía Constructora de Obras de Hierro de Boyacá (con los técnicos ingleses Santiago Bruce y Martín Perry, ex-técnicos de Pacho) construye la Ferrería de Samacá, su intención era alcanzar la metalurgia regional para la economía cafetera boyacense, una organización laboral más horizontal con la combinación de técnicos extranjeros y artesanos locales que formaron una comunidad técnica estable.

Samacá representó el intento más exitoso de arraigo local, permitiendo que artesanos boyacenses participaran activamente en la comunidad técnica y adaptaran el trabajo a su entorno, generando un mayor sentido de pertenencia entre la gente común.

1884 – Visita estatal y cierre de la Ferrería de Samacá

Bajo la presidencia de Rafael Núñez, la comisión oficial integrada por Nepomuceno Rodríguez y Tomás Brown visita Samacá. El informe concluye que solo existen 922 m³ de mineral explotable, con 25-36 % de sílice y alúmina (refractario), edificios sobre terreno deleznable y

cimientos del alto horno de solo 5 metros de profundidad que provocaron grietas y hundimientos, lo que provoco su cierre definitivo el mismo año causado directamente por limitaciones materiales y constructivas imposibles de superar: la baja calidad refractaria del mineral (25-36 % de sílice y alúmina) impedía una fundición eficiente, mientras los cimientos insuficientes sobre terreno deleznable provocaron fallos estructurales irreversibles a pesar de los medios importados como la turbina de 170 HP y el cubilote de 30 quintales/hora.

Agosto de 1885 – Exhibición de los primeros rieles de La Pradera

Bajo la presidencia de Rafael Núñez, se exhiben en Bogotá los primeros rieles de hierro fabricados en Colombia.

Noviembre de 1886 – Pruebas exitosas de los rieles de La Pradera

Bajo la presidencia de Rafael Núñez, se realizan pruebas rigurosas: densidad media 7,526, peso 22 kg por metro lineal, pruebas de flexión y choque exitosas. Los rieles se colocan en el kilómetro 14 del Ferrocarril de la Sabana.

1888 – Cierre definitivo de la Ferrería de Pacho

Bajo la presidencia de Rafael Núñez, la guerra civil de 1885 paraliza la producción. Pacho cierra definitivamente en 1888 por competencia de La Pradera, falta de capital y problemas logísticos (camino de herradura).

1909 – Cierre definitivo de la Ferrería de La Pradera

Bajo la presidencia de Rafael Reyes, La Pradera cierra en 1909. El cierre afectó directamente a las comunidades obreras locales. La fuerte dependencia de capital y técnicos ingleses generó una estructura social jerárquica que, al colapsar, dejó desempleo y frustración colectiva.

El contrato representó el último intento estatal de vincular la técnica con el beneficio colectivo, prometiendo empleo en talleres de quincallería y moralización de familias, aunque finalmente no se concretó debido a las limitaciones técnicas inherentes de la época.

1911 – Fracaso del último intento de reactivación de Pacho

El Congreso no aprueba plenamente el contrato, lo que llevó al fracaso como muestra de la ausencia de voluntad política sostenida para una transformación social real, dejando a los artesanos y peones sin las condiciones necesarias para que la técnica del hierro se tradujera en mejora de sus condiciones de vida.

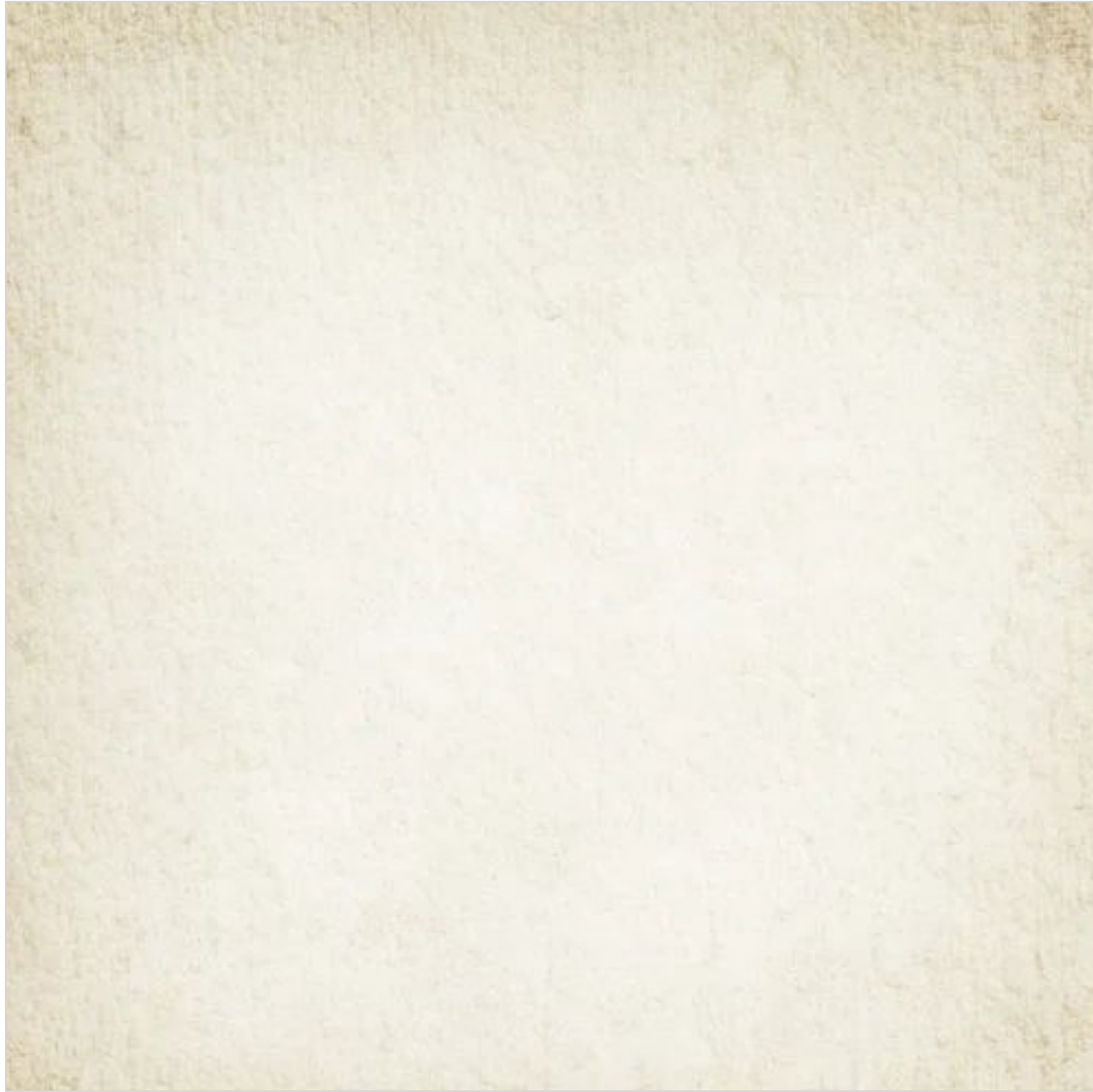
Esta línea de tiempo evidencia un patrón común a lo largo de casi un siglo (1814-1911): intentos de modernización técnica que chocaron sistemáticamente con limitaciones geológicas, logísticas, financieras y políticas. Ninguna ferrería logró construir un sistema autosuficiente. Su historia colectiva muestra que la técnica, sin un marco social e institucional duradero, no pudo generar la transformación material ni social que Colombia requería en el período 1880-1910.



