



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**Sistema analítico para la conservación-restauración de
estructuras metálicas, arquitectura decimonónica: acero.**

Caso de estudio: fábrica El Buen Tono

TESIS

Que para optar por el grado de
MAESTRA EN ARQUITECTURA

En el campo de conocimiento de
RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

PRESENTA:

Diana Patricia Ruiz Portilla

TUTOR:

Dr. Ricardo I. Prado Núñez
Facultad de Arquitectura, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. Ana Laura Ramírez Ledesma
Departamento de Ingeniería Metalúrgica,
Facultad de Química, UNAM

Dra. María de Lourdes Cruz González Franco
Centro de Investigaciones en Arquitectura,
Urbanismo y Paisaje, Facultad de Arquitectura, UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

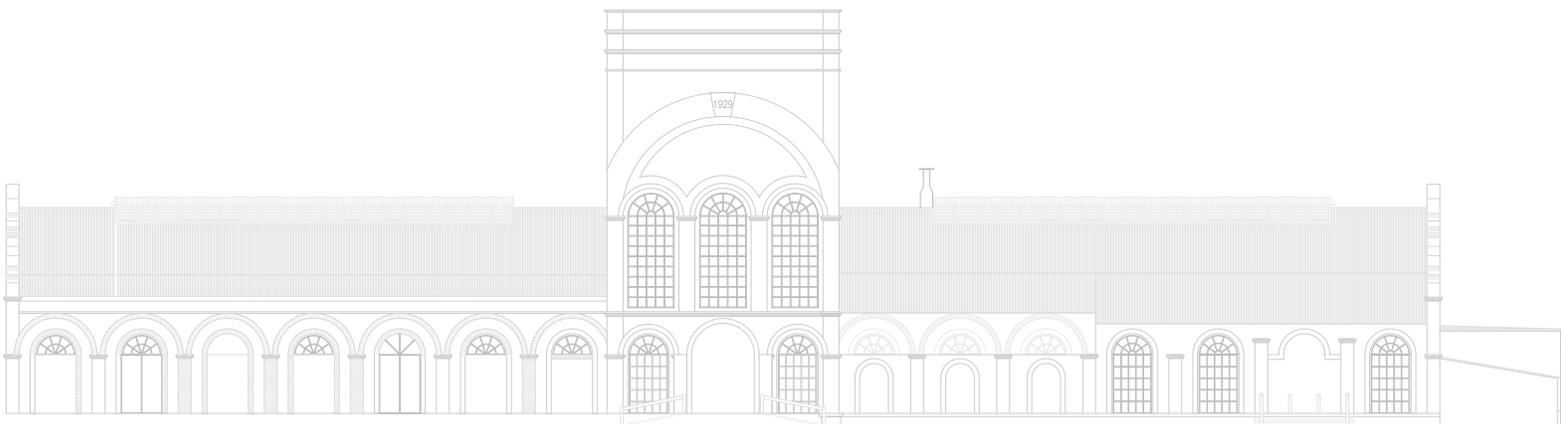
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

*Las manifestaciones de la modalidad de la bondad
se pueden experimentar cuando todas las puertas
del cuerpo están iluminadas
por el conocimiento*

Bhagavad-gita

Dedicado especialmente a mi **MADRE** y a todas las
MUJERES de mi familia que lucharon, continúan
y son sobrevivientes de muchas circunstancias,
a AMELIA^(†) el tesoro oaxaqueño
más grande de mi vida y
a LETY^(†) mi guía.



I N D I C E

INTRODUCCIÓN..... 1

P r i m e r a p a r t e

Antecedentes históricos, terminología y sistema analítico... 13

CAPÍTULO 1.

Aspectos generales de la tecnología con hierro,
en el siglo XIX..... 15

1.1 Historiografía: introducción del hierro para el desarrollo del acero
en la construcción..... 18

1.2 Tecnología: mecanismo de producción y propiedades mecánicas... 31

CAPÍTULO 2

Significado cultural: la estructura metálica decimonónica... 45

2.1 Estructura metálica un componente de la arquitectura industrial... 49

2.2 La estructura metálica *versus* la arqueología industrial..... 54

2.3 El significado cultural de la estructura metálica decimonónica..... 58

CAPÍTULO 3

Sistema analítico para la conservación-restauración de
estructuras metálicas, arquitectura decimonónica..... 63

3.1 Modelo de análisis: *La Carta de Burra Ilustrada*..... 66

3.2 Modelo de análisis: *Revelación, Investigación, Preservación
(RIP)*..... 68

3.3 Modelo de análisis: *Metodología de evaluación, cronología de
materiales, primeras leyes y cargas*..... 70

3.4 Sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras
metálicas, arquitectura decimonónica..... 73





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Segunda parte

Las Herramientas y su aplicación en el caso de estudio:

la fábrica El Buen Tono..... 81

HERRAMIENTA 1

Diagnos **is** de la arquitectura industrial..... 89

1.1 Inspección *in situ* 92

1.1.1 Contexto geográfico..... 92

1.1.2 Contexto urbano..... 96

1.1.3 Hipótesis relación espacio-función..... 98

1.2 Registro y documentación del espacio arquitectónico..... 108

1.2.1 Sistematización de la información..... 111

1.2.2 Delimitación de los alcances para la investigación en
vías de la conservación-restauración..... 112

1.3 Contexto histórico..... 112

1.3.1 Fuentes orales..... 125

1.3.2 Fuentes documentales..... 126

HERRAMIENTA 2

Identificación de la tecnología..... 129

2.1 Morfología de la estructura metálica..... 132

2.1.1 Tipo de perfiles..... 133

2.1.2 Tipo de armadura..... 135

2.1.3 Tipo de conexiones..... 136

2.1.4 Tipo de revestimiento..... 139

2.1.5 Otras características..... 140

2.2 Temporalidad..... 141



H E R R A M I E N T A 3

Identificación de patologías: estructura metálica.....	143
3.1 Alteraciones.....	147
3.1.1 Alteraciones físicas.....	147
3.1.2 Alteraciones químicas.....	154
3.1.3 Alteraciones mecánicas.....	155
3.2 Deterioros.....	156
3.2.1 Deterioros físico-mecánico.....	156
3.2.2 Deterioros químicos.....	157
3.2.3 Deterioros antrópicos.....	159

H E R R A M I E N T A 4

Aplicación de análisis instrumentales.....	165
4.1 Gestión-autorizaciones.....	168
4.2 Ensayos de caracterización.....	169
4.2.1 Toma de muestras.....	171
4.2.2 Ensayos de caracterización: estructura metálica de la fábrica El Buen Tono.....	172
4.2.2.1 Muestra 1.....	173
4.2.2.2 Muestra 2.....	178
4.2.2.3 Muestra 3.....	183



H E R R A M I E N T A 5

PLAN DE ACCIÓN: CONSERVAR-RESTAURAR.... 189

5.1. Aspectos a considerar para conservar una estructura

metálica..... 191

5.1.1 Conservación integral..... 191

5.1.2 Conservación preventiva..... 192

5.1.3 Conservación curativa..... 193

5.2. Aspectos a considerar para restaurar una estructura

metálica..... 193

5.2.1 Acciones de restitución-eliminación..... 194

5.2.2 Acciones de limpieza..... 195

5.2.3 Aplicación de revestimientos..... 200

CONCLUSIONES..... 203

FUENTES CONSULTADAS..... 209

AGRADECIMIENTOS..... 219

I N T R O D U C C I Ó N

La óptica y especialización de un arquitecto restaurador implica desarrollar un análisis global e interdisciplinar, para interpretar el contenido de un espacio arquitectónico de siglos pasados, establecer posibles temporalidades, diagnosticar el estado de conservación, diferenciar las alteraciones de los deterioros, así como diseñar un plan de acción de conservación y/o restauración con la finalidad de promover la permanencia del patrimonio cultural. Cada componente que hace posible la existencia de una edificación, se convierte en información clave para ser analizado y estudiado ya que conforman el *corpus* de contenido: constructivo, estilístico, técnico, tecnológico, material, tipológico, espacial, funcional e histórico, el cual se puede interpretar y en consecuencia crear una propuesta de conservación o restauración *ad hoc*, que permita su permanencia y transferencia de conocimiento a las futuras generaciones.

Esta investigación nace por el interés de estudiar un espacio arquitectónico industrial, cuya función principal fuera alojar algún procesos productivo ya que debido a la actividad desarrollada para la cual fue creado, cada uno de sus espacios y componentes de su sistema constructivo posee huellas, alteraciones, marcas y diversas cualidades adquiridas por el paso del tiempo que refieren a un momento e historia de vida. Por ello, su estudio es complejo dada la cantidad de información a analizar, articular y diferenciar en materia de conservación y restauración, fue imprescindible la aplicación de metodologías para el estudio de materiales, así como el trabajo interdisciplinar para concluir y lograr los objetivos de esta investigación.

Otro interés en dicha arquitectura fue la presencia de una estructura metálica como componente del sistema constructivo, ya que sería el tema central dada la importancia que representó el uso del hierro para el desarrollo industrial a nivel mundial, pero particularmente lo que implicó su introducción en México en la época decimonónica.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I n t r o d u c c i ó n

Para la última década del siglo XIX existían diferentes composiciones químicas base hierro: hierro colado, hierro forjado y acero, como arquitecto restaurador se necesita emitir dictámenes sobre su estado de conservación, lo que implica realizar una lectura visual de la morfología y establecer una posible temporalidad, como primer acercamiento al objeto de estudio. Es por esto que, ésta investigación establece un sistema analítico para las estructuras metálicas decimonónicas, como una metodología de estudio para identificar y comprender las características físicas, las propiedades mecánicas, las diferencias entre las alteraciones y deterioros generados por el paso del tiempo. Así como el reconocer a través del análisis visual las posibles técnicas, tecnologías y materiales, ya que para el periodo que estudiamos existían diferentes composiciones químicas base hierro cada una con sus particularidades de la época.

Otro punto de interés fue el determinar las posibilidades de acción entre ellas: la conservación integral, la conservación preventiva, la conservación curativa, así como las acciones de restauración. Cabe resaltar que en la mayoría de los proyectos intitulados como "proyectos de restauración", en realidad refieren a acciones de conservación curativa o preventiva que en esta investigación se explican.

Dicho lo anterior, el presente trabajo se enfoca en el estudio de las estructuras metálicas en la arquitectura industrial decimonónica entre 1890-1910, que alojó un proceso productivo. Tras una larga búsqueda, se localizó el caso de estudio: la fábrica El Buen Tono, en Celaya, Guanajuato. Como primer acercamiento se hizo una inspección *in situ* para corroborar que cumpliera las características necesarias que permitieran cubrir los objetivos de ésta investigación. De este modo se marcó como objetivo principal el **establecer un sistema de análisis para el estudio, conservación y restauración de las estructuras metálicas en arquitectura decimonónica, con el fin de determinar las posibles vías de acción de conservación y/o restauración.**

Unas de las definiciones importantes, eje de este trabajo es: **estructura metálica,**

se entenderá como un componente de un determinado sistema constructivo el cual está conformado por un conjunto de partes que constituyen una unidad, de forma paralela están diseñados para resistir determinados esfuerzos, además, entre los elementos de su composición química sobresale el hierro.

Dicho lo anterior, el marco teórico *versa* sobre la arquitectura de hierro desde la óptica del arquitecto restaurador, sin diferenciar composiciones químicas a pesar de que los materiales señalan temporalidades. También, se identificó que falta vincular aspectos técnicos-tecnológicos, características del envejecimiento del material, clasificar las alteraciones de los deterioros, así como su caracterización química, física y mecánica.

Entre las investigaciones se encuentran varias tesis de grado, entre ellas: *El hierro en los mercados porfirianos* de Elisa Saldierna, quien presenta una propuesta de restauración para los hierros del caso de estudio del Mercado Hidalgo, Guanajuato. Sin embargo, no expone las causas ni mecanismos de lo deterioros identificados en los hierros, a pesar de ser información necesaria para proponer posibles tratamientos de restauración. En cuanto a los procesos de intervención, se hace evidente que su propuesta fue tomada de bibliografía sobre restauración de bienes muebles, ya que algunas acciones no son viables para ser aplicadas sobre lo que la autora llama hierro en la arquitectura.

También, se encuentra la investigación de maestría intitulada *Restauración del Palacio Municipal de Hierro, Orizaba Veracruz*, de Alberto Antelmo Peña, quien presenta deterioros y la propuesta de restauración de los hierros a través de planos, cortes y alzados, nuevamente no se exponen las dinámicas de deterioros identificadas en el caso de estudio. Además, señala de manera general la formación de los productos de corrosión a pesar de ser una de las alteraciones químicas e incluso deterioros que constantemente se encuentran y están vinculadas a su proceso de fabricación (composición química, microestructura, templado, etc.), contexto, temporalidad y uso como parte de un espacio arquitectónico.

I n t r o d u c c i ó n

Otra investigación, es la tesis de doctorado en historia del arte de Roberta Vassallo, *La arquitectura del hierro en México durante el porfiriato*. Presenta un recorrido historiográfico tanto en el contexto internacional y nacional de la arquitectura de hierro a partir de 1851 hasta 1911. Además, realizó un registro-listado de gran parte de la arquitectura de hierro que durante el desarrollo de su trabajo localizó en la República Mexicana. Sin duda, es una de las aportaciones más relevantes para el campo de la historia arquitectónica del siglo XIX, porque no solo establece temporalidades si no también presente varios casos de estudio.

Por otro lado, se encuentra la publicación digital de la Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía intitulada *Problemática y diagnóstico de sistemas constructivos con metales*, es una compilación de textos que aporta un panorama general con distintos casos de estudios que tiene como componente el hierro, el acero, el ladrillo, la piedra y el concreto armado, las principales aportaciones están realizadas por arquitectos, lo cual resulta relevante porque atienden el discurso del espacio arquitectónico y las diferentes problemáticas de conservación presentes en los componentes. Por el contrario, aquellos artículos escritos por restauradores describen la problemática del hierro y acero como material, sin embargo, dicha aportación está desarticulada de la arquitectura, el espacio y su función. Es imperante estudiar a los componentes arquitectónicos metálicos o de otra naturaleza de manera integral y no aislados, ya que un material no define el sistema constructivo como lo refieren las autoras.

Otra publicación a destacar es: *Procesos de restauración y materiales, protección y conservación de edificios artísticos e históricos* de Ricardo Prado, uno de los capítulos trata sobre la herrería. El contenido inicia con datos históricos de la tecnología del hierro, su producción a nivel internacional y en la Nueva España, así como procesos de restauración aplicados a la herrería virreinal y del siglo XIX. Aunque es un texto breve su secuencia muestra una visión global, contiene información: histórica, tecnológica, técnica

de manufactura o producción, deterioros y procesos de restauración; aspectos que son primordiales para entender un caso de estudio y generar acciones de conservación y/o restauración, sin embargo, esta acotado solo a herrerías.

En particular, las publicaciones más relevantes sobre historia de la arquitectura decimonónica son: la *Introducción a la arquitectura del siglo XIX en México* de Israel Katzman y *El México independiente* (volumen III) de *Historia de la arquitectura y urbanismo mexicanos*, coordinado por Carlos Chanfón y Ramón Vargas. Ambas son un referente en el tema pues además de la historiografía, contienen ejemplos de registros fotográficos arquitectónicos, así como la descripción de los sistemas constructivos y materiales utilizados en la época.

En general, el estado de la cuestión *versa* sobre la arquitectura de hierro en la época porfiriana en su mayoría con un enfoque histórico, arquitectónico, de conservación, y en menor medida de restauración. En resumen, las investigaciones carecen en señalar la naturaleza del componente, si se trata de un hierro colado, un hierro forjado o un acero (para el inicio del siglo XX ya se usaban diferentes aleaciones de acero). Cabe señalar que para la época porfiriana ya existían los tres materiales, entonces, no se puede dar por hecho que todo lo construido durante dicho periodo es hierro, además, el diferenciar la naturaleza del material nos permite emitir con mayor precisión el diagnóstico sobre el estado de conservación del inmueble histórico.

También, se pudo notar que no se mencionan las características de envejecimiento y comportamiento en cada caso, ya que de acuerdo al contexto, sistema constructivo, fábricas, uso-función, se pueden presentar alteraciones distintas que son clave para determinar las posibles soluciones en materia de conservación o restauración. Otro punto a señalar, es que en su mayoría se habla sobre arquitectura de hierro, como se dijo, no se diferencia la naturaleza del componente metálico a pesar de ser un dato relevante para la historia tecnológica.

I n t r o d u c c i ó n

Por otro lado, se hace visible el poco trabajo interdisciplinar para el estudio de las estructuras metálicas en el área de la conservación-restauración, pues las investigaciones están centradas en líneas específicas de cada disciplina y pocas veces se vinculan las metodologías: la arquitectura presenta el levantamiento de planos, la historia de la arquitectura muestra un recorrido historiográfico, la restauración expone las propiedades de un material, la ingeniería se centra en el cálculo matemático y morfología para el diseño. En contraste con lo anterior, las aportaciones que existen en torno al tema que nos ocupa son relevantes pero requieren ser vinculadas a fin de lograr un mayor entendimiento del componente en cuestión, que permitan generar un diagnóstico integral para contar con varias y posibles vías de acción de conservación-restauración.

Entonces, a partir de todos los antecedentes consideramos que la inspección *in situ* e identificación visual es una actividad básica del arquitecto restaurador, ya que es el primer acercamiento con la obra arquitectónica. Con base en ello se puede identificar su morfología-materiales y establecer hipótesis de su posible temporalidad de construcción. Posteriormente, documentar y corroborar con la aplicación de análisis instrumentales, cómo se mostrará a lo largo de esta investigación. Es preciso resaltar que todo esto se vuelve fundamental para diferenciar la materialidad de una estructura, saber si se trata de un hierro o de un acero y de qué tipo.

Con base en lo anterior, se determinó que los alcances se centrarían en el estudio de una tipología constructiva y un componente metálico del mismo, para desarrollar una metodología a fin de obtener un análisis integral que permitiera identificar las patologías de alteraciones y deterioros, así como las posibles vías de conservación y/o restauración, ya que las estructuras cuya composición química contiene hierro se diferencia y caracteriza por tener comportamientos mecánicos y químicos distintos, de acuerdo al porcentaje de los elementos químicos presentes en la aleación. Para diferenciarlos es necesario contar con metodologías de aproximación para su análisis. Cada componente contiene

características tecnológicas que marcan una época, un tipo de arquitectura, tecnología, modos de producción, modos de construcción. El hierro, como material fue un *parteguas* para los nuevos sistemas constructivos del siglo XIX, lo cual permitió contar con nuevas técnicas, diseño del espacio, del programa arquitectónico, tiempo-coste y por supuesto el desarrollo de la tecnología y ciencia de los materiales.

Particularmente, las estructuras metálicas forman parte de la arquitectura industrial, tipología que desde hace años en Europa se ha valorado, estudiado, restaurado y conservado, teniendo como punto clave la arqueología industrial, disciplina encargada del estudio de los bienes producto de la industrialización. En este sentido, debemos empezar a desarrollar metodologías para estudiar los distintos componentes de la arquitectura industrial, así como continuar con el trabajo interdisciplinar, el uso moderado y planificado de las técnicas instrumentales. Todo esto, con el fin de complementar el conocimiento de un caso de estudio, responder interrogantes, aportar al campo de la restauración de patrimonio arquitectónico y a la historia de la tecnología.

A lo largo de este trabajo se expone y argumenta la importancia que representa investigar y conservar las estructuras metálicas de la arquitectura de finales del siglo XIX, a través de la aplicación de metodologías. También, aborda un enfoque sobre tecnología de materiales históricos, establece un sistema de análisis conformado por 5 Herramientas las cuales ayudan a aproximarse al estudio de dicho componente arquitectónico, cuyo enfoque integral permite construir y reconocer el significado cultural, así como las razones para su conservación y/o restauración de forma interdisciplinar, también destaca sus cualidades materiales e inmateriales.

Cómo se mencionó, el sistema aquí propuesto se aplicó en el caso de estudio: la fábrica El Buen Tono, arquitectura construida entre la última década del siglo XIX y la primera del siglo XX, en donde se puso en práctica cada una de las Herramientas planteadas que conforman el sistema de análisis ya mencionado. A fin de demostrar

I n t r o d u c c i ó n

la eficacia y pertinencia de contar con metodologías de estudio para un componente arquitectónico, como lo es una estructura metálica.

Por tanto, la información respecto a la fábrica se presentará de manera paralela en las Herramienta, poniendo en práctica los alcances establecidos en cada una, así como su aplicación sistemática. Destaco, que la aportación principal de la tesis es el sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas decimonónicas, como una metodología para el estudio de dicho componente. A lo largo de este trabajo se argumentará la relevancia y beneficios del modelo propuesto, así como los alcances al aplicarlo a un caso de estudio.

También aclaro, que esta investigación inicia hablando de estructuras metálicas de finales del siglo XIX, sin diferenciar la materialidad del componente (hierro o acero), ya que su morfología y diseño no marcan diferencias sustanciales, en comparación con su composición química y comportamiento físico-mecánico. Pero, sí permite establecer posibles temporalidades (consultar Herramienta 3) por la composición formal.

En este sentido, dada la amplitud del tema se determinó presentar el contenido de este trabajo en dos partes: **la primera parte "Antecedentes históricos, terminología y sistema analítico"** a manera de preámbulo pretende mostrar al lector una visión global de la introducción del hierro al desarrollo del acero en la construcción, los avances tecnológicos para su producción, hasta su uso en las estructuras metálicas en la arquitectura. Mientras que **la segunda parte "Las Herramientas y su aplicación en el caso de estudio: la fábrica El Buen Tono"** presenta a manera de capítulo cada una de las Herramientas del sistema analítico, aplicadas al caso de estudio: la fábrica El Buen Tono. La intención es exponer en qué consisten, cuál es la finalidad de su aplicación, cómo ejecutarla, qué tipo de información se obtiene y de manera paralela se muestra su puesta en práctica en el caso de estudio. Con base en los resultados se logra argumentar la relevancia del trabajo metodológico e interdisciplinar para la interpretación de la

información obtenida a lo largo de los análisis cualitativos y cuantitativos.

La **primera parte** se configura por tres capítulos: **CAPÍTULO 1. Aspectos generales de la tecnología con hierro, siglo XIX**, describe la historiografía del uso de hierro al acero desde una visión internacional como lo fue Europa y los Estados Unidos, posteriormente contrasta con el caso mexicano, así mismo expone la tecnología del hierro, refiriendo a la producción material, mecanismos de producción, procesos productivos, la procedencia de los perfiles y las propiedades mecánicas. **CAPÍTULO 2. Significado cultural: la estructura metálica decimonónica**, se explican tres conceptos a considerar para la conservación-restauración y estudio del significado cultural como son: la arqueología industrial, el patrimonio industrial y la arquitectura industrial, a fin de argumentar las razones por las cuales las estructuras metálicas son símbolos industriales, vestigios documentales que contienen datos, no solo de la tecnología, también de la época, de los intercambios comerciales, influencia extranjera, crecimiento económico, instalación de industrias, establecimiento de la red ferroviaria, conocimiento técnico, etc. Finalmente el **CAPÍTULO 3. Sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas, arquitectura decimonónica**, presenta los modelos utilizados para el diseño del sistema analítico, aportación de esta investigación, entre ellos se encuentra: *La Carta de Burra Ilustrada*,¹ *Revelación Investigación Preservación (RIP)*² y *Metodología de evaluación, cronología de materiales, primeras leyes de construcción y cargas*.³ Como cierre del capítulo se expone el sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas, arquitectura decimonónica, conformado por 5 Herramientas, se expone en qué consiste su aplicación y cómo hacer uso de ellas. Resalto, que el contenido obtenido en cada una se vincula con la siguiente Herramienta hasta finalizar el sistema.

¹ ICOMOS, *The Illustrated Burra Charter* (Brisbane: ICOMOS, 1992).

² Chris Caple, *Conservation Skills, Judgement, Method and Decision Making* (London and New York: Routledge, 2000).

³ J. Stanley Rabun, *Structural Analysis of Historic Buildings, Restoration, Preservation and Adaptive Reuse Applications for architects and Engineers* (New York: Jhon Wiley, 2000).

I n t r o d u c c i ó n

En cuanto a la **segunda parte**, contiene 5 capítulos que corresponden a las Herramientas del sistema analítico, **Herramienta 1. Diagnósis de la arquitectura industrial**, precisa en una evaluación global a partir de los datos-cualidades presentes en la arquitectura y su contexto, como son: localización geográfica, urbana, contexto histórico, social, el paisaje, el tipo de clima, el tipo de arquitectura, el sistema constructivo, los materiales, la disposición del espacio, el programa arquitectónico, las tecnologías, el uso de suelo, así como las características y transformaciones surgidas a través del tiempo. Esta Herramienta esta conformada por tres engranes: **la inspección in situ** (contexto geográfico, contexto urbano, hipótesis de la relación espacio-función), **registro y documentación** (sistematización de la información, delimitación de los alcances a desarrollar en vías de la conservación-restauración) y el **contexto histórico** (fuentes orales, fuente documentales).

Herramienta 2. Identificación de la tecnología, aquí se exponen las partes constitutivas de una estructura metálica, pues al diferenciarlas por su forma, ubicación y función se puede hacer una lectura de su morfología. Cada componente metálico refiere a un procesamiento, a una temporalidad, a una procedencia y tecnología, que puede ser definida a partir de la inspección visual. Entonces, la Herramienta se conforma por dos engranes : **morfología de la estructura metálica y temporalidad**.

Herramienta 3. Identificación de patologías: estructura metálica, consiste en identificar patologías que entenderemos como las **alteraciones** y los **deterioros**. Se tomará como alteraciones todas las marcas, huellas presentes sobre la superficie de la estructura metálica, así como aquellas identificadas en su microestructura (nivel microscópico), estas no ponen en riesgo su pérdida parcial o total, además se considerará información relevante para entender las transformaciones dadas a lo largo del tiempo y a la época de construcción.

Por el contrario, los deterioros serán aquellos daños que sí atentan y ponen en

riesgo la permanencia y conservación de los componentes, algunos se pueden identificar organolepticamente otros, a través de la aplicación de análisis instrumentales y/o evaluación estructural. La Herramienta se conforma por dos engranes: **alteraciones y deterioros**.

Herramienta 4. Aplicación de análisis instrumentales, se exponen los ensayos: análisis químico mediante espectrómetro de emisión óptica, ensayo de dureza, difracción de rayos X y microscopio electrónico de barrido. Cada uno se aplicó en las muestras del caso de estudio: la fábrica El Buen Tono, específicamente en la estructura del edificio B-central, con esto se quiere mostrar la diversidad de análisis a utilizar y lo que cada uno aporta, pero, no significa que se deben aplicar todos, si no, justamente determinar cuáles se requieren para confirmar las hipótesis, dudas o algún dato en específico que se necesite para la propuesta de conservación y/o restauración. Esta Herramienta se conforma por **gestión de autorizaciones y ensayos de caracterización**.

Finalmente la **Herramienta 5. Plan de acción: conservar-restaurar**, se conforma por dos engranes el primero **aspectos a considerar para conservar una estructura metálica**, tales como: conservación integral, conservación preventiva y conservación curativa y el segundo **aspectos a considerar para restaurar una estructura metálica**, como: acciones de restitución-eliminación, acciones de limpieza y aplicación de revestimientos. Únicamente se exponen las acciones de intervención en donde se debe tener un meticuloso cuidado para la toma de decisiones. La intención de las secciones de este capítulo es mostrar al lector y a los especialistas la diversidad de métodos, técnicas y materiales para poner en práctica las acciones ya mencionadas, ya que no existen recetas, pues cada caso de estudio es único y presenta necesidades particulares en relación a su estado de conservación.

Para cerrar, al final del trabajo se encontraran las conclusiones, las fuentes consultadas y los agradecimientos. Los 8 capítulos que conforman este trabajo son el resultado de un

I n t r o d u c c i ó n

largo razonamiento generado a partir de las diversas fuentes documentales consultadas, libros especializados principalmente del extranjero que personalmente adquirí, dado del interés por desarrollar el tema a fin de lograr un contenido significativo y de calidad que comparto a lo largo de este escrito. Sin embargo, me quedo con ganas de continuar con la temática, ya que se convirtió en un aliado para navegar en los libros, deslumbrarme y gozar del conocimiento, pero sobre todo hacer posible y tener la experiencia del trabajo interdisciplinar.





Primera parte

Antecedentes históricos,
terminología y sistema
analítico

“Los productos característicos de la época eran el hierro y el carbón, y su símbolo más espectacular, el ferrocarril”

Eric Hobsbawm, 1975

CAPÍTULO 1

Aspectos generales de la tecnología con hierro, en el siglo XIX

ASPECTOS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA CON HIERRO, EN EL SIGLO XIX

El arquitecto restaurador tiene la labor de conservar aquellas construcciones evidencia del pasado “el primer paso hacia la conservación y/o restauración de un objeto es, como queda dicho, el reconocimiento de sus valores”¹. Esta investigación inicia con la cronología del uso del hierro al desarrollo del acero, a partir del diseño ingenieril hasta su introducción en la construcción arquitectónica. Como parte del quehacer profesional se vuelve necesario entender y articular la información contenida en un componente del sistema constructivo para reconocer sus patologías, procesamiento, uso, propiedades mecánicas así como su importancia dentro del patrimonio cultural. A continuación, se muestran aspectos generales de la historiografía del uso de hierro hasta la producción del acero durante el siglo XIX, desde una visión internacional como lo fue en Europa y los Estados Unidos. Posteriormente, se contrasta con el caso mexicano con el fin de contextualizar y ubicar temporalmente al lector, así como resaltar la historicidad, el impacto tecnológico y el valor cultural de un componente arquitectónico, como lo son las estructuras metálicas y su introducción en México.

Finalmente, en este apartado se expone la tecnología del hierro, refiriendo a la producción material, mecanismos de producción, proceso productivo, la procedencia de los perfiles y las propiedades mecánicas, nuevamente desde el contexto internacional, para comparar con el contexto mexicano.

¹ Ignacio González-Varas, *Conservación de Bienes Culturales, teoría, historia, principios y normas* (Madrid: Catedra, 2006), 23p.

1.1 Historiografía: introducción del hierro para el desarrollo del acero en la construcción

Para contextualizar el uso de las estructuras arquitectónicas de acero en el siglo XIX, se resaltarán algunos sucesos históricos como referentes que influyeron en el avance tecnológico de la producción y uso del hierro en la construcción. También, se explican las diferencias y el uso de la terminología: hierro, hierro fundido, hierro forjado y acero, con el fin de dimensionar la relevancia que tuvo cada material en la construcción y en la sociedad a lo largo del siglo XIX.

Algunos autores señalan que fue en 1851 el momento clave que dio inicio con la llamada arquitectura en hierro, año de construcción de la obra *The Crystal Palace* como parte de la Exposición Universal de Londres. La monumentalidad creada con dicho material generó tecnología destacada de la época, que a la fecha se conservan como la Torre *Eiffel*, el *Ironbridge*, el *Sainte-Geneviève Library*, la *Central Market Florence*, por mencionar algunos. Las obras fueron materializadas teniendo como base fundamental en su composición química el elemento hierro, pues “los productos característicos de la época eran el hierro y el carbón, y su símbolo más espectacular, el ferrocarril”².

Sin embargo, los antecedentes del uso del hierro en la construcción se remonta al siglo XVIII con el empleo del hierro fundido en el área ingenieril para el diseño de puentes (Esqm. 3), una ejemplar emblemático es el Coalbrookdale, más conocido por *Ironbridge* hecho con hierro fundido en 1779, con un claro de 30m. Pero, fue el puente del *Louvre* el referente, en donde se implemento una serie de ensayos-experimentos para estudiar la resistencia y propiedades del material férrico.

² Eric Hobsbawm, *The Age of Capital 1848-1875*, traducido por Ángel García y Carlo A. Caranci (Londres: Weidenfeld and Nicholson, 1975), 53p.

El Puente del Louvre, más conocido como Pont des Arts (1801-1803), sobre el Sena, formado por nueve arcos de 59 pies, [...]. Con esta obra puede decirse que comienza un siglo XIX en el que el puente, como respuesta al vano natural, se convertirá en el banco de pruebas de las estructuras metálicas en orden a la resistencia de los materiales y mejora de los aceros, buscando siempre salvar los grandes vanos con la mayor economía y el más apurado cálculo.³

Este material llegó a sustituir a la madera por los alcances otorgados como los amplios claros, pues los puentes requerían vanos largos, la optimización de tiempo-coste, pero sobre todo su resistencia al fuego, ya que se tenía el antecedente de los incendios devastadores en Nueva York e Inglaterra. Dichos sucesos dieron paso a buscar materiales resistente para construir, provocando la búsqueda de nuevos materiales y con ello la introducción de esqueletos de hierro como lo estableció la Escuela de Chicago. Actualmente, los avances tecnológicos han permitido que la madera genere otros beneficios para el área de la construcción.⁴ Puntualizo, que desde principios del siglo XIX el hierro era utilizado en la construcción pero en proporción menor en relación al periodo de su auge.

Volviendo al tema que nos ocupa, las primeras investigaciones respecto al hierro, su uso y propiedades mecánicas se dieron hasta el siglo XIX, liderado por ingenieros, en donde destaca: el inglés Thomas Tredgold con su obra *Practical Essay on the Strength of Cast Iron and Other Metals* (1824), el inglés Eaton Hodgkinson quien se centró en el estudio de las matemáticas y resistencia del hierro, publicó *Theoretical and experimental*

³ Pedro Navascués Palacio, "Ingeniería, hierro y arquitectura en el siglo XIX", en *De Re Metallica: Ingeniería, hierro y arquitectura*, coord., Pedro Navascués Palacio y Bernardo Revuelta Pol (Madrid: Fundación Juanelo Turriano, 2016), 19p., <https://issuu.com/juaneloturriano/docs/detalladamente-issuu>, acceso el 15 de octubre 2019.

⁴ Actualmente los avances en la industria maderera han generado técnicas y procesos en beneficio de las propiedades de dicho material y a su vez en el sector de la construcción, pues las diferentes especies de madera otorgan propiedades mecánicas específicas como: resistencia al fuego, grandes claros, resistencia a los movimiento telúricos, es un material térmico, entre otras propiedades, etc.

researches to ascertain the strength and best forms of iron beams (1831). Otra de las aportaciones fue la del arquitecto de origen francés Jean-Baptiste Rondelet con su obra *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* (1827-1832), donde escribió un anexo sobre armaduras de hierro en la construcción.⁵ Para 1845 el inglés Vose Pickett patentó una arquitectura de hierro de formas plásticas y publicó *A New System of Architecture: Founded On The Forms Of Nature and Developing The Properties of Metals*⁶. Mientras que en América también se dieron aportaciones sobre el uso del hierro fundido, por el arquitecto norteamericano James Bogardus, pionero en la construcción de estructuras arquitectónicas, su obra emblemática el edificio *The First Cast-Iron houses erected at New York* (1849), en 1851 patentó su sistema *Iron buildings*.⁷ A partir de este acontecimiento en Nueva York se inició con la construcción de hierro fundido por ser un material de bajo costo que fácilmente se transportaba y era resistente al fuego.

Fue en 1854 que el ingeniero escosés William Fairbairn experimentó en la construcción de estructuras arquitectónicas de hierro fundido y hierro forjado, además, publicó *On the Application of Cast and Wrought Iron to Building Purposes* (Navascués, 2016). Dada la demanda del uso del hierro fue que a mediados del siglo XIX se le nombró como la época del humo y el vapor debido a la alta producción con carbón y hierro, además de la llegada del ferrocarril como medio de transporte que benefició la distribución comercial y el crecimiento económico.

Entonces, el uso del hierro tiene su origen en al área ingenieril y posteriormente, se introduce en la arquitectura como un nuevo material, lo cual marcó la necesidad de realizar análisis científicos para el estudio de sus propiedades. Actividad que se desarrolló durante el siglo XIX, pues "la entrada de la ciencia en la industria tuvo una consecuencia significativa:

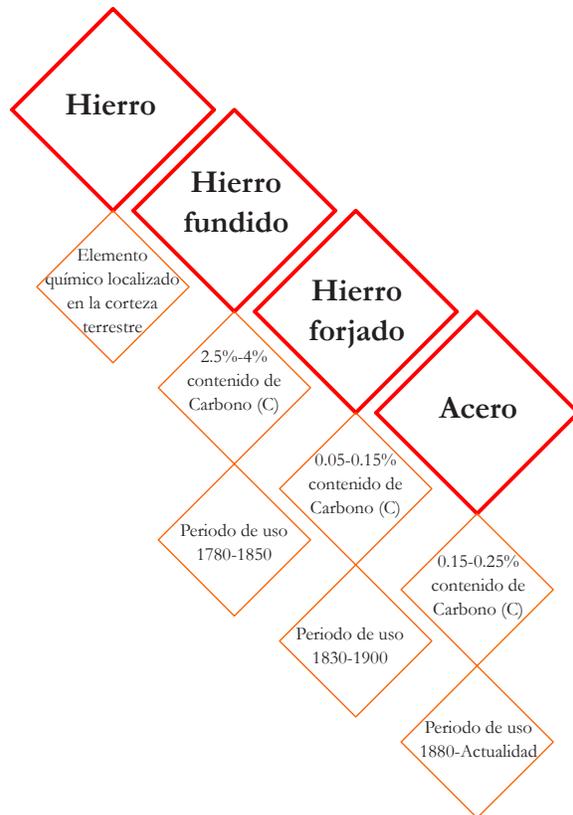
⁵ *Ibid.*, 15p.

⁶ Roberta Vassallo, "La arquitectura del hierro en México durante el porfiriato" (Tesis de doctorado: IIE-UNAM, 2013), 200p., https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000690074

⁷ Pedro Navascués, *Op. Cit.*

en lo sucesivo el sistema educativo sería cada vez más decisivo para el desarrollo industrial"⁸.

A partir de la industrialización del hierro y el carbón se generó un impacto mundial en cuanto a los modos de producción (Esqm. 1) y nuevas formas de organización de trabajo.