CRONOLÓGICA DE FERRERÍAS

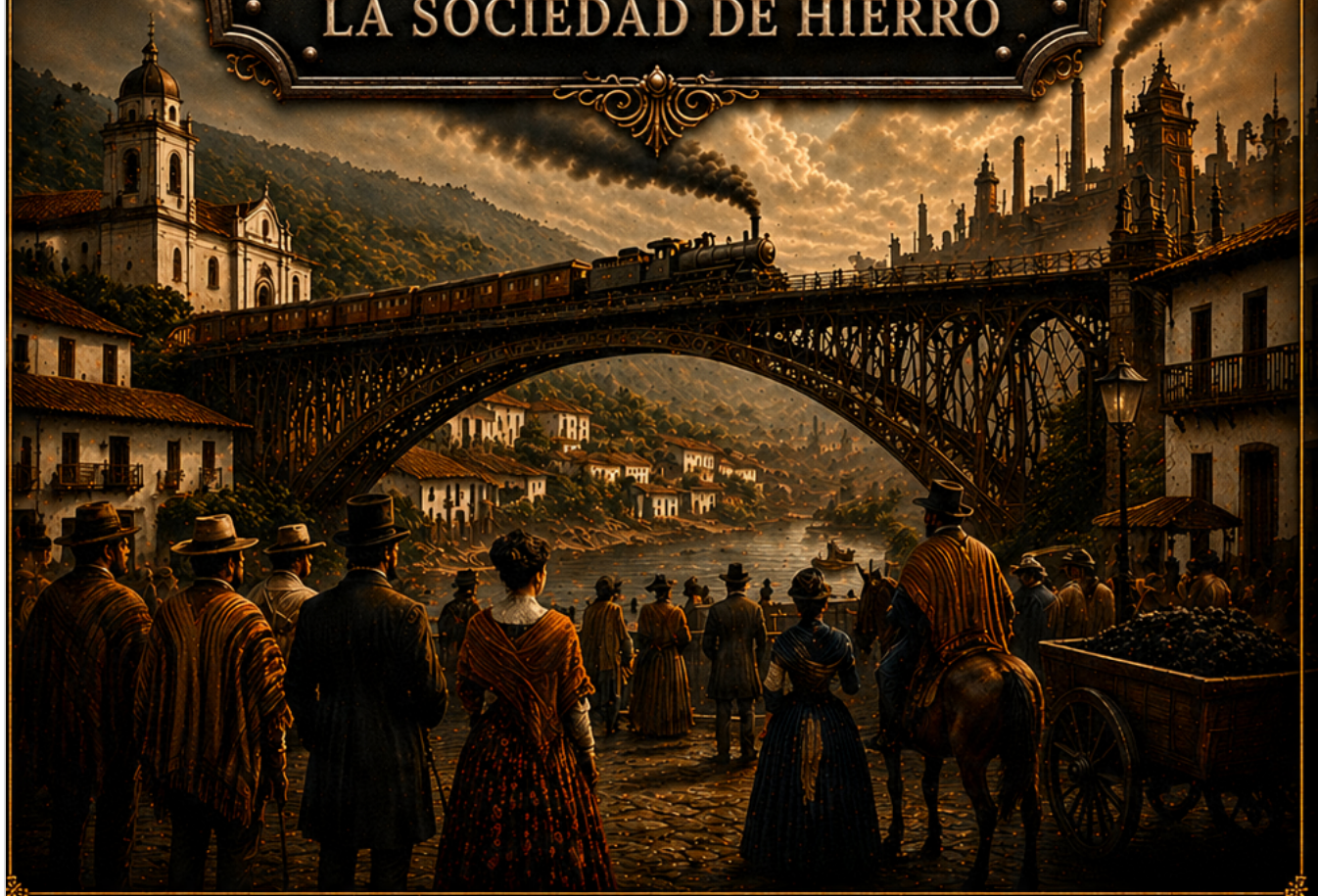
62





CAPÍTULO III

LA SOCIEDAD DE HIERRO



¿Qué ocurre cuando una tecnología promete transformar una sociedad, pero termina fortaleciendo las viejas desigualdades? Es así como este capítulo argumenta que la tecnología no reproduce un conjunto de herramientas ni de métodos y procedimientos de carácter neutro, sino que es una práctica social que reorganiza relaciones de poder, de trabajo y de conocimiento, donde la tecnología no se limita a objetos o métodos y representa formas específicas de organización de la sociedad, de las relaciones de autoridad y del saber y de las relaciones de la sociedad con la naturaleza.

Para hacerlo, se analizan cinco dimensiones interconectadas (artefacto, proceso, servicio, sistema y nuevo conocimiento) aplicadas a la metalurgia del hierro en las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá. Es aquí donde el hierro producido en estos enclaves no generó una industrialización benéfica, por el contrario, operó como un mecanismo de modernización excluyente que benefició a las élites agroexportadoras y a los contratistas del Estado, mientras que la mayoría rural siguió usando herramientas precarias. Cada dimensión individual de esta interconexión de la época, demostró que la técnica no democratiza el acceso a los conocimientos, ni a los medios de producción, sino que por el contrario reproduciendo y ampliando las estructuras de desigualdad existentes.

Este análisis se apoya en una tradición académica que va de K. Marx, L. Mumford, pasando por J. Ellul y la escuela de los Annales. Autores como Jacques Ellul (2003) y Lewis Mumford (1967) han mostrado que la técnica trasciende el artefacto para reorganizar las estructuras sociales y las mentalidades colectivas. Karl Marx, por su parte, analizó la maquinaria como una relación social de producción que transforma las condiciones del trabajo, la producción, la distribución y que reconfigura todos los órdenes sociales. Desde la Escuela de los Annales, Lucien Febvre, Marc Bloch y Fernand Braudel, insistieron en que los fenómenos técnicos deben estudiarse como hechos de larga duración que moldean desigualdades o posibilidades según el contexto histórico. En el caso colombiano el tránsito del siglo XVIII al XIX, evidencia una transformación que no fue neutra ni emancipadora: se insertó en una sociedad de profundas desigualdades heredadas desde el periodo colonial, en donde la metalurgia del hierro actuó como un factor de modernización selectiva y excluyente.

Si bien, la convergencia entre estas dimensiones permite afirmar que la tecnología constituye, en su esencia, una transformación de carácter social. Lejos de limitarse a resolver problemas de orden técnico, la tecnología produce readaptaciones profundas en las relaciones de poder, en las jerarquías sociales, en las formas de producción y en las representaciones colectivas. Siegfried Giedion en su obra "La mecanización toma el mando"(1978), muestra cómo este proceso no se detiene en la esfera productiva, sino que invade todos los ámbitos del devenir cotidiano, incluyendo las costumbres más privadas y los espacios domésticos.

Por su parte Lucien Febvre, Marc Bloch y Fernand Braudel, desde la Escuela de los Annales, matizan su visión en el sentido de que los fenómenos técnicos deben ser estudiados como hechos de larga, media y corta duración que orientaron mentalidades y estructuras profundas de las sociedades, generando nuevas posibilidades o desigualdades según el contexto histórico determinado. En el caso colombiano, esta transformación social se sucedió en el contexto de condiciones sociales específicas en donde la exclusión y el desarraigo habían configurado un tipo particular de sociedad. cerca de 400 años de colonia y principios de la república habían configurado unas formas de producción donde los metales en particularmente el hierro no eran de uso cotidiano, por ello, la metalurgia del hierro fue un factor importante de modernización sin que ello implique que no fuera selectivo y excluyente.

Esto permite pasar del plano general histórico mencionado en el trabajo para fijar la mirada y reflexionar sobre los cinco productos tecnológicos mencionados; indagar sobre transformaciones sociales, formas de producción y distribución junto con el modo de extracción transporte e incorporación de los objetos metálicos en la cotidianidad es lo central en este análisis.

Los cinco productos tecnológicos desde la perspectiva social

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, la metalurgia del hierro comenzó a transformar Europa y Estados Unidos (Mumford), dejando de ser una actividad artesanal dispersa para convertirse en un eje de industrialización. En Colombia, ese proceso llegó tarde. Las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá operaron entre 1880 y 1920, en un contexto de modernización tardía y dependiente.

El artefacto como hecho social

Desde la historia social de la tecnología, el artefacto nunca resulta ser un objeto neutral ni inocente, sino todo lo contrario, se encuentra imbuido y reproduce las relaciones de poder, las jerarquías sociales, las mentalidades colectivas de su tiempo. Lewis Mumford (1967), bastante perspicaz, sostiene que la máquina moderna “es antisocial” una vez que entra en una sociedad que no es capaz de recibirla, generando “un medio inhumano” (p. 8), un medio que deshumaniza las relaciones y somete al ser humano a los ritmos técnicos. De manera paralela, Siegfried Giedion (1978) muestra que los objetos técnicos no sólo transforman la producción, sino que reconfiguran de tal forma la producción que reorganizan costumbres, formas de habitar el espacio, incluso la propia percepción del tiempo y el propio cuerpo.