Esqm. 1 Diferencias entre los hierros y acero
Autor. Ruiz 2021.

En la primera mitad del siglo XIX se produjo hierro fundido, el cual, contenía entre el 2.5% y 4% de carbono, mientras que el hierro forjado presentaba entre el 0.05% y 0.15% de contenido de carbono, cada uno con propiedades mecánicas distintas, destinados a usos específicos. Posteriormente, y debido al avance tecnológico se inició con la producción de acero, el cual contenía bajos porcentajes de carbono entre el 0.15% al 0.25%, así como otros elementos en su aleación, confiriendo determinadas propiedades y la obtención de una variedad de aceros que se diferenciaron por su composición química, su microestructura⁹ y sus usos.

Por ello, esta investigación se enfoca en el estudio de las estructuras metálicas decimonónicas presentes en la arquitectura industrial y en la identificación de las características cualitativas, cuantitativas, que la hacen relevante como componente de un espacio construido. Así como las particularidades que puede tener el hierro al estar aleado

⁸ Eric Hobsbawm, *Op. Cit.*, 54p.

⁹ Se refiere a la forma y tamaño de grano observado a nivel microscópico, es la estructura de los materiales a una escala de longitud de 100 a 100,000nm o 0.1 a 100 micrómetros.

con otros elementos químicos y pasar por determinados procesos de producción, que confieren diferencias entre cada uno: hierro fundido, hierro forjado y acero.

Como se ha dicho, en pleno siglo XIX existió una preocupación por el análisis de los materiales usados para el área de la construcción. Fue en 1851 (Londres), cuando se presentó al mundo una arquitectura monumental creada con hierro, en donde también se reconoció la importancia de la maquinaria, la tecnología y la técnica de la primera revolución industrial, razón que llevó a diseñar una sala de máquinas. La Exposición Universal en Londres, mostró al mundo una construcción con hierro, cristal, libre de apoyos, con filtraciones de luz natural en donde se exhibieron las obras de la industria de todas las naciones que estaban en su punto culminante.¹⁰ "Las exposiciones universales; marcan un progreso de mecanización, un desarrollo de la industria, un perfeccionamiento de las técnicas."¹¹

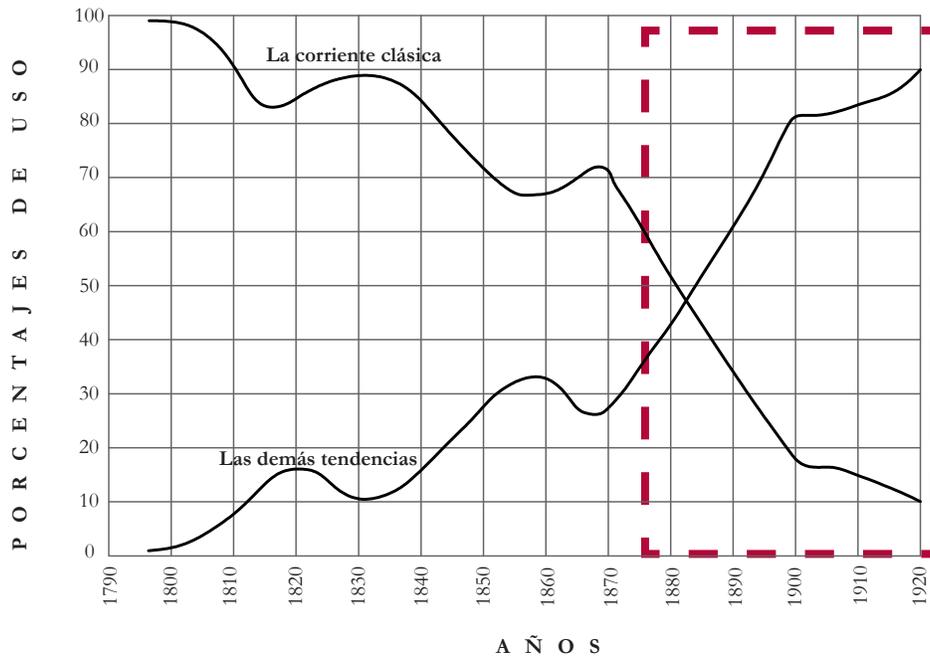
Sin embargo, para la época aún no era aceptable concebir la arquitectura en donde se emplearan materiales férricos, pues rompía con los cánones clásicos que por mucho tiempo fueron el eje rector y se caracterizó por el uso de los tratados Renacentistas y materiales pétreos, como se puede ver en el esquema 2,¹² estadística presentada por Israel Katzman. Para 1880, se observa la intersección entre el uso de las formas-estilos de construcción de la corriente clásica la cual va en descenso, mientras se da el auge y asciende la implementación de las nuevas técnicas como lo fue la introducción del material férrico en la arquitectura.

Entonces, en el contexto mexicano el uso del hierro (Esqm. 4) como componente arquitectónico se dio durante la época porfiriana, es decir, para finales del siglo XIX. Al igual que en el ámbito internacional el uso de dicho material inició con la introducción del

¹⁰ Denis Huisman, *La Estética industrial* (Barcelona: oikus-tau, 1971), 12p.

¹¹ *Ibíd.*

¹² Israel Katzman, *Introducción a la arquitectura del siglo XIX en México*, (Ciudad de México: Universidad Iberoamericana, 2016) 189p.



Esqm. 2 Estadística de 1790-1920 en el cambio de nuevas formas de construcción
Fuente: Katzman, 2016.

ferrocarril, en el área ingenieril, pues los puentes y vías férreas estaban hechos con hierro forjado y provenían principalmente de Inglaterra y los Estados Unidos.

[...] La industrialización progresaba [...]. El hecho significativo es que su progreso era ahora geográficamente mucho más amplio, aunque también muy desigual. La difusión de los ferrocarriles, y en menor medida de los barcos de vapor, estaba introduciendo la potencia mecánica en todos los continentes y en países inclusive no industrializados. El advenimiento del ferrocarril fue en sí mismo un símbolo y un logro revolucionario, ya que la transformación mundial en una sola economía interactiva fue en muchos sentidos el aspecto más logrado y desde luego el más espectacular de la industrialización.¹³

Para el momento en que México comenzó a producir hierro y acero, tuvo como principal consumidor al sector ferrocarrilero con la adquisición de rieles, llantas, hierro

¹³ Eric Hobsbawm, *Op. Cit.*, 52p.

crudo y barras de acero para los talleres de reparación de tren.¹⁴ Mientras que Francia destacó por la importación de ornamentos,¹⁵ temática que ha sido mayormente estudiada.

Sin embargo, el hierro llegó a Nueva España con la instalación del alto horno de la ferrería de Coalcomán, obteniendo el primer hierro en 1807 y para 1888 en Nuevo León se instala la Nuevo León Smelting, la Compañía Minera, Fundidora y Afinadora Monterrey, S.A. y la Gran Fundidora Nacional Mexicana.¹⁶ Fue, en 1900 cuando se enfatizó la gran demanda de carbón y de forma paralela se estableció la primer industria siderúrgica, Fundidora Monterrey, que contó con tecnología extranjera (Imagen 1)¹⁷. "Su alto horno de diseño estadounidense, sus convertidores Bessemer y sus talleres de laminación le permitieron establecer rápidamente un monopolio doméstico en la producción de partes estructurales, rieles, y otros productos. Para 1911, se las había arreglado para arrebatar el acero extranjero 28% del mercado nacional."¹⁸



Imagen 1. Convertido de aire, Bessemer
Fuente: Casillas, 2017

¹⁴ Stephen Haber, "Mercado interno, industrialización y banca, 1890-1929", en *Historia económica general de México: De la Colonia a nuestros días*, coord., Sandra Kuntz (México: COLMEX, 2010), 413p.

¹⁵ Roberta Vassallo, *Op. Cit.*, 107p.

¹⁶ Perla R. Santa Ana, Lucía G. Santa Ana, *Evolución de los sistemas constructivos y su repercusión en la arquitectura, las edificaciones de altura en la Ciudad de México en la primera mitad del S. XX* (México: UNAM, 2020), 46p., <https://arquitectura.unam.mx/libros.html>

¹⁷ Alberto Casillas, *Guillermo Kahlo, fotógrafo de fundidora* (México: EK, 2017), 40p.

¹⁸ Stephen Haber, *Op. Cit.*, 417p.

Durante el porfiriato, México contó con inversiones extranjeras y la necesidad de construir una red de comunicaciones, infraestructura, carreteras, puentes y ferrocarriles, detonando la demanda de profesionales.¹⁹ Tras esta necesidad, fue que en 1857 se crea la carrera de arquitecto e ingeniero civil en la Academia de San Carlos (1860 se gradúa la primera generación) y se dan los primeros acercamientos para introducir el uso del hierro en la construcción, principalmente hacia el diseño de caminos, puentes, ferrocarriles, estaciones, talleres, mercados, etc. Fue en el gobierno de Juárez cuando se determinó separar las especialidades, la ingeniería civil se trasladó al Colegio de Minería y a partir de entonces se le dio el nombre de Escuela Especial de Ingenieros, mientras que arquitectura permanecería en la Academia de San Carlos, en la Escuela Nacional de Bellas Artes.²⁰ "Entre 1885 y 1900, en vez del título de ingeniero civil fue expedido el de ingeniero de caminos, puentes y canales."²¹

Fue hasta 1888, que egresados de la carrera realizaron la primer construcción de tienda departamental con esqueleto metálico, componente que provenía del extranjero, el Palacio de Hierro.²² "El hierro representó para las clases emergentes, para la alta burguesía, un símbolo de modernidad, de progreso, y utilizarlo en sus mansiones significaba un estatus social, como también lo era pasearse por las imponentes estructuras metálicas de las grandes tiendas departamentales y de los pabellones de exposiciones."²³

Otro dato importante, en la formación de especialista en el uso de materiales férricos fue el taller de herrería fundado en 1872, en la Escuela Nacional de Artes y Oficios (ENAO), la cual inició labores en 1853.²⁴ Como se ha ido mencionando, la introducción del hierro se da paulatinamente en la construcción de espacios arquitectónicos, tanto en

¹⁹ Israel Katzman, *Op. Cit.*, 136p.

²⁰ *Ibíd.*, 139p.

²¹ *Ibíd.*, 140p.

²² Roberta Vassallo, *Op. Cit.*, 45p.

²³ *Ibíd.*

²⁴ Israel Katzman, *Op. Cit.*, 144p.

dimensiones monumentales como: armaduras, esqueletos, estructuras, y en dimensiones ornamentales: herrerías, barandales, remates, chapetones, etc. Dadas las necesidades de la época, la primera aparición del hierro fue en la red de comunicaciones, el ferrocarril.

Pero, fue en 1873 que se construyó la primer línea férrea México-Veracruz de propiedad inglesa, mientras que las líneas troncales hacia el norte del país eran de propiedad estadounidense.²⁵ Esta red, benefició a la economía nacional y generó que el país vecino fuera el principal socio comercial, tanto que en 1890 socios norteamericanos trasladaron sus procesos productivos a México, lo que dio lugar al nacimiento de una industria metalúrgica en gran escala y con tecnología moderna.²⁶

El siglo XIX, revolucionó las formas de construcción, con la introducción de nuevos materiales, destacando el hierro, así como la formación de profesionales con el conocimiento sobre las técnicas, tecnología y alcances que se podían generar y obtener con dicho material. El hierro también se uso en ornamentos, mobiliario urbano, en farolas, bancas, herrerías, esculturas, así mismo y de forma integral se utilizaron en las exposiciones universales como fue el pabellón de México en la exposición de Nueva Orleans (1884), hoy conocido como kiosko morisco.

Dicho material, también se visualizó en los ornamentos de la exposición internacional de París (1889), hoy se conservan algunas de las columnas de hierro colado del pabellón mexicano (las piezas se localizan en el circuito de la zona arqueología de Teotihuacan, Imágenes 2-4), otro ejemplar fue el cobertizo de la estación de ferrocarril de Buenavista en la Ciudad de México (fue desmantelado) el mobiliario urbano, las esculturas y fuentes de la alameda central de la Ciudad de México, así como los kioscos de las plazas públicas. Estos últimos, son componentes que desde 1878 se convirtieron en una constante, se instalaban en la plaza principal de casi toda ciudad o pueblo durante el porfiriato; incluso

²⁵ Sandra Kuntz, “De las reformas liberales a la Gran Depresión, 1856-1929”, en *Historia económica general de México: De la Colonia a nuestros días*, coord., Sandra Kuntz (México: COLMEX, 2010), 319p.

²⁶ *Ibíd.*, 322p.



Imagen 2. Conjunto de columnas de la exposición internacional París, 1889
Autor: Ruiz, 2022



Imagen 3. Columna París, 1889
Autor: Ruiz, 2022



Imagen 4. Nombre de casa fundidora
Autor: Ruiz, 2022

se colocaron en residencias particulares, algunos se importaron para ser ensamblados en México.²⁷

Ya entrado el siglo XX, se desarrolló la industria siderúrgica para abastecer las demandas de material férreo, lo que requirió la explotación de recursos naturales: carbón mineral, hierro, agua, fundentes. "Hay una actitud de cambio en relación con la industria de extracción y beneficio de minerales [...]. La operación ferroviaria determinó la necesidad de explotar en gran escala los yacimientos carboníferos del estado de Coahuila, y con ello se finca la posibilidad de producir coke, materia prima indispensable para la producción de acero."²⁸

Actualmente, en México se conservan diversas piezas hechas con hierro, edificios, estructuras metálica, estaciones de ferrocarriles, rieles, mobiliario, maquinaria, barandales, farolas, fuentes, esculturas, etc., en su mayoría están desarticuladas, fuera de contexto u olvidadas en algún lugar del país. Sin embargo, dada la importancia que representó dicho

²⁷ Israel Katzman, *Op. Cit.*,384p.

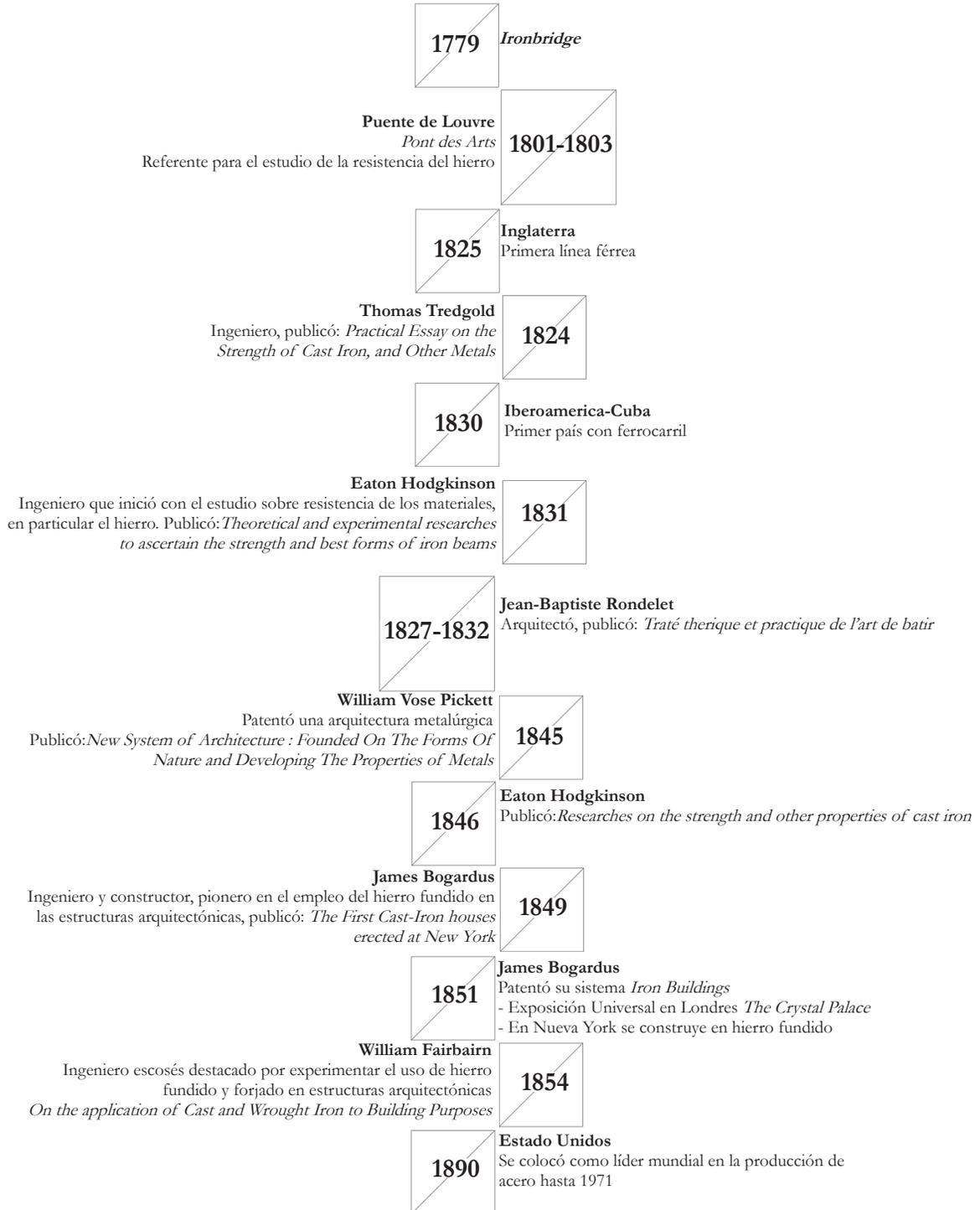
²⁸ Instituto de Estudios Políticos Económicos y Sociales, Partido Revolucionario Institucional, *La Siderurgia en México*: PRI,1975), 16p.

material durante el siglo XIX, los componentes que existen son documentos históricos únicos, que refieren sobre tecnología, procesos de producción, casas productoras nacionales y del extranjero, técnicas, técnicos especializados, profesionales arquitectos, ingenieros, cambios en la economía, modos de organización, así como los cambios tecnológicos en la siderurgia.

Por ello, el estudio de las estructuras metálicas no sólo implica analizar desde la arquitectura, sino, con el apoyo de otras disciplinas que permitan entender de manera integral un caso de estudio. Ya que su construcción implicó esfuerzos de muchas áreas, como la ingeniería, la arquitectura, la siderurgia, la inversión extranjera, los diseños, la influencia de las exposiciones universales, todo ello resultado del conocimiento e investigaciones previas, realizadas en el extranjero, pues la parte experimental se llevó a cabo años atrás, como se mencionó. Los errores, aciertos y avances en el conocimiento para el uso del material férreo, permitió el desarrollo económico, industrial y tecnológico en el país, de una manera particular dados los acontecimientos que se vivían en pleno siglo XIX.

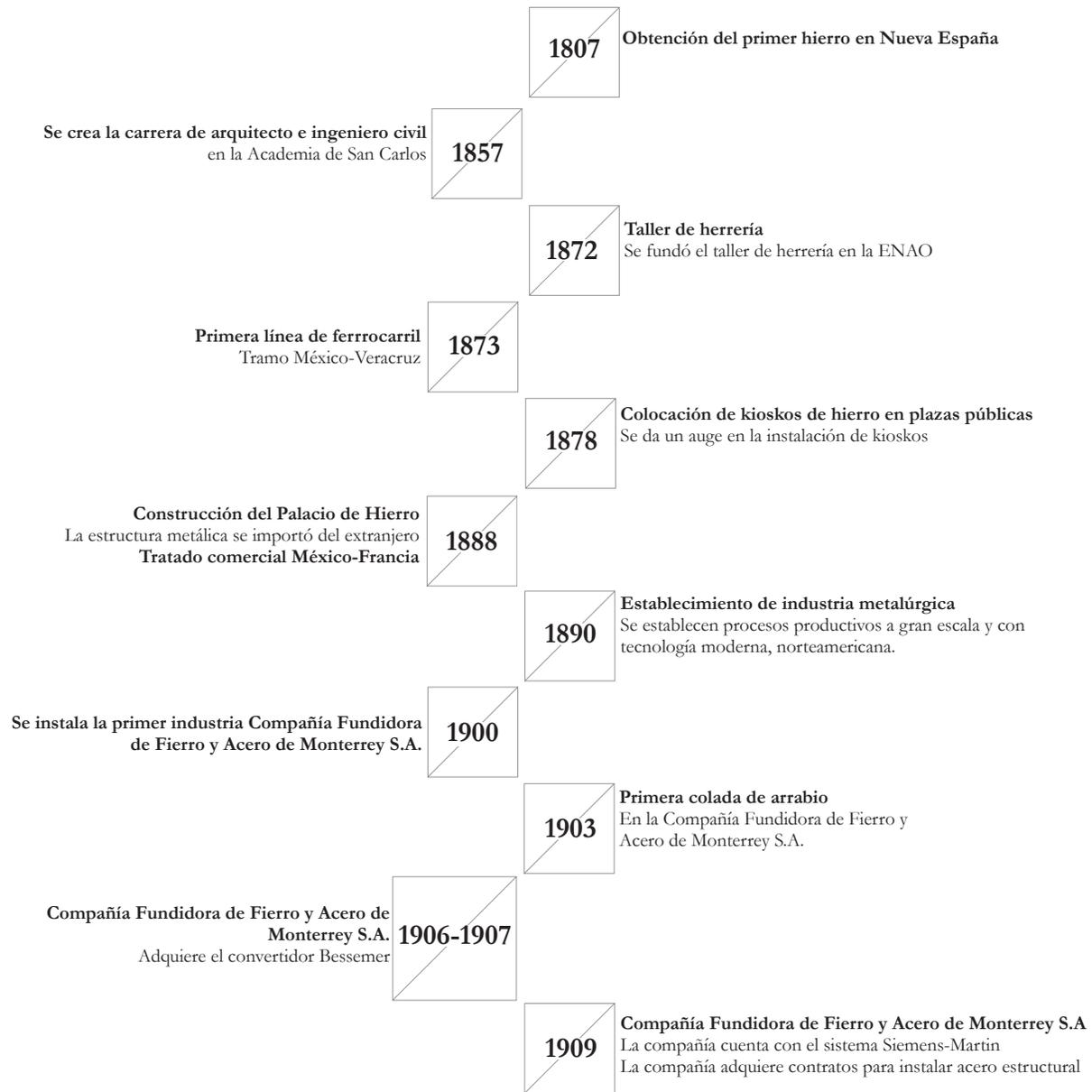
La permanencia de las estructuras metálicas son reflejo de todo ese pasado histórico, el cual brevemente se ha descrito en este apartado. Cada viga metálica contiene información invaluable para entender y tejer la historia de la siderurgia mexicana, su estrecha vinculación con la arquitectura decimonónica y el impacto que generó en el sector comercial y económico. Su estudio a nivel macroscópico es importante porque se obtiene una lectura visual e integral, pero su estudio microscópico se convierte en una riqueza excepcional porque complementa la información sobre su tecnología y propiedades que la hacen única, por tanto, son componentes del pasado industrial mexicano que deben conservarse.

CRONOLOGÍA HIERRO-ACERO EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL



Esqm. 3 Cronología del hierro-acero, contexto internacional
Autor: Ruiz 2021.

CRONOLOGÍA HIERRO-ACERO EN EL CONTEXTO MEXICANO



Esqm. 4 Cronología del hierro-acero, contexto mexicano
Autor: Ruiz 2023

1.2 Tecnología: mecanismos de producción y propiedades mecánicas

En este apartado se abordarán aspectos sobre la tecnología empleada para la obtención de los materiales férricos, como es el horno de fundición en donde se conferían parte de las propiedades químicas-mecánicas, necesarias en relación al uso-función del material. Se hará un recorrido general sobre los distintos tipos de hornos utilizados en la época decimonónica y las propiedades químicas conferidas. La intención de este contenido es únicamente señalar las temporalidades de los avances tecnológicos, las características y diferencias entre los procesamientos, con el fin de que el lector conozca el panorama diverso que existe en el estudio del patrimonio edificado con hierro, pero principalmente correlacionar las propiedades físicas-mecánicas y químicas del material en relación a la época de su posible producción.

Así mismo, se extrapolará los avances tecnológicos desarrollados en el extranjero al contexto mexicano decimonónico, con la finalidad de ubicar temporalidades y medios de producción e inferir su posible procedencia. También, para conocer la tecnología con la que contaba el país durante el siglo XIX principios del XX y fueron utilizadas para la producción de los primeros aceros, que muy probablemente aún se conservan como testigos del pasado industrial, ejemplo de ello: la estructura de la fábrica El Buen Tono.

Para el procesamiento del mineral de hierro, lo primero que se requiere son hornos de fundición, tecnología clave para el desarrollo de la siderurgia. Una vez fundido el metal a través del alto horno, se busca reducir la cantidad de carbono contenido, elemento químico que hace la diferencia entre el hierro colado, hierro forjado y acero.

Cada uno con propiedades que los diferencian como se puede observar en las imagen 5, comparación entre las curvas de resistencia a la deformación: cambios en su

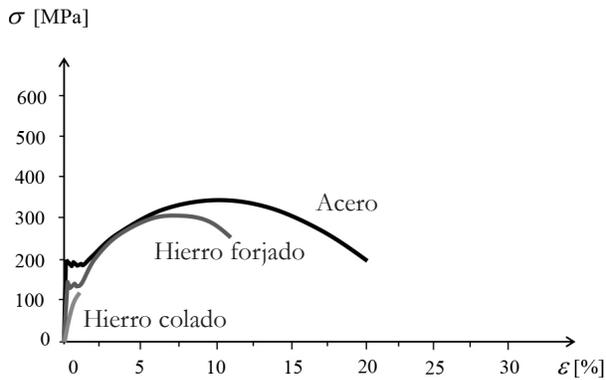


Imagen 5. Comparación resistencia a la deformación entre el hierro colado, hierro forjado y acero
Fuente: Di Lorenzo, *et. al.*, 2021

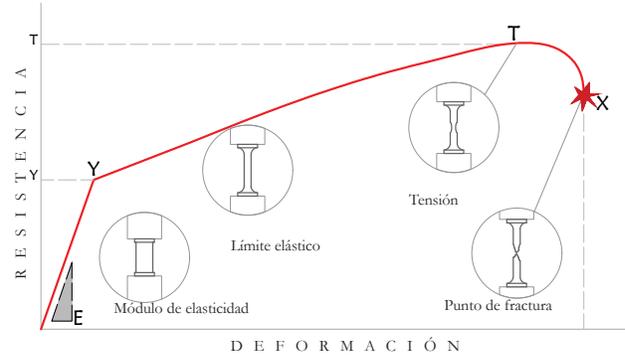


Imagen 6. Ejemplo de una curva de resistencia a la deformación
Fuente: Costa, 2019

plasticidad, grado de fusión, meleabilidad, resistencia, dureza, flexibilidad, etc.(Imagen 6).

Así mismo, la microestructura (Imagen 7) es otro aspecto destacable a estudiar, a través de esta se puede observar a nivel microscópico las propiedades de la aleación, sus defectos por factura, los tamaños de grano, las vacancias, procesamiento, inclusiones, tratamientos térmicos e información que explica el comportamiento y envejecimiento del material, además, en términos histórico-tecnológico nos puede situar en una temporalidad. De ahí el aprovechamiento de realizar análisis cuantitativos como el medio para conocer los porcentajes de elementos químicos presentes en la aleación.

Una de las investigaciones a destacar que vincula varios aspectos tecnológicos:

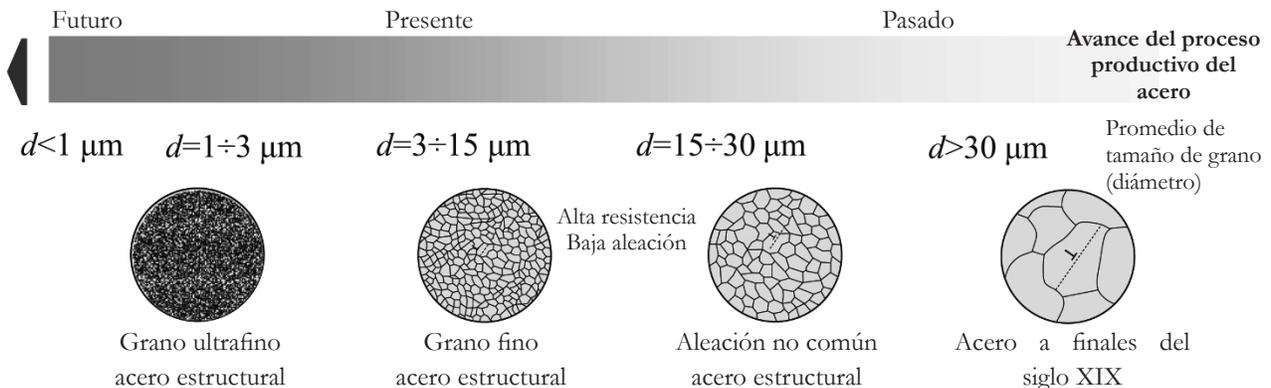
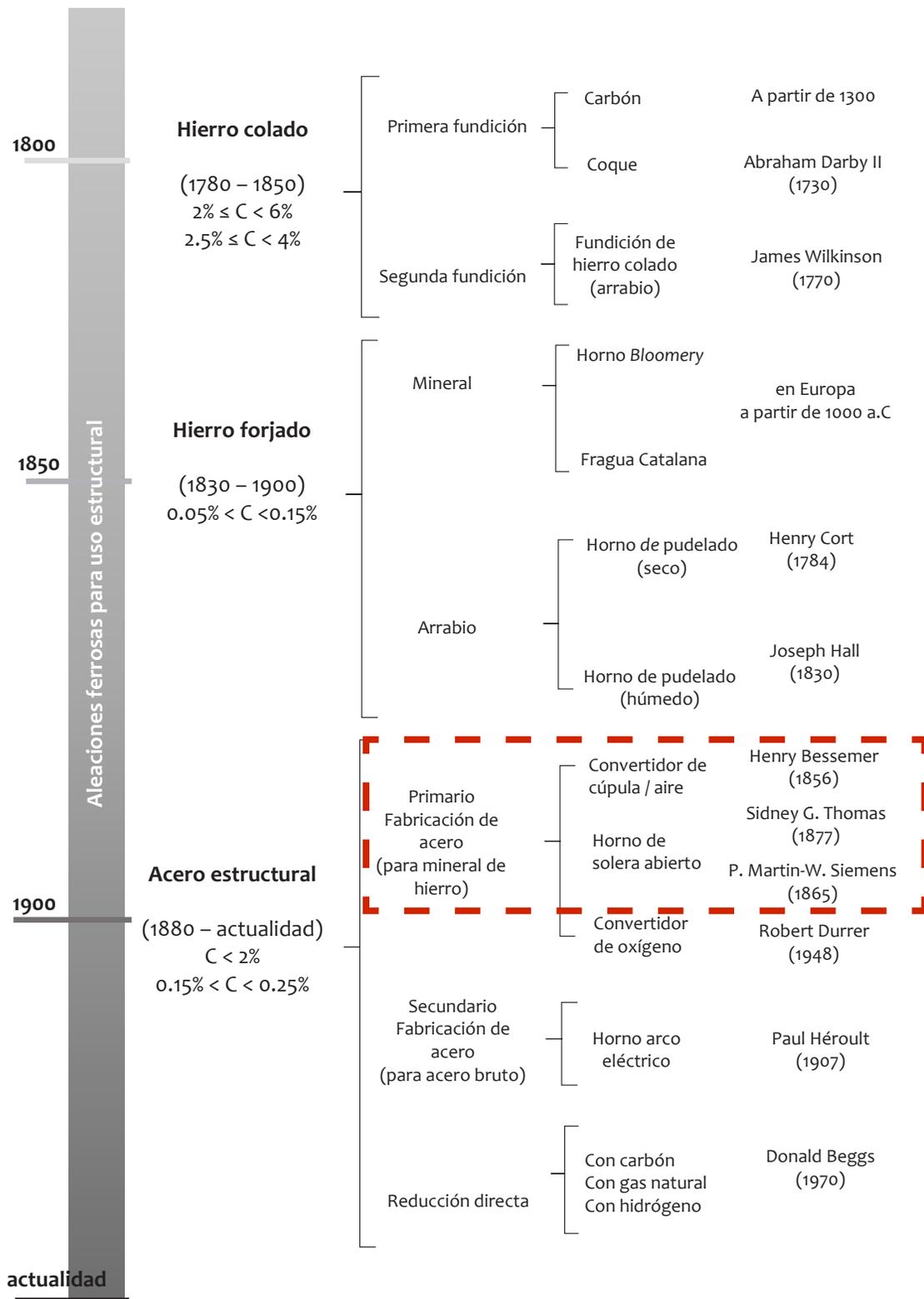


Imagen 7. Comparación entre microestructuras de acero
Fuente: Di Lorenzo, *et. al.*, 2021



Esqm. 5 Cronología de la tecnología para el procesamiento de hierro-acero

Fuente: Di Lorenzo, *et. al.*, 2021.

hornos de fundición, caracterización de materiales y estructuras históricas es el artículo intitulado *Iron alloys and structural steel from XIX century until today: Evolution of mechanical properties and proposal of a rapid identification method*,²⁹ de donde retomamos el esquema referente al avance tecnológico del procesamiento del hierro al acero (Esqm. 5). Ya que, es una forma gráfica de síntesis que señala como se dio el avance en los mecanismos de fundición de hierro hasta llegar a la obtención de acero.

Algo a destacar, es que las estructuras metálicas de finales del siglo XIX principios del XX son producto de la tecnología del alto horno, el convertidor de cúpula o aire de Henry Bessemer, que posteriormente fue mejorado por Sidney G. Thomas (recuadro rojo del Esqm. 5) quien sustituyó el ladrillo refractario ácido por básico a fin de disminuir la cantidad de fósforo y azufre. También, durante la época se utilizó el horno de solera abierto de P. Martin-W. Siemens (Imagen 8).

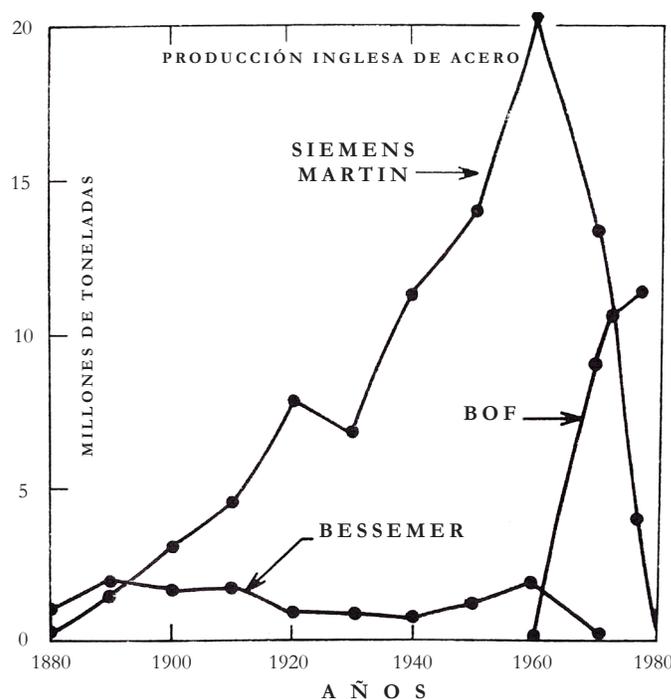


Imagen 8. Sistemas utilizados durante el siglo XIX-XX
Fuente: Martínez, 1989

²⁹ Gianmaria Di Lorenzo, Antonio Formisano, Giusy Terracciano, Raffael Landolfo, "Iron alloys and structural steels from XIX century until today: Evolution of mechanical properties and proposal of a rapid identification method" en *Construction and Building Materials*, vol. 302, October 4, (2021).

Aclaremos, que para el caso mexicano esta tecnología llegó cuando se fundó la compañía fundidora de fierro y acero de Monterrey S.A. en pleno siglo XX, fue entre 1906-1907 que se adquirieron los convertidores Bessemer y fue hasta 1909 que contó con el sistema Martin-Siemens.³⁰ Entonces, con base en ello se infiere que los materiales de acero anteriores a dicho temporalidad son de procedencia extranjera, muy probablemente de los Estados Unidos ya que desde 1890 se colocó como líder en la producción de acero.

Autores como Lauri Holappa³¹, muestra una estadística del uso de tecnología para la fundición del mineral de hierro, en el intervalo que va de 1880 a 1900 donde nuevamente destaca el convertidor Bessemer, y es hasta el siglo XX que despunta el método Siemens-Martin. Dada la temporalidad que nos ocupa, nos centraremos en explicar dichos sistemas (Imagen 9).