Si se analiza el caso de las ferrerías colombianas de Pacho, La Pradera y Samacá, se logra determinar que los artefactos de hierro —rieles, herramientas agrícolas, piezas fundidas, yunques y utensilios caseros— materializaron un proceso social igualmente ambivalente pero profundamente desigual. A pesar de que las élites intelectuales y políticas de la Regeneración exaltaron los artefactos de hierro como emblemas del progreso y de la civilización moderna, la escasez de los artefactos de hierro, su elevado costo y su concentración en un pequeño grupo, contribuyeron a crear una brecha estructural entre la pequeña élite que accedía a los beneficios de la técnica y la inmensa mayoría rural.

Esta realidad invita a una reflexión más profunda: los artefactos de hierro, lejos de producir un verdadero salto civilizatorio y de democratizar el acceso a la técnica, actuaron como mediadores de una modernidad excluyente y periférica, generando nuevas formas de dependencia económica respecto del capital extranjero y de las importaciones, perpetuando así, la pobreza estructural y el legado colonial de la desigualdad.

El proceso como hecho social

El proceso técnico no se presenta como un mero medio instrumental, sino como una relación social de producción que transforma de manera sumamente radical tanto la organización del trabajo como la relación del ser humano con la naturaleza. En el Capítulo XIII de *El Capital*, Karl Marx (1867/1975) nos ofrece un análisis que pone en evidencia cómo la maquinaria y la industria a gran escala convierten a la naturaleza en mera materia prima al servicio del capital. Aquello que antes era un ecosistema vivo (bosques, ríos, minerales, etc.), ya no es “naturaleza”, sino que será considerado “medio de producción” y “objeto de trabajo”, subordinado a la lógica de la valorización. El proceso productivo ya no obedece a los ritmos orgánicos de la naturaleza, sino que los somete a los ritmos mecánicos y abstractos del capital, transformando la materia prima en un eslabón más de la cadena de la valorización.

Esta subordinación de la naturaleza complementa la dominación del propio trabajador. La máquina y el proceso técnico despojan al trabajador de su saber artesanal, lo convierten en un apéndice del aparato. Jacques Ellul (2003) desarrolla ampliamente esta idea, afirmando que la técnica contemporánea busca la autonomía y la mecanización progresiva de todas las actividades humanas, independizándose incluso de las voluntades individuales.

En las ferrerías de localidades como Pacho, La Pradera y Samacá, estos procedimientos se ejecutaban de una manera muy concreta y dramática. Los de fundición en altos hornos, pudelado y laminación adoptan formas híbridas en función de las adaptaciones locales existentes, pero estaban condicionados por limitaciones estructurales muy severas: escasez de mineral metalífero de buen rendimiento; deficiencias en las fuentes de energía (carbón vegetal y fuerza hidráulica); escasa formación de la fuerza de trabajo. En lugar de conseguir una industrialización, dichos procesos reproducían formas de trabajo precario, jornadas laborales extenuantes, jerarquías sociales evocadoras del pasado de la esclavitud y la delgada herencia artesanal colonial. Benjamin Coriat (1982), al relatar la evolución del modelo de organización del trabajo, ayuda a comprender cómo estos procedimientos técnicos en un ciclo periférico como el colombiano a finales del siglo XIX y comienzos del XX, lejos de liberar al trabajador, instituyen nuevas y severas formas de control y explotación. La misma naturaleza—los bosques talados para obtener carbón, los ríos desviados para mover los ingenios, los yacimientos minerales exprimidos—era brutalmente transformada en materia prima al servicio de un proyecto modernizante que nunca llegó a serlo.

De este modo, el proceso técnico en las ferrerías colombianas ejemplifica cómo la tecnología no solo transforma la materia, sino que reproduce y actualiza relaciones sociales de dominación, convirtiendo tanto la naturaleza como al ser humano en recursos al servicio de una lógica económica excluyente.

El servicio como hecho social

El servicio es el término que se utiliza para hacer referencia a las funciones sociales y económicas que un producto técnico tiene en la formación social concreta. Siegfried Giedion (1978) mostró que los servicios técnicos no son meras prestaciones materiales, sino que cambian los ritmos de la vida de todos los días, las jerarquías de acceso, así como las formas de considerar la necesidad de los individuos. Lewis Mumford (1967) apuntó, asimismo, que todo sistema técnico produce servicios que no son neutros, sino que redistribuyen el poder y crean dependencias nuevas.

En el caso de la metalurgia del hierro colombiana entre 1880 y 1920, el servicio que se ofrecía era, en principio, el suministro de rieles, herramientas agrícolas, piezas fundidas y materiales de construcción necesarios para la modernización de la infraestructura y la agricultura. Sin embargo, este servicio se materializó de manera altamente selectiva. Benefició de forma prioritaria a los grandes exportadores de café, a los contratistas del Estado encargados de obras públicas y a las empresas extranjeras que controlaban el comercio de maquinaria y rieles. Las mayorías rurales, en cambio, continuaron utilizando herramientas tradicionales o importaciones de baja calidad, sin que la producción local de hierro altera significativamente sus condiciones de trabajo o su acceso a instrumentos más eficientes.

Tal selección de servicio es testimonio de una de las características estructurales de la modernización técnica en el contexto periférico: la fabricación de productos y servicios técnicamente evolucionados, sin llegar a transformarse en bienes de consumo masivo. A partir de esto, el hierro producido en las ferrerías ni siquiera sirvió para armar masivamente a la agricultura campesina, ni menos aún para modificar la suerte de los campesinos. Su utilidad fue la de soportar un modelo de integración dependiente en la economía-mundo, en el que Colombia exportaba materias primas agrícolas e importaba productos industriales elaborados. En este sentido, el servicio técnico no fue un artefacto de integración social, sino parte del engranaje de la división internacional del trabajo que mantenía al país en la posición de un lugar dependiente.

El sistema como hecho social

El sistema remite al conjunto de relaciones institucionales, organizativas, políticas y de poder que hacen posible la existencia y el funcionamiento de un producto técnico. Desde la perspectiva de la Escuela de los Annales, Marc Bloch y Lucien Febvre insistieron en que los fenómenos técnicos deben analizarse como expresiones de estructuras profundas que configuran tanto las relaciones de poder como las mentalidades colectivas a lo largo del tiempo. Jacques Ellul (2003) complementa esta visión al mostrar cómo los sistemas técnicos tienden a adquirir una lógica propia que termina subordinado a las instituciones y a los actores sociales que los crearon.

En las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá, el sistema que las respaldaba, se articulaba entre el Estado de la Regeneración, las élites terratenientes regionales, los inversionistas provenientes del exterior y las comunidades locales. Una trama productiva que no actuaba como una estructura neutral en la coordinación productiva. Más bien, funcionó como un artefacto de centralización económica y política que reconfiguraba a favor de las clases dominantes el escaso recurso técnico que existía y, por la vía de captar los eventuales beneficios de la producción, manteniendo en condiciones subordinadas a las comunidades locales, como proveedoras de mano de obra y de recursos naturales.

Lo más revelador de este sistema fue su capacidad para absorber el potencial transformador de la técnica sin alterar las relaciones de poder existentes. Las ferrerías no generaron una burguesía industrial nacional fuerte ni modificaron sustancialmente las estructuras fiscales y políticas heredadas. Por el contrario, el sistema que las rodeaba —caracterizado por la debilidad del Estado central, el predominio de intereses agroexportadores y la dependencia del capital extranjero— terminó limitando su desarrollo y asegurando que su contribución a la economía nacional fuera marginal y episódica. De este modo, el sistema técnico de la metalurgia del hierro no solo reflejó las estructuras de poder de su tiempo, sino que contribuyó a reproducirlas bajo una apariencia de modernización.