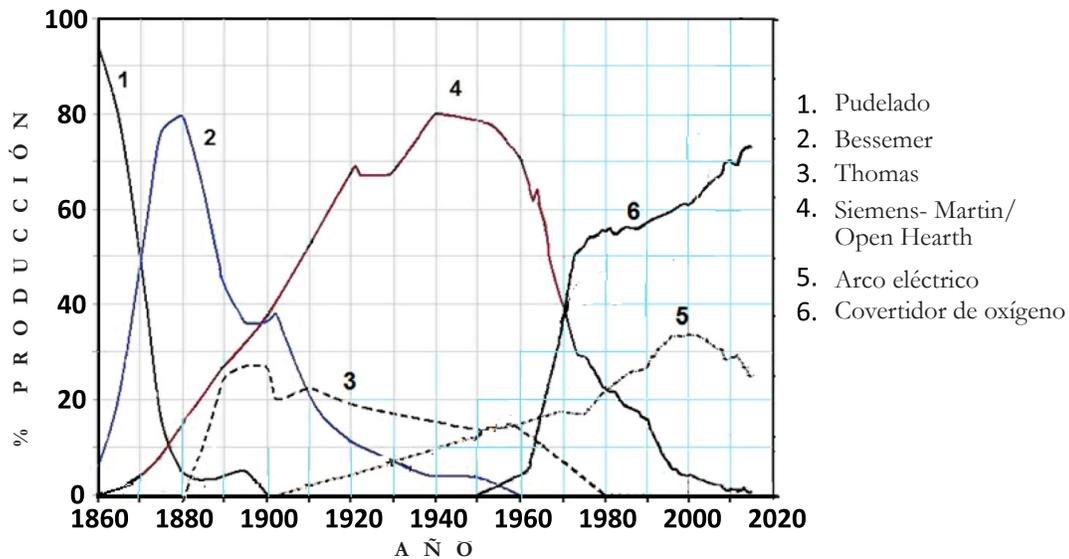
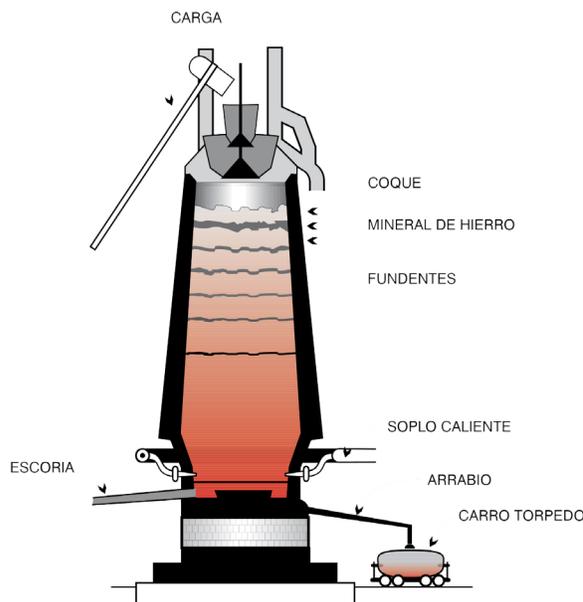


Imagen 9. Estadística uso de tecnología de fundición
Fuente: Holappa, 2019

³⁰ Alberto Casillas, *Op. Cit.*, 24-23p.

³¹ Lauri Holappa, "Historical overview on the development of converter steelmaking from Bessemer to modern practices and future outlook" en *Mineral Processing and Extractive Metallurgy: Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy*, vol. 128, No.1-2, (2019).

El procesamiento para la obtención de acero se divide en dos momentos: el primero consiste en generar arrabio a partir del mineral de hierro (mena³²), el segundo en transformar el arrabio en acero. Para el primer proceso se requiere mineral de hierro, carbón mineral/coque, fundentes y el alto horno (Imagen 10). Dicha tecnología permitió la fundición de la mena, minerales y fundentes, pues alcanzaba los puntos de fusión al ser alimentada con combustible de carbón mineral, logrando mezclar y oxidar los elementos e impurezas contenidas en la mena, ya que esta era obtenida de la corteza terrestre por lo cual contiene minerales diversos (tierras, arcillas, calcáreas, fósforo, sílice, azúfre, etc.). Para llegar al punto de fusión se utilizaron fundentes de tipo silíceos o calizos, a fin de lograr la obtención de arrabio.³³



"En el alto horno, el mineral de hierro, el coque y la caliza se cargan por la parte superior. Por las otras toberas se inyecta el aire caliente que enciende el coque y libera el monóxido de carbono necesario para reducir el óxido de hierro. El arrabio, producto final del alto horno, se coleta por una piqueta en la parte inferior."³⁴

Imagen 10. Alto horno
Fuente: Andrade, 2020.

³² Mineral del que se extrae un metal, tal y como se encuentra en el yacimiento. RAE Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.6 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [28 de marzo del 2023].

³³ Arrabio o hierro fundido, también conocido como *pig iron*, es el mineral de hierro procesado en el alto horno, en donde se mezcla con fundentes a fin de obtener hierro fundido en barras que posteriormene pasará al convertidor de acero.

³⁴ Lorenzo Martínez, *Acero* (México: FCE, 1989), 52p.

Posteriormente, dicho material era procesado en el convertidor Bessemer (1856), para reducir la cantidad de carbono y obtener acero. El sistema consistió en llegar al punto de fusión del arrabio con la finalidad de reducir el contenido de carbono, a través de la presión de aire, pues el oxígeno promovía: elevar la temperatura, la reducción de carbono, la combustión de elementos y contaminantes, la oxidación de manganeso, silicio, así como la obtención de escoria, la cual se utilizaba para otros fines. Una característica de este acero es el alto contenido de fósforo (P) en su composición química (Imágenes 11-13).

Los gases al atravesar esta masa hirviente producen grandes ruidos, percibiéndose vibraciones en la planta del taller. En este momento se nota en la boca del Bessemer la salida de una violenta llama que a veces alcanza hasta 10 metros de altura. El carbono, a esta altura del proceso (unos 16 minutos), se halla reducido al 0,1 %. El manganeso y el silicio se han quemado totalmente; continúa una combustión de llama azul de escasa intensidad, provocada por el resto de carbono existente. No quedando más elemento de oxidación que el hierro, es inminentemente necesario agregar materiales de compensación, sin cuya presencia quedaría inutilizada la colada.³⁵

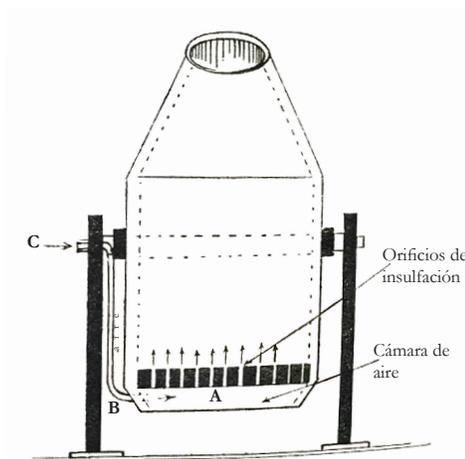


Imagen 11. Función del convertidor Bessemer
Fuente: Iturburu, 1946

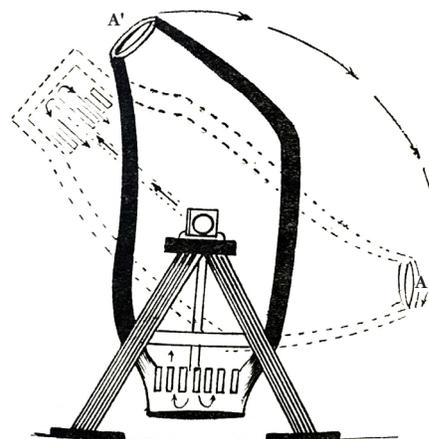


Imagen 12. Función del convertidor Bessemer
Fuente: Iturburu, 1946

³⁵ F. Iturburu, *Siderurgia* (Bueno Aires: CAYMI, 1946), 88p.

El convertidor Bessemer en su parte inferior tiene "una serie de agujeros sobre la cámara (A), que recibe aire por el conducto (B) en comunicación con el soporte hueco (C), por donde tiene acceso el nombrado gas, que llegado el convertidor agita la masa y eleva considerablemente la temperatura en el mismo"³⁶ (Imagen 11). Durante su funcionamiento este se posiciona en vertical (A') (Imágenes 12-13) pues en el momento de la combustión se manifiesta la expulsión de una llama (Imagen 13), mientras que su colocación con la boca en dirección horizontal (A) es para depositar la carga de material (Imágenes 12-13).

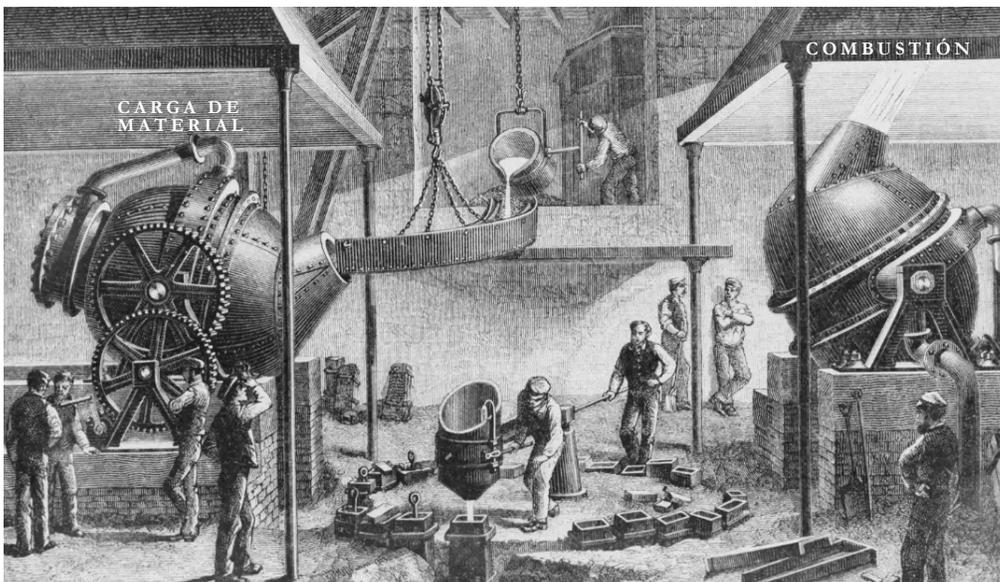


Imagen 13. Convertidor Bessemer en funcionamiento, se observa la expulsión de la llama por combustión

Fuente: Holappa, 2019

En cuanto al horno de solera abierto Martin-Siemens su funcionamiento consistió en un sistema de recuperación de gases que permitía elevar la temperatura. El revestimiento era de tres tipos ácido, básico o neutro, a diferencia del Bessemer que contó únicamente con los dos primeros. El combustible utilizado fue gas previamente calentado en la zona de recuperación (Imagen 13), dado el tamaño de las puertas se podía depositar piezas de grandes toneladas principalmente de arrabio,

³⁶ *Ibid.*, 82-84p.

chatarra y caliza; para disminuir el porcentaje de carbono se utilizaba el hierro dulce.³⁷

Debajo y a ambos lados del horno se encuentran las cámaras (C, C'), en comunicación con el horno por medio de canales (L, L, L', L') que provee aire y gas de los recuperadores que en número de cuatro, están distribuidos de a dos, uno de gas y otro de aire, a cada lado del horno. [...] La parte principal del horno es la solera (S); ésta puede ser de tres clases: ácida, básica o neutra. La primera, en la cual se tratan fundiciones silicosas, [...] Los hornos de solera básica son adecuados para tratar fundiciones abundantes en azufre y fósforo. [...] La solera neutra es adecuada para cualquier tipo de fundición, ... esta última es la mas moderna y la que más se emplea. La bóveda (B) se construye de ladrillo refractario de sílice. El horno, según sus dimensiones, lleva a cada lado un número variable de puertas mecánicas (P, P', P'') que dan acceso a la carga.³⁸ (Imagen 13)

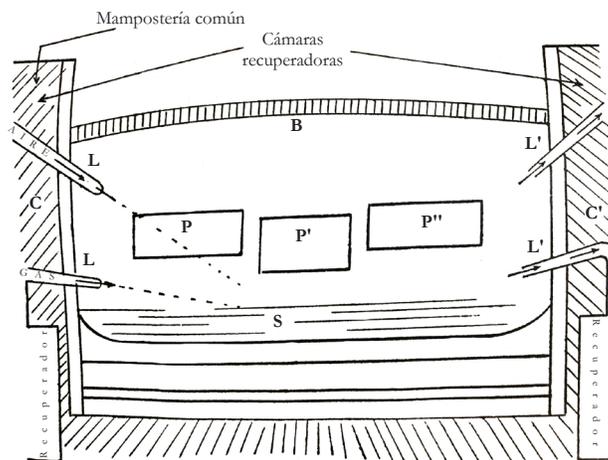


Imagen 14. Horno Martin-Siemens
Fuente: Iturburu, 1946

De este modo, continuando en el periodo que nos ocupa y una vez obtenido el acero, este pasaba por etapas de producción como laminados, procesos térmicos, martillados, etc. explicar cada una de las etapas no es parte de los alcances de esta investigación, ya que se puede identificar de forma particular a través de la aplicación de los análisis instrumentales, para conocer el procesamiento al que fue sometido el componente

³⁷ *Ibíd.*, 99p.

³⁸ *Ibíd.*, 94-97p.

estructural. Sin embargo, la intención principal de esta sección es conocer la tecnología para la fundición del mineral de hierro, así como ubicar al lector temporalmente (consultar herramienta 2). Así como correlacionar la tecnología con las características que se pueden leer en los componentes férricos históricos.

Por consiguiente, las propiedades de los metales se abordarán de manera general y comparativa entre el hierro colado, hierro forjado y acero. Estos materiales presentan propiedades mecánicas, químicas, eléctricas y térmicas (Tabla 1) que podemos resumir a continuación:

PROPIEDADES EN ACERO				
Propiedades mecánicas	Propiedades químicas	Propiedades eléctricas	Propiedades térmicas	Otras propiedades
<ul style="list-style-type: none"> - Dureza - Resistencia a la tensión - Resistencia a la compresión - Resistencia a la incisión - Resistencia a la fatiga - Tenacidad - Resistencia al impacto - Resistencia al choque - Resistencia a la deformación - Fragilidad - Ductilidad - Porcentaje de elongación 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a la corrosión - Resistencia a medios ácidos - Resistencia a medios álcalis - Resistencia a otros químicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Conductividad eléctrica - Resistencia eléctrica - Resistencia dieléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de expansión térmico - Fusión - Temperatura - Conductividad térmica 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo - Peso - Armado

Tabla 1. Propiedades de acero
Fuente: A. Brandt, 1992

En lo esencial las propiedades mecánicas, son las cualidades que presentan los materiales en su estabilidad ante el impacto de determinados esfuerzos, están relacionadas a su composición química y su microestructura. Entre ellos se encuentra: esfuerzo de tensión, compresión, corte, elasticidad, plasticidad, fluencia, flexión, tenacidad y dureza. Las propiedades químicas, refieren a su resistencia a la corrosión ante los medios con alto contenido de humedad relativa, agua e intemperismo. También, su resistencia en medios ácidos y alcalinos, todo dependerá de sus propiedades mecánicas. Mientras, que las propiedades eléctricas están relacionadas con la conducción de electricidad y las propiedades térmicas, refiere a que son conductores térmicos.

Para el material férrico, se pueden encontrar diversas propiedades dependiendo de la aleación y el procesamiento al que fue sometido, como se explicó en párrafos anteriores, la lectura de la microestructura expone las diferencias entre los distintos materiales y el avance tecnológico que se dio durante el siglo XIX.

Debe señalarse las diferencias de la composición química presente entre el hierro, hierro fundido, hierro forjado y acero (Tabla 2). El hierro en el estado más puro se encuentra en meteoritos, mientras que el hierro fundido contiene un alto porcentaje de carbono y le confiere un alta dureza, siendo quebradizo. El hierro forjado presenta una menor cantidad de carbono en relación al anterior, además, los tratamientos conferidos durante su procesamiento modifican su microestructura y en consecuencia hay beneficios que mejoran sus propiedades, un ejemplo en la construcción con este material es el *Ironbridge*, con mayor resistencia a la deformación. Finalmente, el acero presenta diversos elementos en su aleación que mejoran sus propiedades mecánicas. Subrayo, que el contenido presente en la tabla 2 solo busca explicar y comparar a manera de síntesis las diferencias que existen y los puntos a atender durante el estudio de un componente férrico.

ELEMENTOS PRESENTES EN EL MATERIAL FÉRRICO																	
Mineral / elementos	C	Fe	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	Pb	otros
Hierro (meteorito)																	
Hierro fundido																	
Hierro forjado																	
Acero																	

Tabla 2. Comparación de aleaciones con hierro
 Autor: Ruiz, 2023

Ahora bien, existe una diversidad de propiedades que puede tener el acero, punto de interés de este trabajo, ya que el siglo XIX es el momento de auge para la producción y uso de dicho material que tuvo un proceso de avance tecnológico característico de la

época. Para el contexto mexicano hay un mucho camino por realizar para obtener datos precisos sobre el material férreo, sus propiedades y avances técnicos, pues Europa y los Estados Unidos sí se han centrado en el estudio de dichos componentes.³⁹

Las tablas 3⁴⁰ y 4⁴¹, influencia de los elementos de aleación en las propiedades de los aceros, son un ejemplo de cómo la presencia de determinados elementos químicos modifican su comportamiento mecánico.

EFECTO DE LOS ELEMENTOS ALEANTES EN LAS PROPIEDADES DEL ACERO															
Elemento aleante	Propiedades mecánicas								Velocidad de enfriamiento	Formación de carburos	Resistencia al desgaste	Forjabilidad	Maquinabilidad	Escamación (oxidación) a alta temperatura	Resistencia a la corrosión
	Dureza	Resistencia	Punto de cedencia	Alargamiento	Reducción de área	Valor de impacto	Elasticidad	Estabilidad a alta temperatura							
Silicio	+	+	++	□	*	□	+++	+	□	□	□□□	□	□	□	/
Manganeso en aceros perlíticos	+	+	+	*	*	*	+	*	□	*	□□	+	□	*	/
Manganeso en aceros austeníticos	□□□	+	□	+++	*	/	/	/	□□	/	/	□□□	□□□	□□	/
Cromo	++	++	++	□	□	□	+	+	□□□	++	+	□	/	□□□	+++
Niquel en aceros perlíticos	+	+	+	*	*	*	/	+	□□	/	□□	□	□	□	/
Niquel en aceros austeníticos	□□	+	□	+++	++	+++	/	+++	□□	/	/	□□□	□□□	□□	++
Aluminio	/	/	/	/	□	□	/	/	/	/	/	□□	/	□□	/
Tungsteno	+	+	+	□	□	*	/	+++	□□	++	+++	□□	□□	□□	/
Vanadio	+	+	+	*	*	+	+	++	□□	+++	++	+	/	□	+
Cobalto	+	+	+	□	□	□	/	++	++	/	+++	□	*	□	/
Molibdeno	+	+	+	□	□	+	/	++	□□	+++	++	□	□	++	/
Cobre	+	+	++	*	*	*	/	+	/	/	/	□□□	*	*	+
Azufre	/	/	/	□	□	□	/	/	/	/	/	□□□	+++	/	□
Fósforo	+	+	+	□	□	□□□	/	/	/	/	/	□	++	/	/
Incremento +	Reducción □			Constante *				/ Sin características				Varias (+ o □) Efecto más intenso			

Tabla 3. Algunos efectos de los elementos aleantes

Fuente: Figueroa, 1984

³⁹ J. Stanley Rabun, *Structural Analysis of Historic Buildings, Restauration, Preservation and Adaptive Reuse Applications for architects and Engineers* (New York: Jhon Wiley, 2000).

Donald Friedman, *Historical Building Construction, Desing, materials & Technology* (New York: W.W.Norton&company, 2010).

⁴⁰ Constancio Figueroa, *Aceros y aleaciones, propiedades, aplicaciones y soldabilidad* (México: Gráfica Turriles, 1984), 9p.

⁴¹ Andrade de Mattos Luís, *Estructuras de acero, conceptos, técnicas y lenguaje*, traducido por Anne Hoffa y Tania Cademartori (Sao Paulo: Zigurate, 2020), 52p.

INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION EN LAS PROPIEDADES DE LOS ACEROS											
Propiedad / elemento	C	Mn	Si	S	P	Cu	Ti	Cr	Nb	Ni	V
Resistencia mecánica	+	+	+	-	+		+	+	+	+	+
Ductibilidad	-	-		-				-	-		
Tenacidad	-			-					+	+	
Soldabilidad	-	-	-	-	-			-		-	
Resistencia a la corrosión	-		+		+	+	+	+		+	
Nota:	(+) efecto positivo					(-) efecto negativo					

Tabla 4. Algunas propiedades en acero
Fuente: Andrade, 2020

Entonces, el estudio cuantitativo de los componente férricos del siglo XIX, permiten entender las particularidades de una época que inició con la aplicación de la ciencia para el estudio de los materiales, el avance técnico, tecnológico, identificación de los porcentajes de elementos químicos, todo reflejado en su comportamiento físico mecánico como parte de un espacio habitable como lo fue la arquitectura industrial.

Actualmente, existen normas internacionales que se encargan de evaluar y analizar los materiales. Por ello, para la interpretación de los ensayos realizados que se presentan en la Herramienta 4 se utilizó el *ASM Handbooks* y por supuesto un equipo interdisciplinar de ingenieros químicos metalúrgicos. Es importante señalar que los resultados obtenidos fueron revisados e interpretados cuidadosamente ya que todo se vinculó con la investigación histórica, uso-función del espacio y tecnología de producción de acero.

A lo largo de este bloque hemos podido vincular diferentes ópticas de estudio, que nos han permitido situar las temporalidades de producción, la tecnología y la importancia de atender el estudio a nivel macroscópico y microscópico de los componentes férricos. Lo aquí expuesto se podrá ver en los resultados de la ejecución del sistema analítico sobre el caso de estudio de El Buen Tono, se sugiere consultar la Herramienta 2 y 4.

“El arquitecto restaurador, debe privar como prioridad absoluta el edificio histórico, la conservación de su expresión estética, sus espacios originales, sus texturas y su volumetría.”

Ricardo Prado, 2018

CAPÍTULO 2

**Significado cultural:
la estructura metálica
decimonónica**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

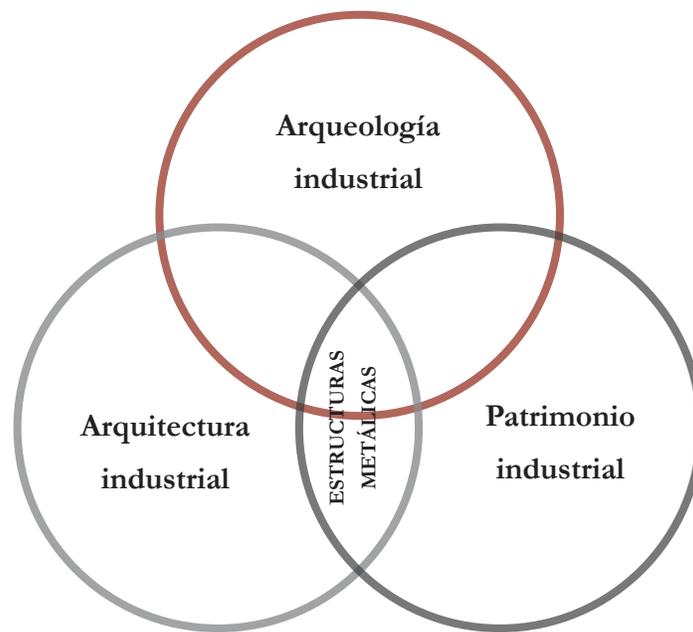
DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

SIGNIFICADO CULTURAL: LA ESTRUCTURAS METÁLICA DECIMONÓNICA

En esta sección explicaremos la articulación de tres conceptos inherentes a considerar durante la conservación-restauración y estudio del significado cultural de las estructuras metálicas: arqueología industrial, patrimonio industrial y arquitectura industrial.(Esqm. 1)



Esqm. 1 Áreas de estudio para las estructuras metálicas.
Autor: Ruiz, 2021

Deseo subrayar, que la conservación del componente en cuestión debe realizarse y estudiar a través de la arquitectura, pues sin ella, estaría desarticulado o incluso no existiría. Su relevancia se observa en la tipología constructiva, la morfología de la estructura, la tecnología, el uso-función del espacio. Particularmente, para el campo de la restauración es indiscutible realizar acciones integrales que permitan conservar y transmitir el conocimiento a las nuevas generaciones, no solo se conserva la materialidad, sino también el significado cultural.

Conservación es el medio por el cual se preserva la naturaleza de un objeto. Esto incluye las evidencias de su origen, su construcción y materiales, información referente a la tecnología usada para su manufactura, y el significado cultural. Así como las subsecuentes modificaciones, ya que pueden tener un significado relevante que deba conservarse.¹

A lo largo de este apartado se argumentan las razones por las cuales las estructuras metálicas son símbolos industriales, vestigios documentales que contienen datos no solo de tecnología, también del procesamiento de la época, de los intercambios comerciales, influencia extranjera, crecimiento económico, instalación de industrias, establecimiento de la red ferroviaria, conocimiento técnico, etc.

Un perfil de acero, desde el análisis macroscópico hasta su nivel microscópico posee información a destacar del pasado industrial. Por ello, argumentar su significado cultural implica articular diferentes áreas de estudio: la arqueología industrial, la arquitectura industrial y el patrimonio industrial. Cada una marca las pautas para el análisis de dicho testigo del pasado y es aquí en donde extrapolaremos su visión, con la finalidad de exaltar la importancia de su estudio y conservación.

¹ Chris Caple, *Conservation Skills, Judgement, Method and Decision Making* (London and New York: Routledge, 2000).

2.1 Estructura metálica: un componente de la arquitectura industrial

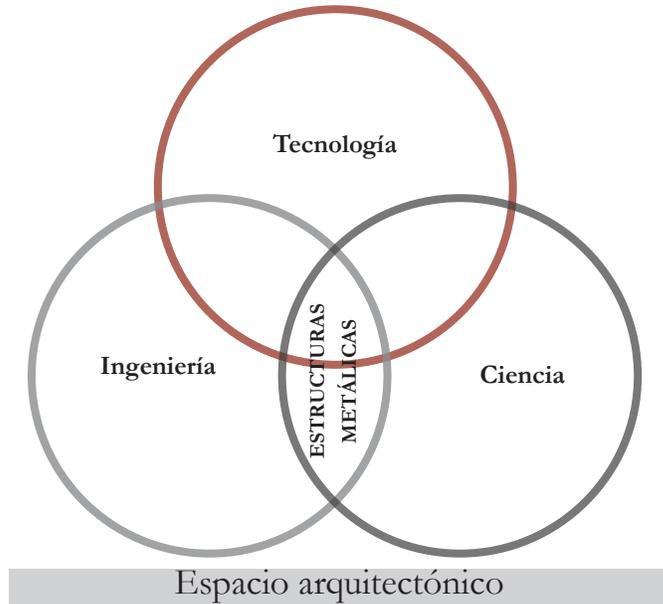
Las estructuras metálicas decimonónicas son un componente característico de la arquitectura industrial, conformado por un conjunto de partes-piezas: vigas, columnas, perfiles, conexiones, armaduras, etc (consultar herramienta 3), cada una corresponde a una tecnología, composición química, conocimiento técnico y época. Entonces, para fines de esta investigación definimos estructura metálica como el componente de un determinado sistema constructivo, el cual está conformado por un conjunto de partes que constituyen una unidad, paralelamente están diseñados para resistir determinados esfuerzos, además, entre los elementos de su composición química sobresale el hierro. Aquí trataremos de manera particular aquellas estructuras que fueron parte de una arquitectura que alojó un proceso productivo en la última década del siglo XIX y primera del siglo XX.

Espacio que contó con maquinaria, operarios, infraestructura y materia prima para desarrollar etapas productivas, siendo parte del programa arquitectónico. Una constante en este tipo de arquitectura es su construcción con elementos prefabricados que optimizaron tiempo y costes, fueron edificaciones vinculadas al lugar, al paisaje, a la geografía, a la topografía, a los recursos naturales, a las condiciones ambientales, a la infraestructura, vías de comunicación y transporte, a la energía de la época, además, de ser espacios libres de apoyos gracias al uso de las estructuras metálicas.

[...]La arquitectura industrial no es solo la arquitectura de edificios de uso genuinamente industrial, sino también la de aquellos edificios con finalidad explotativa y que son concebidos con unos modelos de pensamiento y praxis derivados de los paradigmas de la era mecánica, que lógicamente vinieron íntimamente relacionados con la aparición en el mercado de nuevos materiales preparados por la propia industria

como el hierro, el acero o el hormigón armado, y con la aparición de nuevas tipologías arquitectónicas que surgieron como resultados de las nuevas necesidades de la sociedad industrial.²

Dichos componente metálicos se insertan en tres áreas de estudio y/o características principales: ingeniería, tecnología y ciencia (Esqm. 2). La primera, **ingeniería**, sobresale porque fue la disciplina que generó el *parteaguas* de conocimiento, la aplicación de las matemáticas, la ciencia, el cálculo, el diseño ingenieril, para crear los modelos de estructuras que se introdujeron inicialmente en puentes y posteriormente en los espacios arquitectónicos, cada uno refiere a una temporalidad. La **tecnología**, es otra característica que se observa desde el procesamiento del mineral, la extracción en minas, la técnica para su extracción, la técnica para su procesamiento, su fundición y obtención, ya sea en hierro colado, hierro forjado o acero.



Como se mencionó en el apartado anterior, los hornos de fundición son medios necesarios para la obtención del material, de igual manera nos señalan temporalidades, cruce de conocimiento y técnicas con las tecnologías desarrolladas en el extranjero y su implementación en México.

Esqm. 2 Características de las estructuras metálicas, siglo XIX
Autor: Ruiz, 2022

² Inmaculada Aguilar Civera, "La arquitectura industrial en la obra de Demetrio Ribes. Hacia una arquitectura racionalista" en *Fabrikart*, No. 5, (2006),10p. <https://ojs.chu.eus/index.php/Fabrikart/issue/view/224>

Finalmente, la **ciencia** esta de forma inherente desde la composición de la *mena*, los elementos químicos que intervienen para su fusión, la combinación de estos para obtener determinadas propiedades mecánicas que impactaran en su uso. El estudio del hierro, ha exigido la aplicación de métodos científicos para el avance técnico y tecnológico, al día de hoy gozamos de sus beneficios. Pues, el hierro es un material presente en la vida cotidiana y por ello se siguen realizan estudios y avances científicos.

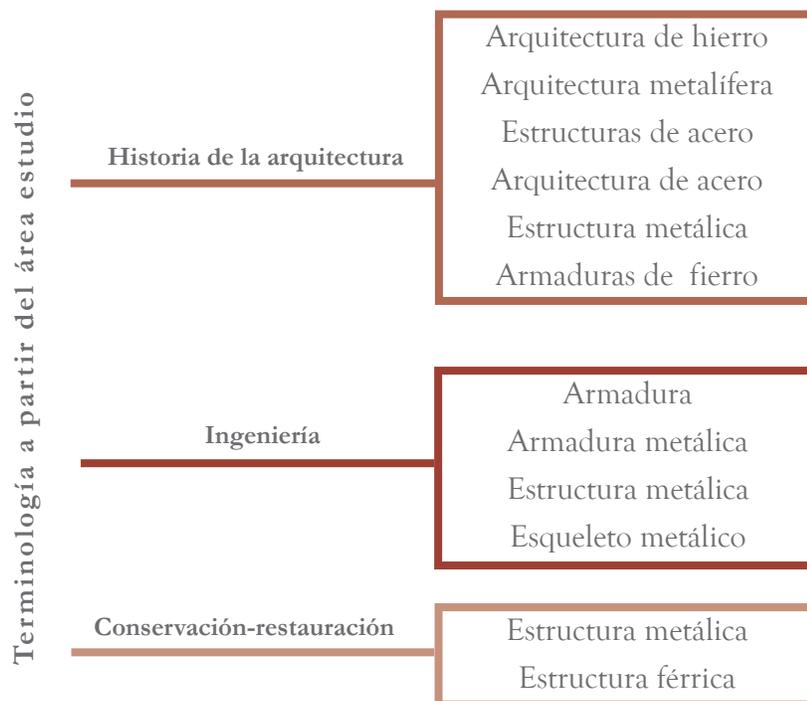
Entonces, leer el discurso arquitectónico de este tipo de edificación permite conocer cualidades estilísticas de un momento histórico como lo fue el siglo XIX, también se puede identificar las modificaciones, agregados de materiales, espacios, técnicas, modos de organización de trabajo, modos de vida, avance de tecnologías, tecnología de materiales, tecnología de producción, economía, sociedad, paisaje, uso-función, proceso productivo, una actividad comercial, infraestructura, medios de comunicación y transporte.

Algunos ejemplos representativos en la Ciudad de México con material férrico en su construcción son: el Palacio de Hierro, Ferretería Casa Boker, el actual Museo Universitario del Chopo, Monumento a la Revolución, Museo Nacional de Arte (MUNAL) y Palacio Postal, cada uno expresa monumentalidad, el impacto del avance industrial y la influencia del extranjero, existen varios casos en la República Mexicana como lo señala Roberta Vasallo, uno de ellos la fábrica El Buen Tono.

Por otro lado, es necesario precisar que se usan varias terminologías para referir al componente arquitectónico en cuestión, a continuación se muestra la diversidad de nombres y se establece la postura de esta investigación (Esqm. 3). Por un lado, Israel Katzman refiere como arquitectura metalífera y arquitectura de hierro, en el libro que coordina Ramón Vargas se denomina estructura metálica y armaduras de fierro, mientras que en publicaciones que tratan sobre arquitectura del siglo XX, mencionan el termino, estructuras de acero, esqueletos de acero, sobre todo por la influencia de la

escuela de Chicago. Roberta Vassallo en su tesis de grado señala como, arquitectura de hierro, mientras que Patricia Martínez nombra como arquitectura de hierro o de acero, indica que hay diferencias en su composición química, pero dice: "cuando se habla de arquitectura de hierro en el siglo XIX, es correcto también utilizar el término acero, aunque seguiremos utilizando la palabra hierro para no alterar la tradición."³

Sin duda, el termino arquitectura de hierro es parte de una tradición, con mayor uso en el área de la historia de la arquitectura, refiere al empleo indiscriminado para hablar de aquellas edificaciones con material férrico de la época del porfiriato. En cuanto, a la ingeniería, se utilizan los términos como: armadura, armadura metálica, estructura metálica y esqueleto metálico, lo nombra desde su morfología y no desde la materialidad.



Esqm. 3 Terminología para las estructuras metálicas
Autor: Ruiz, 2022

³ Patricia Martínez, *El Palacio de Hierro, Arranque de la modernidad en la Ciudad de México* (Ciudad de México: UNAM, 2005), 53p.

Entonces, en relación a lo anterior, la postura en esta investigación es señalar a este componente como estructura metálica o estructura férrica, y solo cuando se tenga la certeza de la naturaleza del material se recomienda referir como estructura de hierro o acero, según sea el caso. Es precisamente, a través de la aplicación de análisis instrumentales que se puede corroborar la naturaleza del material, o por el contrario, si se conoce la temporalidad de construcción del objeto de estudio esto permitirá hacer hipótesis de su composición química, si es anterior a 1880, año de introducción del acero, sin duda se tratará de un hierro.⁴

Como se muestra a manera de resumen en el esquema 3, existe una diversidad de términos para referir a una estructura metálica, conocer los nombres da la pauta para hacer la búsqueda de bibliografía de acuerdo al área de estudio. También, esta diferencia no tiene calificativos positivos o negativos, sino que el uso del lenguaje técnico va modificándose a lo largo del tiempo, es parte de los avances y aportaciones de las áreas de investigación, como es el caso de este trabajo.

Pues la conservación-restauración estudia los bienes históricos, a fin de entender su procesamiento, técnica de factura, su historia de vida, la naturaleza de sus materiales, etc., leer la información que contiene permite generar acciones de conservación o restauración (consultar herramienta 5). Desde esta óptica lo correcto es nombrar a los componentes en cuestión como: estructura metálica o estructura férrica, ya que se trata de piezas realizadas con material metálico, en su mayoría contienen porcentajes altos de hierro.

⁴ Se sugiere consultar el Capítulo 1: *Aspectos generales de la tecnología con hierro, siglo XIX.*

2.2 La estructura metálica *versus* arqueología industrial

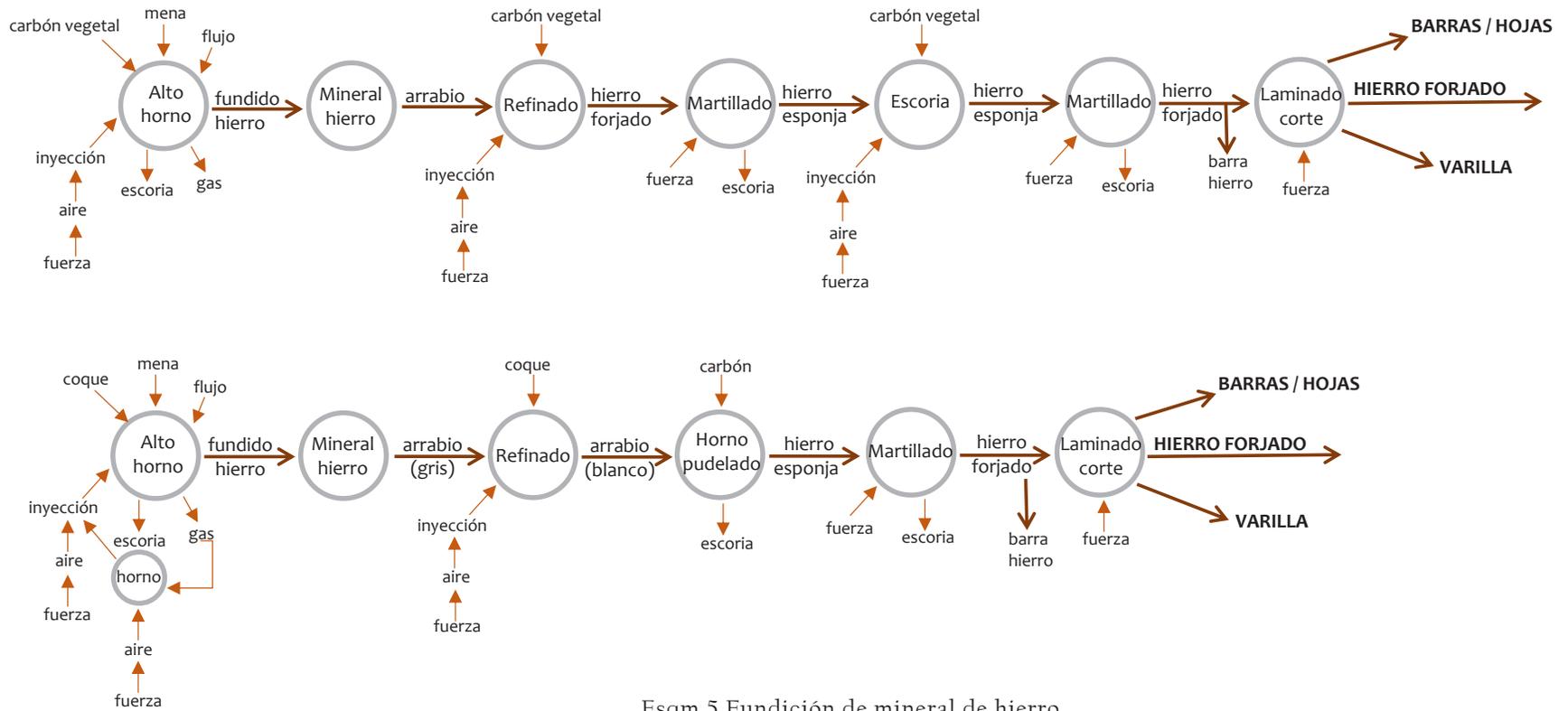
Desde la visión de la arqueología industrial las estructuras metálicas son un símbolo de la industrialización. El estudio de estos vestigios históricos surge a mediados del siglo XX en Gran Bretaña, a través de dicha disciplina pionera en el estudio, conservación y puesta en valor de los bienes culturales producto de la revolución industrial, se reconoce e incluye la arquitectura.

La arqueología industrial se define como el estudio de evidencias tangibles, sociales, económicas y tecnológicas del periodo de la industrialización. [...] el paisaje industrial y las construcciones son el símbolo visible de los procesos de producción en un espacio y tiempo. Los paisajes son analizados por su establecimiento cercano a ríos, canales y vías férreas. Así como sus construcciones, en términos de función, tipologías, y contexto, topografía y cultura.⁵

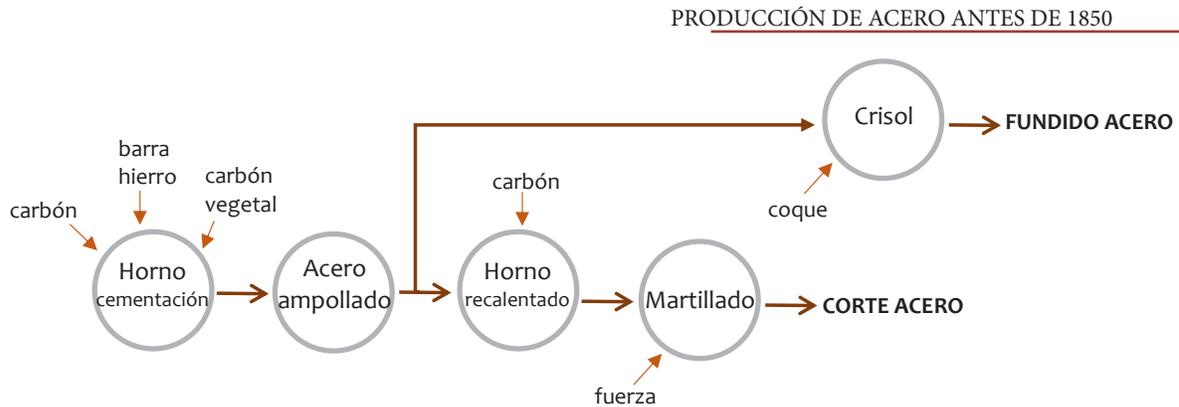
Esta área de estudio señala tres factores característicos de los sitios industriales: la presencia de los recursos naturales, las características topográficas y asentamientos humanos. Así mismo, reconoce que las construcciones industriales son un símbolo visible de los procesos de producción en un espacio y tiempo.⁶ En lo que se refiere al hierro, su análisis se puede desarrollar a partir de la prospección en campo, el espacio construido, la minería, industria de extracción de minerales que posteriormente pasaba por un procesamiento para obtener materia prima, barras de hierro que a su vez era sometida a diversas técnicas para la obtención de perfiles de hierro-acero empleadas en la construcción, además, de la ubicación estratégica en relación a los recursos naturales y a las vías de comunicación.

⁵ Marilyn Palmer, Peter Neaverson, *Industrial Archaeology, Principles and practice* (London and New York: Routledge, 1998)

⁶ *Ibid.*, 43p.



Esqm.5 Fundición de mineral de hierro
Fuente: Palmer, 1998



Esqm. 6 Fundición de mineral de hierro

Fuente: Palmer, 1998

férricos, desde un hierro colado, un hierro forjado hasta un acero. También, se pueden ver los diferentes factores que intervinieron así como los productos obtenidos, entre ellos: hierro espuma, uso de la energía hidráulica, fundido de hierro, obtención de arrabio, inyección de aire etc.

Entonces, el procesamiento descrito por la arqueología industrial es un claro ejemplo de la articulación de las distintas etapas de producción de un material, con un tipo de tecnología, en una temporalidad determinada. Por tanto, esta investigación se enfoca en un componente metálico de la arquitectura industrial, con tecnología que se desarrolló durante el siglo XIX, con materiales destacados por su valor económico y el crecimiento que generó en los sectores del país, como sucedió con el llamado diamante negro, el carbón, que aleado con el fierro se convirtieron en un símbolo de la época decimonónica.

La construcción del contenido de información del componente férrico, es una aportación para la arqueología, para la arquitectura y para el área de la conservación-restauración, dado el nivel de estudio integral propuesto y desarrollado. Este tipo de análisis implica la interdisciplina, su conservación, ya que como componente arquitectónico esta vinculado a otros factores, los cuales enriquecen el conocimiento que tiene un mismo fin, en este caso la conservación del patrimonio industrial.

2.3 El significado cultural de la estructura metálica decimonónica

Como se ha expuesto, las estructuras metálicas permitieron crear espacios libres de apoyos con amplios claros, característica de las nuevas formas de construcción durante el siglo XIX y que fueron diseñadas para usos específicos (Esqm. 7). Subrayo, que las actividades de conservación-restauración requieren la interpretación de su significado cultural, este se entenderá como el contenido material e inmaterial que posee la arquitectura industrial, adquirida a través del tiempo. *La Carta de Burra*, documento creado por el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) establece y promueve conservar lugares con importancia cultural; define al significado cultural como aquellas cualidades que resaltan la importancia de un lugar, ayuda a entender nuestro pasado, enriquecer nuestra vida en el presente para ser valorada por las futuras generaciones. Además, señala al significado como una guía para la toma de decisiones, refiriendo así a las fábricas, el sitio, el contexto, la sociedad.⁸

Entonces, se vuelve relevante detenernos a analizar las estructuras metálicas decimonónicas, como parte de una evidencia y resto material de la historia-tecnológica-arquitectónica, información plasmada en sus características constructivas, su contexto, su contenido, en los documentos primarios, en su uso, en la memoria social-colectiva del sitio.⁹ A partir de un sistema metodológico para su estudio podemos lograr una conservación integral del sitio, resaltando la relevancia constructiva, tecnológica e histórica, así como sus características materiales e inmateriales.

A partir, de la lectura de su significado cultural se puede establecer el proyecto de restauración que permita resaltar dicha información, además, lograr su habitabilidad y

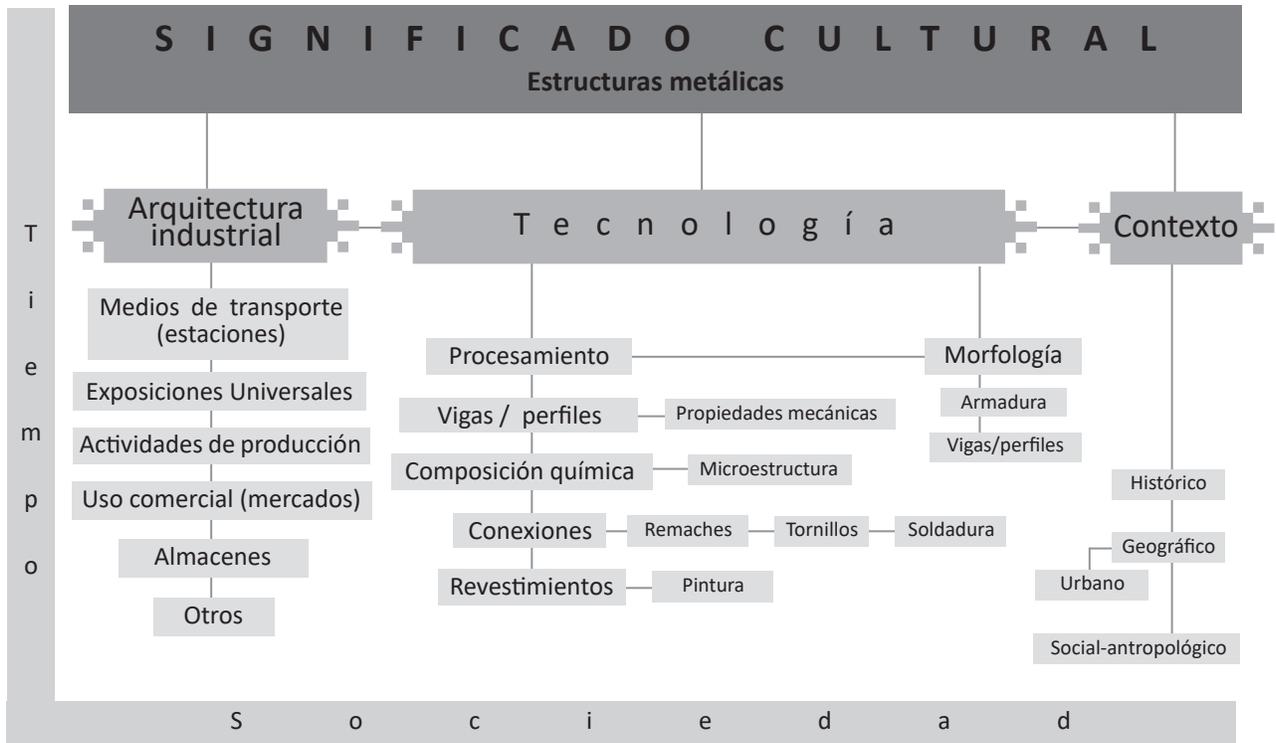
⁸ ICOMOS, *The Illustrated Burra Charter* (Brisbane: ICOMOS, 1992),15p.

⁹ *Ibid.*

apropiación social. Las aportaciones de las distintas disciplinas permiten generar enfoques integrales de conocimiento, es claro que la responsabilidad de conservar el patrimonio industrial no se concentra en una sola área de estudio o instancia.

Definitivamente, estudiar un espacio arquitectónico requiere una reflexión y análisis profundo, ya que contiene el *corpus* de información para identificar su significado. Por esta razón, el trabajo inicia con una visión general historiográfica del proceso productivo del hierro hasta la obtención de acero durante el siglo XIX. Para situar su uso en la construcción, el auge en su estudio, su aplicación en el diseño ingenieril para los caminos-puentes de la red ferroviaria y finalmente su introducción en la arquitectura.

Ahora bien, precisaremos cuáles son las características que se deben considerar para identificar el significado cultural de una estructura metálica (Esqm. 7). Se hace énfasis, que cada aspecto se puede investigar con mayor detalle para destacar el valor tecnológico



Esqm. 7 Características a considerar para reconocer el significado cultural
Autor: Ruiz, 2023

arquitectónico, sin embargo, para fines de esta investigación ahondaremos en el aspecto tecnológico de las estructuras metálicas, sin dejar de analizar los demás puntos señalados en el esquema ya que constituyen parte del tejido de conocimiento.

Puntualizamos que lo planteado en el esquema 7 se identifica durante la aplicación del sistema de analítico propuesto en este trabajo, sin embargo, se resalta en esta sección los datos a identificar durante la investigación e intervención de un caso de estudio. Es fundamental argumentar en donde se concentra la importancia histórica y patrimonial de las estructuras metálicas, con el fin de focalizar sus cualidades durante el diseño y la ejecución del proyecto de restauración. Pues conservar-restaurar no implica solo recuperar una lectura visual estilística, ni la habitabilidad del lugar, sino lograr un conservación integral que permita transferir los valores culturales del sitio a las nuevas generaciones.

Para leer una estructura y reconocer su significado cultural es fundamental guiarse por el tiempo-espacio a través de tres ejes de información: arquitectura industrial, tecnología y contexto. La interpretación de la estructura metálica inicia al situar el componente en un tiempo-espacio (sociedad), como se ha reiterado, es parte de una espacio construido que es o fue habitable. Se propone que para reconocer el significado cultural debemos identificar el tipo de arquitectura industrial, si se trata de una estación de ferrocarril o parte de un complejo ferrocarrilero, si son restos de algún pabellón internacional, si fue un espacio de actividades de producción (fábricas), o un mercado, almacén u otro uso, ya que permitirá ubicar posibles temporalidades u origen.

Posteriormente, se pasa a la lectura tecnológica la cual implica identificar su procesamiento y su morfología, el situar temporalidades con base en el tipo de vigas/perfiles, composición química, tipo de conexiones, tipo de revestimientos y agregados. Todo estos datos se descifrarán de manera paralela con el desarrollo del contexto histórico, geográfico, y social-antropológico. Cada dato recolectado y verificado con fuentes documentales generarán el argumento de su significado cultural, la relevancia de

su permanencia en el presente, así como exaltar sus cualidades históricas que influyeron en la economía del país. Establecer las vías de conservación y restauración para enaltecer su materialidad. Como hemos narrado, una viga metálica en un espacio construido es un universo de conocimiento aún por descifrar, ya que cada componente tiene un historia y un valor único (Herramienta 2).

A manera de cierre, el significado cultural es un tejido de información material e inmaterial del objeto de estudio, sus características argumentan la razón de ser único, relevante y con valores culturales. Su estudio, debe ser interdisciplinar, ya que su identificación parte de un reconocimiento visual del lugar que se puede complementar con otras técnicas de estudio. Además, todo el *corpus* de contenido permite generar un plan de conservación y/o restauración acorde a las necesidades del sitio, que resalte su relevancia como patrimonio cultural y a su vez lograr una nueva habitabilidad.



**"Las investigaciones interdisciplinarias
enriquecen y generan puentes de
conocimiento para un fin en común, la
conservación del patrimonio cultural"**

Patricia Ruiz, 2021

CAPÍTULO 3

**Sistema analítico para la
conservación-restauración
de estructuras
metálicas, arquitectura
decimonónica**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

SISTEMA ANALÍTICO PARA LA CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, ARQUITECTURA DECIMONÓNICA

El eje de esta apartado es explicar el sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas, como una forma de aproximación a dicho componente con la finalidad de argumentar su importancia histórica, así como establecer una metodología para una conservación y/o restauración integral. Como primer punto a tratar se presenta de manera breve los tres modelos utilizadas para el diseño del sistema aquí propuesto: *La Carta de Burra Ilustrada*,¹ *Revelación Investigación Preservación (RIP)*² y *Metodología de evaluación, cronología de materiales, primeras leyes de construcción y cargas*.³

Finalmente, para cerrar este apartado se presenta el sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas en arquitectura decimonónica, conformada por 5 Herramientas, se expone en qué consiste su aplicación y cómo hacer uso de ellas. Resalto, que el contenido obtenido en cada una se vincula con la siguiente Herramienta hasta finalizar el sistema o en su defecto llegar aplicar solo algunas, todo dependerá del estado de conservación del caso de estudio.

¹ ICOMOS, *The Illustrated Burra Charter* (Brisbane: ICOMOS, 1992).

² Chris Caple, *Conservation Skills, Judgement, Method and Decision Making* (London and New York: Routledge, 2000).

³ J. Stanley Rabun, *Structural Analysis of Historic Buildings, Restoration, Preservation and Adaptive Reuse Applications for architects and Engineers* (New York: Jhon Wiley, 2000).

3.1 Modelo de análisis: *La Carta de Burra Ilustrada*

La Carta de Burra Ilustrada es un documento realizado por ICOMOS Australia, conformado por 29 artículos. Es una guía que expone los principios y procedimientos básicos a reconocer para la conservación de lugares con relevancia histórica, como pueden ser: monumentos, ruinas, arquitectura, pintura rupestre, petrograbados, vivienda, caminos, minería, sitios arqueológicos, regiones o zonas culturales.



Esqm. 1 Modelo establecido ICOMOS
Fuente: *La Carta de Burra*, 2013

En el esquema 1 se muestran los tres ejes principales del método planteado. El primero propone el reconocimiento del **significado cultural**, que implica identificar y recopilar las evidencias materiales, físicas, documentales y orales, se darán a partir de la inspección en el lugar de interés. Definición que a lo largo de esta investigación retomamos, dada la relevancia que implica durante el estudio de un sitio cultural.

En segundo lugar, establece el **desarrollo de las políticas de conservación**, las cuales se generan con base en las evidencias materiales.

Dichas evidencias son su uso, estado de conservación, alteraciones, huellas, agregados, e investigación documental. Finalmente, el tercer eje es la **gestión con base en las políticas**, será el resultado del previo análisis de los pasos anteriores, en donde se reconoció la relevancia histórica del sitio y las necesidades que presenta para su mantenimiento. Cabe resaltar, que el plan de mantenimiento no será fijo, ni definitivo, sino que tendrá que modificarse en el momento que se requiera y lo exijan las nuevas necesidades del sitio, por ello, plantea el monitoreo y revisión constante por parte de un equipo interdisciplinar.

Algunos puntos a destacar de la *Carta de Burra* son: establece que el lugar en sí mismo es importante, entender el significado del lugar implica comprender el pasado y la historia, identificar la naturaleza de la fábrica permite establecer acciones de conservación óptimas para su estabilidad, resalta, que el significado debe ser la guía para la toma de decisiones, así como hacer todo lo que sea necesario para su permanencia y a la vez hacer lo poco como sea posible para evitar alteraciones o falsos históricos, finalmente, invita a ejecutar las acciones en orden lógico.

Esta metodología se convierte en una aportación relevante para el estudio de los sitios culturales, el término de significado cultural es uno de los fundamentos para la lectura, análisis, reconocimiento, inspección, identificación material e inmaterial del bien cultural. Por ello, dentro del sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas decimonónicas, se expone cómo y con qué Herramientas reconocer el significado de dicho componente.

3.2 Modelo de análisis: *Revelación, Investigación y Preservación (RIP)*

El **modelo RIP** (Esqm. 2) por sus siglas en inglés *Revelation, Investigation, Preservation* propone un circuito de acciones para generar la conservación de artefactos, pero, al ser una metodología se puede extrapolar a inmuebles. Esta diseñado y propuesto por el arqueólogo Chris Caple, refiere a tres puntos secuenciales a desarrollar para el análisis de objetos: revelación, investigación y preservación.

La **revelación** es el momento para identificar las características impresas en el objeto de estudio, su materialidad y el contexto inmediato, es la primera aproximación en donde se conoce su naturaleza, a través de una inspección visual: evidencias físicas, marcas de factura, acabados de superficie, decoración, formas, materiales, estado de conservación, tipo de objeto, etc. El autor propone acciones de conservación, como limpiezas superficiales⁴, para retirar partículas que obstruyan la visibilidad de las superficies y poder realizar un mayor reconocimiento de la información física.

En consecuencia de lo anterior se pasa a la **investigación**, con base en los datos recolectados se establecen preguntas, dudas, hipótesis. Es aquí, donde el autor menciona la aplicación de análisis instrumentales, ya sean destructivos o no destructivos, todo dependerá del objeto de estudio y de las interrogantes, con la finalidad de descubrir información. La investigación, es la punta de la secuencia de este modelo, por ser el momento en donde se conoce la complejidad del artefacto, incluso propone aplicar el método *VES (Visual Evidence Sequence)* secuencia de evidencias visuales, a fin de definir sus particularidades y características únicas, que marcarán las pautas para su conservación.