El nuevo conocimiento como hecho social

El nuevo conocimiento incluye el saber, el aprendizaje o la competencia que se va dando durante la creación, adaptación y funcionamiento de un producto tecnológico. Este tipo de conocimiento no consiste, fechando aquí la cuestión, en la simple acumulación de información técnica; es un proceso socialmente situado que irrumpe en el que tienen lugar confluencias de saberes explícitos, conocimientos tácitos, experiencias corporales y relaciones de poder; ya repara en ello Juan David García Bacca (1980), quien apunta que la técnica no es un simple hacer, sino una forma de conocer y ordenar el mundo; a lo que Lewis Mumford (1967) objeta que la tendencia tecnológica traerá de la mano una concentración del saber en pequeños grupos que, por fin, acaban por dominar al resto de la sociedad.

A partir de las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá se produjo un conjunto de saberes de carácter híbrido y sumamente contextualizado que incluía el aprendizaje empírico para poder acomodar los parámetros de los hornos a la variabilidad de los minerales obtenidos en la región; la capacidad de los carboneros del lugar para elegir y obtener y preparar distintos tipos de madera según el rendimiento calórico que se precisaba en cada fase de la cocción; el saber acumulado para alterar las proporciones de la carga y los tiempos de cocción teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y la humedad de los minerales; y las capacidades operativas desarrolladas para manejar el flujo de materiales pesados a partir de caminos estrechos y quebrados.

Estos saberes no eran reproducciones de libros de manuales europeos, sino la consecuencia de una traducción, cultural y material, de la reelaboración de técnicas foráneas a partir de las condiciones materiales del territorio colombiano y del saber acumulado de generaciones de los trabajadores locales.

Pero, hay que señalar que lo esencial no es la existencia de tal conocimiento, sino el destino social de tal conocimiento. En otros contextos de historia de industrialización temprana, el saber técnico se propaga a través de escuelas de oficios u otra serie de medios — periódicos técnicos, agrupaciones de artesanos que intercambian su saber—; en las ferrerías colombianas, el conocimiento no se traduce en manuales, no se formaliza en una enseñanza sistemática de nuevos obreros, ni se generan instituciones formativas de tipo técnico (mucho menos un aprendizaje "autodidacta"). El saber queda confinado en el conocimiento de unos pocos: técnicos extranjeros de paso, administradores de formación campesina europea y escasos artesanos locales que han logrado acceder a algunos secretos del oficio — sabiendo que no han llegado a constituirse en un patrimonio colectivo transmisible.

Dicha clausura del conocimiento tuvo efectos extensos. Se vio impedida la articulación de una base nacional del saber técnico capaz de sostener y de propulsar la propia industria del hierro más allá de la longevidad de las ferrerías. Contribuyó -tampoco esto es desdeñable- a la consolidación de una desigual división social del saber en que la técnica era sólo un terreno de los especialistas externos o de una élite muy local. El saber que producía en las ferrerías no se convertía en un soporte para una mayor autonomía productiva y cognitiva; en el fondo reproducía la dependencia: había que seguir contratando ingenieros extranjeros o importar soluciones ya elaboradas en otros países.

La tecnología que transformó y fue transformada: élites, política, economía y pueblo

La tecnología puede ser considerada una fuerza histórica que a la vez llega a cambiar la sociedad y a la que la sociedad cambia, dado que este doble movimiento ilustra que ninguna novedad técnica existe en el vacío; desde el punto de vista de la Escuela de los Annales, y particularmente en los escritos de sus máximos exponentes, Lucien Febvre y Marc Bloch, se puede leer los fenómenos técnicos ni como episodios descontextualizados, ni como elementos fuera de unas estructuras profundas de la historia que determinan su extensión e implicaciones sociales.

En Combates por la historia, por ejemplo, Febvre remarcaba la necesidad de una historia total que conforme a los hechos técnicos los asocie a las mentalidades colectivas, las permanencias estructurales, etc. Complementariamente, Bloch, en su Apología para la historia o el oficio de historiador señalaba que "la historia se hace con documentos, pero también con problemas", y que los fenómenos de larga duración son los adecuados para atravesar las verdaderas transformaciones sociales (Bloch, 1993/2001, p. 45). Si trasladamos todo esto al siglo XIX y al principio del XX, podemos apreciar que la llegada de las tecnologías industriales supuso una verdadera transformación de la producción, las formas de trabajo, el territorio o la vida cotidiana, pero, además, una transformación manifiestamente desigual, puesto que las élites económicas y políticas se turnaron para captar esos beneficios mientras que las mayorías populares participaron en una modernización excluyente y que sirvió para reforzar las desigualdades estructurales, incluso aquellas que habíamos heredado.

Por lo tanto, la tecnología sí había modificado la sociedad, pero no todas las personas en grado igual. Las élites aplicaron la técnica como una herramienta de perseverancia y acumulación, no de progreso colectivo. Las decisiones políticas y económicas de la Regeneración invalidaban, restringían o pervertían

tal cual su potencial transformador para las masas. Las estructuras de larga duración (el legado esclavista, el analfabetismo estructural, la cuestión del clientelismo, la dependencia económica,) fueron frenos muy potentes que hicieron suya la mutación técnica. Como advierte Bloch, la llegada de nuevas técnicas conlleva a la vez una actualización de las desigualdades (Bloch, 1993/2001).

El caso colombiano: las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá (1880-1920)

En el contexto de las ferrerías locales, aquel doble movimiento adquiere formas definidas y dramáticas. La metalurgia del hierro durante el periodo comprendido entre 1880 y 1920 fue un derroche de la ambición por un cambio social y económico. El Estudio Arqueológico de la Ferrería de Samacá (Therrien y Del Cairo, 2011) revela la existencia de un complejo industrial que avanza en tecnologías como los hornos de pudelado, hornos de recalentamiento, cubilote, hornos de coke y hornos de cal, junto con edificios de tipo administrativo (casetas y/o oficinas de trabajo) y de los obreros. Esta maquinaria industrial se estaba haciendo un intento por acceder a la modernidad industrial, de acuerdo con el testimonio de Poveda Ramos (1986), las ferrerías, en cambio, bajaban la cabeza como consecuencia de las crónicas insuficiencias que ya habíamos venido viendo: escasez del mineral de calidad, de energía y de mano de obra poco competitiva.

La tecnología siderúrgica supuso cambios reales, si bien, limitados, pues ocupó mano de obra temporal en las regiones de Cundinamarca y Boyacá, apuntaló cierta infraestructura tanto ferroviaria como agrícola y generó artefactos (rieles, implementos y piezas fundidas) que se pusieron en circulación en el mercado interno. Sin embargo, todos estos beneficios fueron acaparados principalmente por las élites bogotanas o regionales aliadas a la administración del Estado regeneracionista y la economía agroexportadora del café supeditaron la producción de los hierros nacionales a la importación preferencial de hierro extranjero más barato y confiable, condenando a las ferrerías a una operación intermitente y carente de rentabilidad. López Rivera (2022) pone de manifiesto como la recentralización fiscal de 1886 y la crisis del año 1905 dieron nuevo impulso a la supervivencia de esta dinámica en la medida en que el Estado buscó las finanzas regionales para poder llevar a cabo su proyecto modernizador, pero olvidando redistribuir los frutos de la modernización técnica entre las mayorías.

Esta captura queda dentro de estructuras prolongadas que se han podido hacer visibles desde la perspectiva analista el legado esclavista, bien documentado a partir de los censos de 1825 y 1851 (Galvis Noyes), llevó a que la sociedad quedará jerarquizada en un sentido profundo, sino que el trabajo manual y técnico continuó estigmatizado. El analfabetismo estructural analizado por Ramírez y Téllez (2006) evitó que el nuevo conocimiento emergido de las ferrerías trascendiera a más que círculos élites pequeños. Castro Carvajal (1997) y Jurado Jurado (2010) confirmaron que la pobreza

y la exclusión social subsistieron a pesar de los intentos modernizadores, ya que las élites y el Estado optaron por el control político y la acumulación económica por encima de la inclusión social. De esta manera, las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá ilustran con crudeza cómo la tecnología prometió transformación, pero fue transformada por las élites y la política en la Regeneración, y las estructuras económicas dependientes.

La necesidad histórica de la formación técnica y su sentido en la educación contemporánea

A partir del análisis de los cinco productos tecnológicos de la metalurgia del hierro en las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá entre 1880 y 1920 se llega a la conclusión de que la técnica no funciona por sí sola. Está mediada por relaciones de poder, sociales y de conocimiento que se han ido constituyendo a lo largo del tiempo. Esta constatación invita a plantear una cuestión más amplia: ¿por qué y cómo la técnica transformó y obligó a otros procesos formativos y educativos en Colombia? La respuesta no se encuentra en una decisión administrativa, sino en las propias contradicciones del proceso de modernización que las ferrerías mostraron a lo largo del siglo XIX y principio del siglo XX.

Karl Marx, en *El Capital*, se detiene a señalar que la gran industria, al transformar los medios de producción, crea una exigencia social distinta: la necesidad de contar con trabajadores con conocimientos

técnicos cada vez más complejos. La maquinaria, subordinando al obrero a su propio ritmo, crea la exigencia de obtener una capacitación que una al trabajo productivo con la instrucción teórica (Marx, 1867/1975, cap. XIII). Por su parte, en el caso colombiano, pronto y de manera conflictiva se dio tal exigencia.

En los inicios de la primera mitad del siglo XIX, la introducción de la metalurgia de hierro y otras técnicas modernas fue determinante, ya que mostró la urgente necesidad de incorporar profesionales con conocimientos técnicos y científicos. No obstante, como ha analizado Frank Safford (2014) en “El ideal de lo práctico”, esta necesidad se enfrentó con una realidad estructural: la sociedad colombiana y el sistema educativo de la época seguían poniendo por encima de las carreras prácticas, la formación letrada. El trabajo técnico seguía teniendo una carga negativa de prestigio que lo vinculaba a oficios manuales de menor importancia. Desde el periodo colonial los oficios prácticos fueron considerados como propios de los sectores pobres, estos trabajos eran de esclavos, indios y mestizos; las elites se reservaban el derecho de lo que podría denominarse acciones nobles. Ello implicaba una clara división social que podría rastrearse en toda la edad antigua. Ello explica porque la metalurgia moderna y otras actividades productivas se organizaban en términos de urgencia, pero carecían de los necesarios niveles de personal calificado, ya que Colombia no contaba aún con instituciones formadoras o trayectorias formativas que la facilitaran. Allí, F. Safford ha mostrado que el desprecio por las actividades manuales tenía como consecuencia que muy pocos individuos quisieran adentrarse en el estudio de estos campos,

y aquellos que lo hicieron o no terminaban los estudios o cuando se graduaban no encontraban lugar para ejercer sus profesiones (Safford 2014). Así, los primeros intentos de desarrollar metalurgia moderna en Colombia se realizaron en gran medida a costa de la contratación de técnicos extranjeros, reproduciendo una dependencia de la cual F. Safford habla, y que según él fue uno de los frenos básicos a la formación de una élite técnica nacional durante todo el siglo XIX.

Gabriel Poveda Ramos (1986) afirma que las primeras ferrerías fueron administradas por ingenieros y técnicos extranjeros, sin embargo, poco a poco algunos colombianos, principalmente jóvenes de Antioquia, comenzaron a adquirir esos saberes prácticos. Antioquia se convirtió en un área académica y técnica primordial, lo que explica por una intensa actividad minera, especialmente en Marmato y Supía: muchos jóvenes antioqueños se volvieron ayudantes o aprendices en las minas y ferrerías que eran operadas por extranjeros y allí adquirieron de manera práctica criterios y experiencia en explotación minera. el beneficio de los minerales, el manejo de los hornos y la maquinaria (Poveda 1986) generaron procesos de formación muy distantes a los que se enseñaban en las escuelas y colegios; el manejo continuo de los materiales posibilitó la construcción de un pensamiento que daba cuenta de un mundo concreto y de las relaciones entre materias primas, procesos y artefactos terminados. Aunque era un aprendizaje limitado y que dependía siempre de la intervención y de la presencia de los técnicos extranjeros, fue uno de los pocos mecanismos de enseñanza práctica que tuvo lugar en el país durante décadas (casi todo el siglo XIX). También comenzaron a surgir escuelas y talleres de mecanización, para difundir conocimientos

mecánicos y metalúrgicos, ya que la necesidad de la industria moderna no podía, como hasta ese momento, ser únicamente el resultado de importar maquinaria y traer a personal calificado extranjero.

Esta necesidad de formación técnica no era exclusiva de las herrerías, sino que se hacía aún más visible en distintos campos sociales y productivos del país. Por otra parte desde la segunda mitad del siglo XIX, sectores sociales y políticos comienzan a señalar que era necesario proporcionar al país una formación técnica más ordenada y sistemática (Safford y Poveda). En 1867 coincidiendo con la fundación de la Universidad Nacional de Colombia se crea, por ley, la Escuela de Artes y Oficios, aunque su funcionamiento fue muy escaso como consecuencia de la falta de medios y de adecuada infraestructura. Décadas después (1905), se organiza la Escuela Central de Artes y Oficios de Bogotá, orientada precisamente hacia la formación de técnicos con oficios mecánicos, electricidad, entre otras. Los documentos de la época, tales como los Anales de la Instrucción Pública, evidencian la preocupación constante del gobierno por la formación de trabajadores cualificados de forma sistemática. Sin embargo, Colombia seguiría dependiendo de técnicos extranjeros y de productos importados, repitiendo así una condición de dependencia que ya se había experimentado en las herrerías del siglo XIX.

La investigación sobre la historia de los procesos técnicos no sólo da cuenta de lo que sucedió en el pasado; sino que, al mismo tiempo, permite comprender las condiciones en las que se desarrolló —o se impidió que se desarrollara— la técnica de la metalurgia en Colombia. Todos los avances en esta técnica, todos los fracasos en la fundación de escuelas de oficios o toda dificultad para formar personal técnico, ayudarán a explicar por qué existe una relación continua entre técnica, educación y sociedad. Entender cómo surgieron las ferrerías; qué tipos de conocimientos se generaban en ellas; cuáles eran los motivos por los que esos conocimientos no circularon más ampliamente o cómo respondieron el Estado y las élites a la necesidad de generar capacidades de formación técnica, es la forma de sugerir tensiones que todavía aparecen y se consolidan en la educación tecnológica en Colombia.

Es precisamente esta comprensión del proceso histórico lo que da razón de ser a la perspectiva que se trabaja en este documento. La lectura de los cinco productos tecnológicos de la metalurgia del hierro desde 1880 a 1920 responde a esa formulación curricular, en la medida que muestra que la técnica es siempre también una transformación social que hay que enmarcar en las relaciones de poder y en las maneras de producir un tiempo y un espacio asociado a la industrialización. No es casual que las Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática (Ministerio de Educación Nacional, 2022) consideren que el estudio de la tecnología no debe restringirse a describir artefactos y procesos, sino que también debe dar cuenta de su dimensión social, cultural, ética e histórica.

El análisis desde las cinco dimensiones tecnológicas en las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá deja una lección paradójica: las técnicas no transformaron por sí sola la estructura social colombiana, pero sí hicieron evidente una carencia estructural en la educación. La dependencia de técnicos extranjeros, la pérdida de los saberes locales y la incapacidad de sostener la producción de hierro revelaron que, sin una formación técnica amplia y socialmente distribuida, cualquier intento de industrialización seguiría siendo frágil y excluyente. No es casual que, a partir de la segunda mitad del siglo XIX, surgieran en Colombia las primeras escuelas de artes y oficios (1867, 1905). Fueron respuestas tardías y limitadas, pero reconocían una verdad que las ferrerías habían enseñado: la técnica no se importa ni se decreta; se aprende, se enseña y se transmite. Esa lección sigue vigente en la educación tecnológica contemporánea.

La historia de la metalurgia del hierro en Colombia no se puede circunscribir a la fabricación de los hornos que se pusieron en funcionamiento y que luego se cerraron. es la historia de cómo una sociedad periférica intentó apropiarse de una técnica moderna; de las dificultades estructurales que encontró por el camino y de la limitada conciencia y formación técnica amplia y socialmente distribuida. La importancia de estudiar estos procesos a través de la historia reside precisamente en que permite comprender mejor los retos que la educación en tecnología encuentra en la actualidad y al mismo tiempo proporciona elementos que ayuden a pensar cómo ha de enfrentarse este campo de estudios en la actualidad.