El tercer punto, es la **preservación** descrita como acciones que buscan mantener

⁴ Cualquier acción de conservación curativa tiene que contar con el visto bueno de un especialista en el área, ya que una limpieza superficial puede generar pérdida de información y/o alteraciones físicas.



Esqm. 2 Modelo *RIP*
Fuente: Caple, 2000

al objeto en su forma presente, sin deterioros. A través de acciones ejecutadas sobre la materialidad, con la finalidad de detener los procesos de deterioro y lograr su estabilidad, principalmente en tres áreas: biológica, química y física.

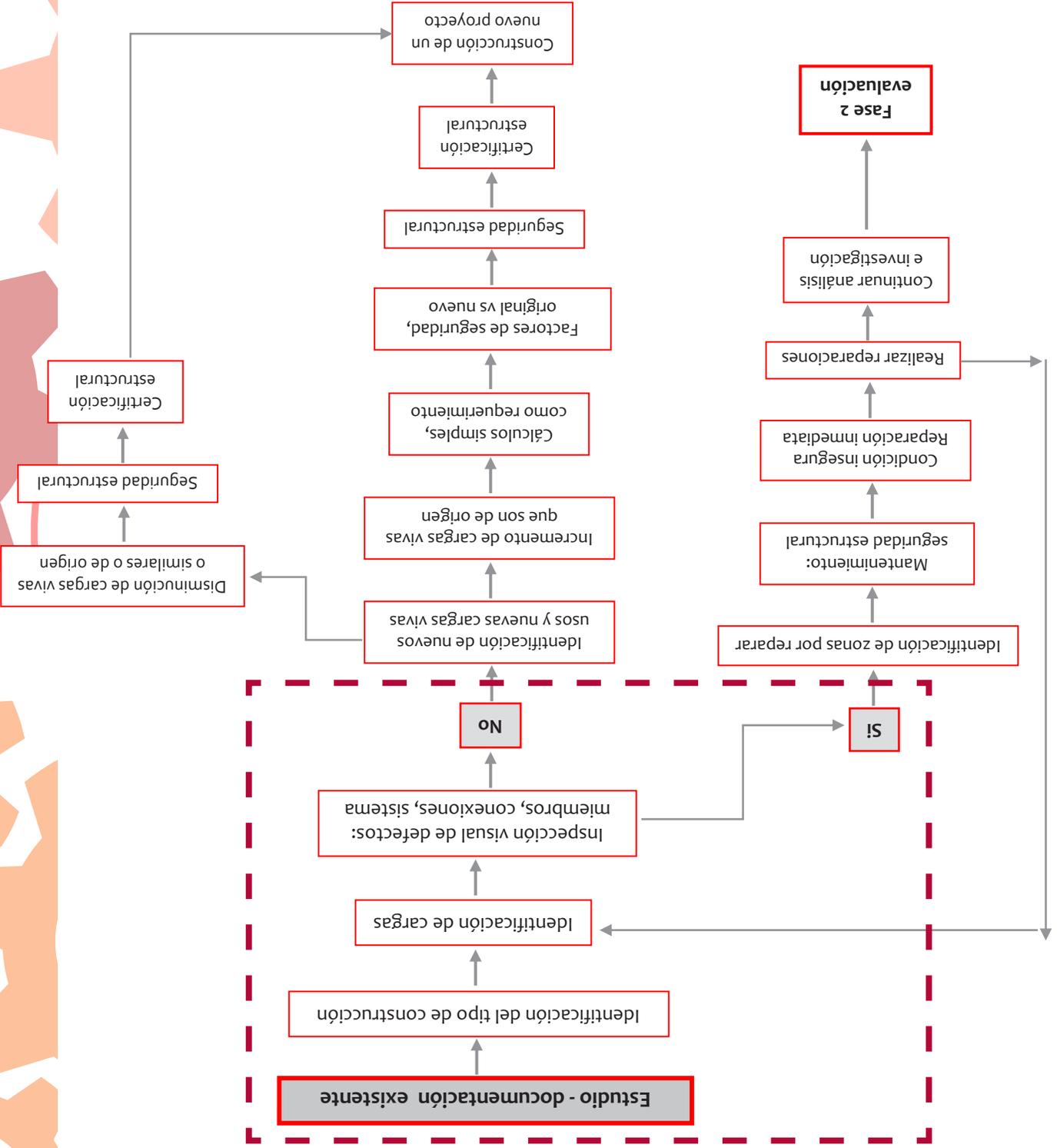
En conclusión, aquí se describió a manera de síntesis el modelo *RIP*, haciendo énfasis en los tres puntos que lo constituyen y son un referente para el análisis de un objeto cultural. Algo a resaltar, es la propuesta sobre la aplicación de análisis instrumentales, con la visión de conocer más sobre el bien cultural que se estudia, acción que se presentan en el sistema analítico de esta investigación.

3.3 Modelo de análisis: *Metodología de evaluación, cronología de materiales, primeras leyes de construcción y cargas*

Este modelo, es propuesto por el ingeniero-arquitecto J. Stanley Rabun, la visión que presenta esta constituida en dos fases: ambas se fundamentan en la evaluación del área físico-matemáticas e ingeniería (Esqm. 3). Sin embargo, en la etapa introductoria de la fase 1 propone un reconocimiento visual, que aportará las primeras evidencias para avanzar en el diagnóstico, es aquí en donde nos centraremos. La fase 2 se caracteriza por redefinir el modelo matemático del sistema estructural, tarea que debe ser ejecutada por estructuristas, ya que se requiere de cálculos.

Retomando la fase 1, propone iniciar con la identificación del tipo de construcción a partir de la documentación existente: uso original, fábricas, mecanismos estructurales, identificación de construcciones colindantes-usos y estabilidad. Enseguida, se reconoce el tipo de carga, los defectos en miembros: cerchas, vigas, columnas, cubiertas, pisos, muros, conexiones, así como fallas y el estado actual de las cargas sobre la construcción. Con base en este acercamiento, el autor propone dos vías de estado de conservación: cuando la estructura pone en riesgo su habitabilidad, la califica como mal estado de conservación, por el contrario, cuando esta cumple con todos los requerimientos de seguridad para su uso, la califica con buen estado de conservación.

En esta investigación, se busca exponer una modelo de análisis para el estudio de estructuras férricas decimonónicas, como documento histórico, tecnológico, industrial y técnico, que debe ser conservado y/o restaurado. Sin embargo, el modelo de Stanley lo abordamos en la parte introductoria, cómo el inicio de un estudio minucioso para entender dicho componente arquitectónico, pues la visión del arquitecto restaurador inicia con la inspección visual y en consecuencia desarrolla líneas de información necesarias para el entendimiento del bien cultural.



Esq.m. 3 Modelo de análisis

Fuente: Stanley, 2022

A manera de conclusión de esta apartado, los modelos presentados tienen en común la conservación del objeto de estudio, por un lado, *La Carta de Burra* subraya lo fundamental de reconocer el significado cultural, al ser la información que sustentará la permanencia del lugar y las posibles vías de acción. En cuanto al modelo *RIP*, este propone un circuito constituido por tres acciones puntuales para el pleno conocimiento del bien cultural. Me interesa destacar el uso de los análisis no destructivos o destructivos, ensayos que se utilizan siempre y cuando se argumente el porqué llevarlos a cabo, además, de contar con el especialista que realice la interpretación de los resultados y no solo la obtención de datos técnicos, que no están vinculados a los antecedentes históricos y significado cultural.

En cuanto al modelo de Stanley, muestra una forma de realizar la evaluación estructural desde la óptica de la físico-matemáticas e ingeniería, sin embargo, las primeras acciones que proponen se extrapolan al quehacer del restaurador, aunque a manera de síntesis, ya que la inspección a simple vista genera más información de la que el autor propone en su modelo, en el sistema analítico de esta investigación se puede ver.

Los modelos presentados son una muestra de las distintas maneras de estudiar un objeto cultural, patrimonio o monumento histórico, pues la diversidad y vínculos de ópticas permiten lograr un abanico de información para comprender el caso de estudio, particularmente, de su estado de conservación, sus alteraciones y deterioros, así como las posibles vías de acciones a diseñar de manera particular, como resultado del entendimiento del discurso del espacio construido.

3.4 Sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas, arquitectura decimonónica

El sistema analítico (Esqm. 4) para la conservación-restauración de estructuras metálicas decimonónicas, está conformado por 5 Herramientas que permiten reconocer e identificar el *corpus* de contenido que posee uno de los componentes de la arquitectura industrial de la última década del siglo XIX y primera del XX. La configuración de cada Herramienta se diseñó a partir de las distintas problemáticas que el arquitecto restaurador puede encontrar al enfrentarse a sistemas constructivos y tecnología de siglos pasados. Se requiere identificar-reconocer el discurso y programa arquitectónico, el sistema constructivo-fábricas-tecnologías, patologías, alteraciones, deterioros, huellas de uso, marcas de factura o de la casa productora, la historia de vida, así como las transformaciones dadas a través del tiempo.

Subrayo, que la conservación-restauración al ser una práctica profesionalizante genera vínculos con otras disciplinas, por esta razón, las Herramientas se diseñaron con base en las investigaciones entorno al hierro y acero, desde diferentes ópticas. Por ello, este trabajo inicia explicando la introducción de dicho material en la arquitectura, sus transformaciones desde la metalurgia y la siderurgia, áreas determinantes para conocer el comportamiento y naturaleza del material. Cada Herramienta, proponen extrapolar dichos avances al área de la conservación-restauración de patrimonio cultural, con la finalidad de identificar las cualidades de las estructuras metálicas del siglo XIX, así como desarrollar propuestas integrales para su conservación y/o restauración

El sistema analítico que se presenta está conformado por 5 Herramientas, que a continuación se muestran:



Esqm. 4 Sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas, arquitectura decimonónica
Autor: Ruíz,2023

Herramienta 1. Diagnosis de la arquitectura industrial



Esqm. 5 Herramienta 1
Autor: Ruiz, 2023

La Herramienta 1, se diseñó cómo el primer acercamiento al caso de estudio: arquitectura industrial, siglo XIX-XX. Se compone por tres engranes que permitirán aproximarse sistemáticamente al reconocimiento del entorno, a la ubicación geográfica, el espacio, la arquitectura, el programa arquitectónico y sus características.

En el engrane uno, se encuentra la **inspección *in situ*** momento clave para identificar el contexto geográfico, urbano y la hipótesis espacio-función. Desde este acercamiento se puede bosquejar la toma de muestras de los materiales que se pretende estudiar, aquí nos enfocaremos en el análisis de la estructura metálica.

El engrane dos a desarrollar es el **registro y documentación del espacio arquitectónico**, para obtener datos sobre las fábricas, hipótesis de la cimentación, el sistema constructivo, representado en plantas, alzados y detalles. Esto, dará pauta para delimitar los alcances a desarrollar para la conservación y/o restauración. El engrane tres es el **contexto histórico**, consiste en realizar una investigación sobre el sitio en fuentes documentales y de ser posible en fuentes orales, dado que es una de las características del patrimonio industrial.

Herramienta 2. Identificación de la tecnología



La Herramienta 2: **identificación de la tecnología**, se conforma por un sistema de dos engranes. La finalidad es poder realizar una lectura por cualidades formales, para establecer temporalidades por patente, producción, construcción y/o naturaleza del material y con ello dar paso a la siguiente herramienta.

Esqm. 6 Herramienta 2
Autor: Ruiz, 2023

El primer engrane, **morfología de la estructura metálica**, implica la lectura formal de la estructura metálica, identificar y diferenciar cada parte constitutiva como son: tipo de perfiles, tipo de armadura, tipo de conexiones, revestimientos y otras características. El segundo engrane es la **temporalidad**, en la medida de lo posible y con base en la información del engrane 1 se establecerá la temporalidad: por fabricación, construcción, patente de perfiles o armadura, y/o naturaleza del material, así como por las cualidades del espacio construido.

Herramienta 3. Identificación de patologías



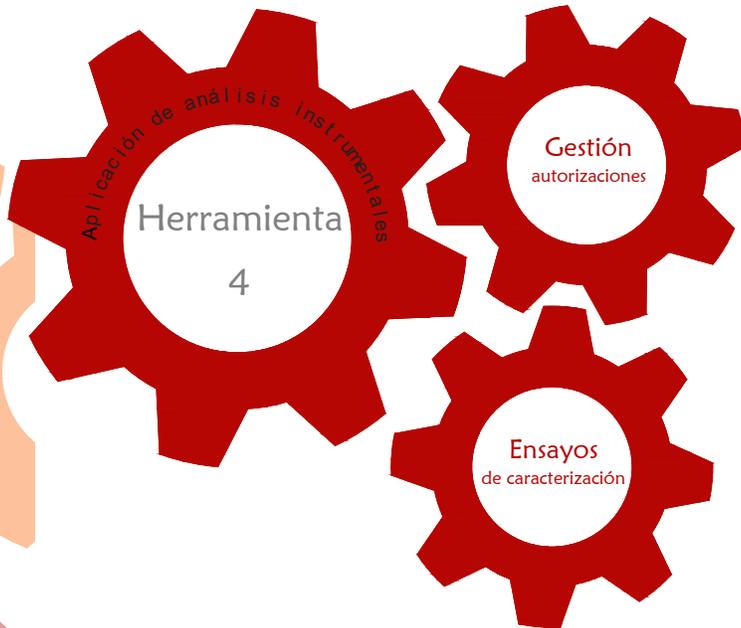
Esqm. 7 Herramienta 3
Autor: Ruíz, 2023

Ahora bien, la Herramienta 3: **identificación de patologías** se conforma por dos engranes a fin de reconocer el estado de conservación de los componentes férricos. Destacamos que toda la información contenida sobre la materialidad es información relevante para realizar un mejor diagnóstico y una propuesta de conservación y/o restauración.

El engrane de **alteraciones**, refieren a todas las marcas físicas presentes sobre la superficie de la estructura metálica, que no ponen en riesgo su pérdida parcial o total, además, se considera información relevante para entender las transformaciones dadas a lo largo del tiempo y a la época de construcción, sin olvidar que fue un espacio utilizado para un proceso productivo. A su vez se clasificarán en alteraciones físicas, químicas y mecánicas.

Por el contrario, los **deterioros** serán aquellos daños que sí atentan y ponen en riesgo la permanencia y conservación de los componentes, algunos se pueden identificar organolépticamente y otros a través de la aplicación de análisis instrumentales. Se clasifican en deterioros físico-mecánico, químicos y antrópicos.

Herramienta 4. Aplicación de análisis instrumentales



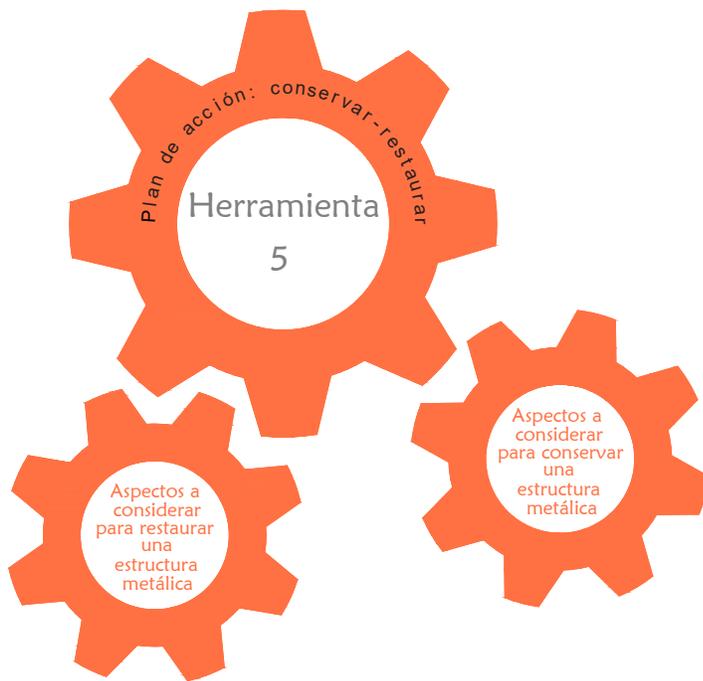
Esqm. 8 Herramienta 4
Autor: Ruiz, 2023

Una vez aplicadas las Herramientas anteriores, se pasa a la ejecución de la Herramienta 4: **aplicación de análisis instrumentales**. En este nivel se proponen dos engranes en vías de generar ensayos de caracterización, todo dependerá del caso de estudio, de las interrogantes y del enfoque del proyecto o investigación. En caso de no tener preguntas no es necesario realizar análisis instrumentales y continuar con la Herramienta 5.

El primer engrane es **la gestión de autorizaciones** ante las instancias o personas que tiene la custodia del sitio. Posteriormente, el segundo engrane son los **ensayos de caracterización** para evaluar las propiedades y naturaleza del material, aquí se requiere acudir con ingenieros químicos metalúrgicos.

La prioridad es resolver interrogantes, complementar información sobre la tecnología de la estructura metálica, clasificar sus patologías, su envejecimiento, microestructura, su composición química, su temporalidad, su posible procedencia, a través de la identificación de las propiedades mecánicas, compresión, dureza y resistencia a la deformación. En el apartado que corresponde a esta herramienta se precisa a detalle en que consiste cada ensayo.

Herramienta 5. Plan de acción: conservar-restaurar



Esqm. 9 Herramienta 5
Autor: Ruiz, 2023

Esta Herramienta se conforma por dos engranes: **aspectos a considerar para conservar una estructura metálica** y **aspectos a considerar para restaurar una estructura metálica**. El primero está enfocado a acciones de conservación como son: la conservación preventiva, la conservación curativa o la conservación integral. Hay que tener presente, que el patrimonio cultural está en constante transformación y vulnerable a desaparecer, así como a la poca inversión o conocimiento para su restauración, por ello conservar es una de las principales labores a realizar como especialistas.

El segundo engrane, refiere a acciones de restauración, aquí se debe planificar y diseñar el proyecto a ejecutar, además, de contar con asesores especializados que evalúen la restitución o eliminación de algún componente, los procesos de limpieza y la aplicación de revestimientos.

La Herramienta 5 es el punto para **determinar el plan de acción: conservar y/o restaurar** la estructura metálica. Con base en el previo recorrido y conocimiento adquirido durante la ejecución de las herramientas previas, se podrá establecer una vía de acción ya sea enfocada hacia la conservación o encaminada hacia la restauración.

A lo largo de esta sección se presentó a manera de síntesis el sistema analítico y sus cinco herramientas que lo conforman. Dada la profundidad del tema y la especialización, se determinó explicar y poner en práctica cada una de las herramientas en la segunda parte de esta investigación. Las definiciones de cada herramienta se explicarán ampliamente en el apartado que les corresponde, además de aplicar el sistema analítico en el caso de estudio que se presenta en el siguiente capítulo: fábrica El Buen Tono.

Segunda parte

Las Herramientas y su
aplicación en el caso de

estudio:

la fábrica El Buen Tono

LAS HERRAMIENTAS Y SU APLICACIÓN EN EL CASO DE ESTUDIO: LA FÁBRICA EL BUEN TONO

En esta sección da inicio la segunda parte de la investigación, en donde se presenta a manera de capítulo cada una de las