CONCLUSIONES

El análisis histórico-crítico que conforma la presente investigación, y que se anunció como enfoque metodológico desde la introducción, devela las circunstancias y procesos, los intereses e intencionalidades, las condiciones materiales e intelectuales que afectaron al desarrollo técnico y tecnológico, junto con las tensiones políticas y sociales que enmarcaron la explotación, transformación y uso del hierro en la incipiente y naciente industria metalúrgica del país durante el siglo XIX y a principios del XX.

Estas tensiones son las mismas que el capítulo 3 desarrolla al analizar el sistema y el nuevo conocimiento como hechos sociales: la inequidad presente en las relaciones de poder limitaba el acceso al conocimiento de la técnica para la transformación y uso del material, y las implicaciones de traer instructores, material y tecnología extranjera evidenciaron la condición de dependencia de la naciente industria colombiana, y con ello, las relaciones entre política y tecnología en el periodo estudiado.

Esa dependencia se explica, como se mostró en el capítulo 1, por las condiciones materiales que tuvieron que afrontar las ferrerías —minerales de mala calidad, deficiencias en el aspecto energético, falta de integración con sistemas de transporte modernos y escasez de capital—, a lo que se suma la decisión política y económica de las élites de la Regeneración de priorizar la importación del hierro, considerado más barato y fiable que el riesgo de sostener proyectos nacionales y con ello se reforzaba la dependencia tecnológica, mientras se limitaban los beneficios de las ferrerías a las élites vinculadas a la economía agroexportadora y a la contratación estatal.

Esta dinámica se confirma en la trayectoria particular de cada ferrería, caracterizada en el capítulo 2: la Ferrería de Samacá tuvo que cerrar en 1884, solo un año después de su fundación, por complicadas condiciones geológicas y constructoras que hicieron inviable la explotación en el alto horno; la Ferrería de La Pradera, pese a hitos técnicos como la producción de los primeros rieles nacionales entre 1885 y 1886, no resistió la dependencia de capital y técnicos ingleses ni la competencia del hierro importado; y la Ferrería de Pacho, aunque fue la más duradera al operar de manera intermitente durante casi un siglo, vio fracasar su último intento serio de modernización (el contrato Brochon de 1910-1911) por la ausencia de apoyo político y económico sostenido. En las tres, la ausencia de un sistema institucional estable impidió que el conocimiento técnico se consolidara de forma colectiva.

El estudio de las cinco categorías de productos tecnológicos —artefacto, proceso, servicio, sistema y nuevo conocimiento— desarrolladas a lo largo del capítulo 3, demostró que la metalurgia del hierro en el caso colombiano no fue un proceso tecnológico neutro. La relación de cada una de estas dimensiones evidenció qué tan operativa fue la técnica como práctica social que reordenó relaciones de poder, jerarquías laborales y formas de acceso al conocimiento: los artefactos favorecieron a las élites; los procesos reprodujeron condiciones laborales precarias; los servicios se encaminaron selectivamente hacia la economía cafetera y las obras públicas; los sistemas continuaron en la dependencia de capital y técnicos extranjeros; y el nuevo conocimiento se localizó en círculos restringidos, sin dejar un legado formativo extendido ni un patrimonio técnico colectivo.

Esta clausura del saber técnico, como ha indicado Frank Safford (2014) —uno de los referentes historiográficos consultados en el marco teórico—, también respondió a una estructura cultural que confería bajo prestigio al trabajo manual y al trabajo técnico.

El uso de esas cinco categorías, extraídas de las Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática (Ministerio de Educación Nacional, 2022) e introducidas desde el apartado metodológico, fue clave para el desarrollo del trabajo: no son solamente una estrategia técnica de clasificación, sino un marco conceptual a través del cual se pudo dar cuenta de los productos tecnológicos y de su carácter social, ético y de poder. Su aplicación al caso de las ferrerías permitió evidenciar su papel en la reproducción, o en la limitación, de procesos de inclusión y autonomía tecnológica, lo que conecta directamente el análisis histórico con los propósitos formativos de la Licenciatura en Diseño Tecnológico de la Universidad Pedagógica Nacional planteados en la introducción.

Desde el punto de vista pedagógico —y en línea con la reflexión que cierra el capítulo 3—, el análisis de las cinco dimensiones tecnológicas aplicado a un caso histórico específico permite extraer conclusiones que proporcionan un buen material para aprender Diseño Tecnológico. Entender cómo la técnica se vincula a relaciones de poder, cómo crea mentalidades y en qué medida puede reproducir desigualdades o cuestionarlas, es un aporte a una educación tecnológica que va más allá de la descripción de artefactos y procesos.

Las ferrerías de Pacho, La Pradera y Samacá, estudiadas en los capítulos 1 y 2, demuestran que el desarrollo técnico va indisolublemente ligado a las condiciones sociales, políticas y culturales de cada época.

En conjunto, y retomando el objetivo general planteado desde la introducción, el estudio de estas experiencias permite afirmar que el desarrollo técnico no depende solamente de la disponibilidad de recursos naturales o de la importación de máquinas, sino también del modo en que una sociedad construye sus instituciones, valora el trabajo técnico, hace circular el conocimiento y orienta la técnica hacia fines colectivos. Esa lección, que brota del análisis histórico de las ferrerías desarrollado en los capítulos 1 y 2, y que se enriquece con el uso de las cinco categorías y los referentes curriculares presentados en el capítulo 3, mantiene su vigencia para pensar los retos que presenta hoy la educación en tecnología en Colombia.

El estudio de estas experiencias permite afirmar que el desarrollo técnico no depende solamente de la disponibilidad de recursos naturales o de la importación de las máquinas; depende también del modo como una sociedad construye sus instituciones, valora el trabajo técnico, hace circular el conocimiento y orienta la técnica hacia fines colectivos. Aquella lección, que brota del análisis histórico de las ferrerías y que se enriquece del uso de los referentes curriculares oficiales, mantiene su vigencia para pensar los retos que presenta la educación en tecnología en Colombia en el presente.

Cartografía Histórica

<https://read.bookcreator.com/OPNqabgupiMZksfZu9weJNpOClo1/RIKRuGgPSaSHGEbAZbYE4Q>

Biblioteca Digital Educativa

<https://drive.google.com/drive/folders/1IDKQjWXOf8TuIYB-HPN48GS0YDxd6HmH?usp=sharing>

En el siguiente enlace se puede encontrar todos los libros usados para la creación de la monografía

Agente Fiscal del Gobierno Nacional. (1909). Juicio ejecutivo promovido por el Agente Fiscal del Gobierno Nacional contra los dueños de la Ferrería de La Pradera. Imprenta Eléctrica.

Alvarez Olivares, J. (2018). El mundo artesanal en transformación, educación técnica y circulación de saberes en Colombia, 1880-1930 [Tesis doctoral]. Université Sorbonne Paris Cité; Universidad Nacional de Colombia.

Bloch, M. (2001). Apología para la historia o el oficio de historiador. Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1949).

Castro Carvajal, B. (1997, abril). La pobreza en Colombia, 1886-1930: Estado, Iglesia y ciudadanos [Ponencia]. Reunión de la Asociación de Estudios Latinoamericanos, Guadalajara, México.

Castro Carvajal, B. (Ed.). (1998). Historia de la vida cotidiana en Colombia. Grupo Editorial Norma.

Comisión. (1880). Informe de la Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá. Imprenta a cargo de H. Andrade.

Comisión [Zerda y Restrepo]. (1882). Ferrería de Samacá. Informe de una Comisión. Imprenta de vapor de Zalamea Hermanos.

Comisión nombrada para practicar una visita en la Ferrería de Samacá. (1884). Último informe relativo a la Ferrería de Samacá. Imprenta de Medardo Rivas.

Conway, E. (2023). Material world: The six raw materials that shape modern civilization. Alfred A. Knopf.

Coriat, B. (1982). El taller y el cronómetro: Ensayo sobre el taylorismo, el fordismo y la producción en masa. Siglo XXI Editores.

- Defensa nacional y la Ferrería de Pacho. (1911). Imprenta de El Liberal.
- Ellul, J. (2003). La edad de la técnica. Octaedro.
- Escobar Díaz, M. (1997). El mundo del trabajo en Bogotá, 1850-1930: La formación de la clase obrera. Universidad Nacional de Colombia.
- Etablissements Métallurgiques et Forges Nationales de Colombie Limited. (1911). Nota sobre la Ferrería y Hulleras de Pacho. Tip. Augusta.
- Febvre, L. (1982). Combates por la historia. Ariel.
- Ferreira, R. (1889). Riel de hierro y máquina de vapor fabricados en La Pradera. Imprenta Echeverría.
- Galvis Noyes, A. J. (1973). La esclavitud en Colombia durante el periodo republicano (1825-1851). *Universitas Humanística*, 5 (5 y 6). <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/univhumanistica/>
- García Bacca, J. D. (1980). Elogio de la técnica. Anthropos.
- Giedion, S. (1978). La mecanización toma el mando. Gustavo Gili. (Obra original publicada en 1948).
- Grice, E. (1853). Memorial de Enrique Grice a la Cámara de Representantes en el Negocio de Ferrería de Pacho. Imprenta del Neo-Granadino.
- Jurado Jurado, J. C. (2010). Pobreza y nación en Colombia, siglo XIX. *Revista de Historia Iberoamericana*, 3(2), 47-68. <https://doi.org/10.3232/RHI.2010.V3.N2.03>
- Kalmanovitz, S. (2003). Economía y nación: Una breve historia de Colombia. Tercer Mundo Editores.

- Lleras, R., y Moreno, L. (2019). Historia y arqueología de la Ferrería de Pacho, Cundinamarca. *Boletín de Historia y Antigüedades*, 106(869). Academia Colombiana de Historia.
- López Rivera, E. (2022). Continuidades del federalismo fiscal colombiano: Cundinamarca 1884-1910. *Revista de Economía Institucional*, 24(47), 57-87.
<https://doi.org/10.18601/01245996.v24n47.03>
- Mächler, T. (1984). La ferrería de Pacho: una ventana de aproximación. *Cuadernos de Economía*, 6 (7), 107-131.
https://fce.unal.edu.co/media/files/cuadernos/7/v6n7_machler_1984.pdf
- Marx, K. (1975). El capital: Crítica de la economía política (Vol. 1). Siglo XXI Editores. (Obra original publicada en 1867).
- Mayor Mora, A. (1996). Cabezas duras y dedos inteligentes: Estilo de vida y cultura técnica de los artesanos colombianos del siglo XIX. Colcultura.
- Ministerio de Educación Nacional. (2022). Orientaciones curriculares para el área de tecnología e informática en educación básica y media.
- Ministerio de Obras Públicas. (1910). Contrato sobre fomento de la Ferrería y Hulleras de Pacho [Folleto compilatorio].
- Mumford, L. (1967). El mito de la máquina: Técnica y evolución humana. Pepitas de Calabaza.
- Mumford, L. (1971). Técnica y civilización. Alianza Editorial.
- Pérez, F. (1883). Geografía general física y política de los Estados Unidos de Colombia y geografía particular de la ciudad de Bogotá (Tomo I). Imprenta de Echeverría Hermanos.

- Poveda Ramos, G. (1986). Ferrerías, metalurgia e ingeniería en Colombia. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 10(3-4), 71-78.
- Poveda Ramos, G. (1991a). Historia social de la ciencia en Colombia: Tomo IV. Ingeniería e historia de las técnicas (1). Colciencias.
- Poveda Ramos, G. (1991b). Historia social de la ciencia en Colombia: Tomo V. Ingeniería e historia de las técnicas (2). Colciencias.
- Proyecto de ferrocarril al Bajo Magdalena. (1880). Nuevo proyecto de ferrocarril al Bajo Magdalena. Imprenta de I. Borda.
- Ramírez, M. T., & Téllez, J. P. (2006). La educación primaria y secundaria en Colombia en el siglo XX. Banco de la República, Unidad de Investigaciones.
- Safford, F. (2014). El ideal de lo práctico: El desafío de formar una élite técnica y empresarial en Colombia (2.ª ed.). Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Therrien, M., y Del Cairo, C. (2011). *Estudio arqueológico antigua Ferrería de Samacá* [Informe técnico]. Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). <https://es.scribd.com/document/463011702/Estudio-arqueologico-Ferreri-a-de-Samaca-1>
- Urrego, M. Á. (2008). Sexualidad, matrimonio y familia en Bogotá 1880-1930. Ariel Historia, Fundación Universidad Central - DIUC.
- Valero Julio, E. A. (1994). Empresarios, tecnología y gestión en tres fábricas bogotanas (1880-1920). Universidad Nacional de Colombia.
- Wokittel, R. (1929). Informe sobre la excursión a Cundinamarca y Boyacá efectuada por los alumnos de la Escuela del 22 de junio al 17 de julio de 1929. Anales de la Escuela Nacional de Minas.

Bibliografía de imágenes

Figura1 Cabrer, C. F. (1797). *Croquis de la ciudad de Santafé de Bogotá y sus inmediaciones* [Mapa]. Tejiendo la Ciudad. <https://tejiendolaciudadblog.wordpress.com/1797-carlos-cabrer/>

Figura 2 Biblioteca Virtual del Banco de la República. (s.f.). *[Título sin confirmar]* [Imagen]. Colección Cartografía histórica. <https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll13/id/18/>

Figura 3 Valenzuela A., M. T. (s.f.). *A vapor, transporte por el río Magdalena* [Fotografía]. Casillero de Letras, El Colombiano. <https://www.elcolombiano.com/blogs/casilleroделеtras/vapores-medellin-transporte-por-rio/15115>

Figura 4 Monsalve, D. (1927). *Colombia cafetera*. Artes Gráficas. (Digitalización: Biblioteca Virtual del Banco de la República). <https://www.cervantesvirtual.com/obra/colombia-cafetera-860426/>

Figura 5 Monsalve, D. (1927). *Colombia cafetera*. Artes Gráficas. (Digitalización: Biblioteca Virtual del Banco de la República). <https://www.cervantesvirtual.com/obra/colombia-cafetera-860426/>

Figura 6 Archivos BLAA. (1898). *Instalaciones de la Pradera* [Fotografía]. Como se reproduce en Bohórquez, R. (2010). *Subachoque: Apuntes de historia*. <https://ruborpuebloscundinamarca.blogspot.com/2010/04/subachoque.html>

Figura 7 Municipios.com.co. (s.f.). *Museo Parque La Ferrería, Subachoque, Cundinamarca* [Fotografía]. <https://www.municipios.com.co/sitio/1717/museo-parque-la-ferreria>

Figura 8 Biblioteca Virtual del Banco de la República. (s.f.). *[Antigua Ferrería de Pacho. Panorama]* [Fotografía]. Colección fotográfica Gumersindo Cuéllar.
<https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll19/id/1197/rec/2>

Figura 9 Biblioteca Virtual del Banco de la República. (s.f.). *[Antigua Ferrería de Pacho. Ruinas]* [Fotografía]. Colección fotográfica Gumersindo Cuéllar.
<https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll19/id/1181/rec/3>

Figura 10 Agofer S.A.S. (2023, 17 de julio). *Ferrería de Pacho, Cundinamarca* [Entrada de blog]. Somos Acero.
<https://www.agofer.com.co/ferreria-de-pacho-cundinamarca>

Figura 11 Arqueología Industrial en Colombia. (s.f.). *Ferrería de Samacá* [Fotografías]. Fábricas de Cambio.
<https://arqueologiaindustr.wixsite.com/fabricasdecambio/ferrera-de-samaca->

Figura 12 López, E. 1921. *Almanaque de los Hechos Colombianos, 1921-1922*. Casa editorial y talleres de fotograbado de Arboleda & Valencia, Volumen 4. Bogotá, Colombia.

Figura 13 Arqueología Industrial en Colombia. (s.f.). *Ferrería de Samacá* [Fotografías]. Fábricas de Cambio.
<https://arqueologiaindustr.wixsite.com/fabricasdecambio/ferrera-de-samaca->

ALTO HORNO (Metalurgia / Historia de la tecnología)

Estructura industrial de gran tamaño, construida en ladrillo refractario, diseñada para la producción continua de hierro fundido a altas temperaturas. Requiere una carga alternada de mineral, combustible y fundente, con inyección de aire caliente desde la base. En las ferrerías colombianas del siglo XIX representó el nivel tecnológico más avanzado alcanzado. La Ferrería de Pacho instaló uno en 1837 y La Pradera amplió el suyo a una capacidad de 40 toneladas en 1883, aunque ninguno operó de forma continua y eficiente.

ARTEFACTO (Historia de la tecnología / Diseño Tecnológico)

Objeto físico producido como resultado de un proceso técnico. En el marco de las cinco categorías aplicadas a las ferrerías, comprende las herramientas, rieles, piezas fundidas y utensilios fabricados. En Pacho predominaron herramientas agrícolas; en La Pradera, los primeros rieles nacionales; y en Samacá, objetos de uso doméstico y agrícola de menor escala. Permite analizar cómo la producción material respondía a demandas regionales concretas.

CAPITAL EXTRANJERO (Historia económica)

Recursos financieros aportados por inversionistas o empresas extranjeras para proyectos productivos locales. En las ferrerías colombianas estuvo presente de forma intermitente: principalmente inglés en La Pradera y francés en el intento de reactivación de Pacho (1910). Generó tensiones entre transferencia tecnológica y dependencia estructural.

COMUNIDAD TÉCNICA (Historia de la tecnología / Historia social)

Grupo de personas que comparten saberes, prácticas y experiencias técnicas, generando conocimiento colectivo. En Samacá se formó una comunidad técnica más horizontal entre artesanos locales y técnicos ingleses, lo que favoreció cierta adaptación pese al cierre de 1884. Contrasta con la estructura más jerárquica de La Pradera.

CONTRATO DE FOMENTO (Historia institucional)

Acuerdo jurídico mediante el cual el Estado otorga garantías o privilegios a particulares para desarrollar actividades de utilidad pública. El contrato de 1910 entre el Gobierno y Edmond Brochon para reactivar la Ferrería de Pacho es un ejemplo claro, con garantía estatal del 7 % sobre hasta 500.000 libras esterlinas.

CUBILOTE (Metalurgia)

Horno vertical de menor tamaño que el alto horno, usado para fundir hierro mediante combustión de carbón. En la Ferrería de Samacá se instaló uno con capacidad de 30 quintales por hora, como parte del equipamiento más ambicioso del proyecto, aunque las limitaciones del mineral impidieron su operación eficiente.

FERRERÍA (Historia de la tecnología / Metalurgia)

Unidad productiva protoindustrial de escala reducida, caracterizada por hornos discontinuos, fundición por lotes y forja manual o semi-mecanizada. Las de Pacho (1823), La Pradera (1858) y Samacá (1883) operaron en este estadio y nunca alcanzaron la integración vertical ni la continuidad productiva de una siderúrgica moderna.

HORNO DE PUDELADO (Metalurgia)

Horno de reverbero utilizado para convertir el hierro fundido (arrabio) en hierro maleable mediante oxidación controlada de las impurezas. La Ferrería de La Pradera lo incorporó como parte de su proceso más avanzado, lo que le permitió producir rieles con mayor control de calidad que las ferrerías de escala más artesanal.

LAMINACIÓN (Metalurgia)

Proceso de deformación del metal mediante cilindros giratorios para obtener perfiles o rieles. La Ferrería de La Pradera realizó laminación con vapor y produjo los primeros rieles nacionales de 22 kg por metro lineal, sometidos a pruebas de flexión y choque en 1886.

NUEVO CONOCIMIENTO (Diseño Tecnológico / Historia de la tecnología)

Saberes técnicos, prácticas de gestión y formas de organización del trabajo que se generan, transfieren o pierden. Pacho generó saberes autodidactas poco documentados; La Pradera produjo conocimiento experimental que se perdió con su cierre; y Samacá conservó prácticas adaptativas en una comunidad técnica local.

PALEOTÉCNICA (Historia de la tecnología)

Fase técnica caracterizada por el predominio del hierro y el carbón como base energética y material de la civilización industrial (según Lewis Mumford). En Colombia se manifestó de forma incipiente y desigual a través de las ferrerías, sin lograr una transformación estructural profunda.

PROCESO TECNOLÓGICO (Diseño Tecnológico)

Conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales se transforma un material en un producto. En las ferrerías incluyó desde hornos de tiro con carbón (Pacho) hasta intentos de pudelado y laminación con vapor (La Pradera).

PROTOINDUSTRIALIZACIÓN (Historia económica / Historia de la tecnología)

Etapas de desarrollo productivo caracterizada por unidades de producción de escala reducida, trabajo discontinuo, predominio de energía hidráulica o manual y escasa integración vertical, previa a la industrialización fabril moderna. Las tres ferrerías colombianas (Pacho, La Pradera y Samacá) constituyen ejemplos claros de esta fase en el siglo XIX colombiano, ya que operaron con hornos discontinuos y nunca alcanzaron la continuidad ni la escala de una siderúrgica integrada.

PUDELADO (Metalurgia)

Proceso de refinado del hierro fundido (arrabio) en un horno de reverbero para obtener hierro maleable, mediante la oxidación controlada de las impurezas (especialmente el carbono). Fue utilizado en la Ferrería de La Pradera como parte de su proceso más avanzado, permitiendo la producción de rieles y piezas estructurales con mejores propiedades mecánicas que las obtenidas por fundición directa.

***QUINTAL* (Historia económica / Metrología histórica)**

Unidad de peso utilizada en Colombia durante el siglo XIX para medir la producción de hierro, minerales y productos agrícolas. Equivalía a 100 libras (aproximadamente 46 kg). En las fuentes primarias aparece de forma constante: el cubilote de Samacá tenía capacidad de 30 quintales por hora, y la Ferrería de Pacho alcanzó picos de producción cercanos a 60.000 quintales anuales en la década de 1830.

***REGENERACIÓN* (Historia política e institucional)**

Período iniciado en 1880 bajo Rafael Núñez, caracterizado por centralismo, proteccionismo y búsqueda de modernización material a través de ferrocarriles y fomento industrial. Durante este período se impulsaron contratos de fomento para ferrerías y se intentó articular la metalurgia con la expansión cafetera.

***RESILIENCIA* (Historia de la tecnología / Historia social)**

Capacidad de un sistema técnico o comunidad para adaptarse y resistir crisis. La Ferrería de Samacá demostró mayor resiliencia que las otras dos al combinar recursos locales, destrezas artesanales y menor dependencia de capital extranjero, aunque finalmente sucumbió por limitaciones geológicas y constructivas.

***SIDERÚRGICA* (Metalurgia / Historia de la tecnología)**

Industria integrada de gran escala con altos hornos continuos y laminación mecánica. Ninguna de las tres ferrerías colombianas alcanzó este estadio; permanecieron en el nivel protoindustrial de ferrería.

SISTEMA SOCIOTÉCNICO (Historia de la tecnología / Diseño Tecnológico)

Conjunto interrelacionado de elementos técnicos, humanos, institucionales y materiales que configuran un proceso productivo. Las ferrerías colombianas constituyeron sistemas sociotécnicos en los que la técnica del hierro se articuló con relaciones de poder, saberes locales y estructuras económicas regionales.

SOBERANÍA INDUSTRIAL (Historia de la tecnología / Historia política)

Capacidad de un país para producir sus propios bienes industriales estratégicos sin depender de importaciones ni de capital extranjero. En el contexto de los capítulos, representa la aspiración de las élites, empresarios e ingenieros colombianos del siglo XIX de romper la dependencia técnica colonial mediante el desarrollo de una metalurgia local.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA (Historia de la tecnología)

Proceso mediante el cual conocimientos, técnicas y maquinaria se desplazan de un contexto a otro. En las ferrerías colombianas fue principalmente inglesa (La Pradera y Samacá) y francesa (intento de Pacho en 1910), con resultados desiguales según la capacidad de adaptación local.

TURBINA (Historia de la tecnología)

Máquina que transforma la energía de un fluido en trabajo mecánico. La Ferrería de Samacá contó con una turbina de 170 HP, que representó su equipamiento más ambicioso, aunque las limitaciones del mineral y errores constructivos impidieron su aprovechamiento efectivo.

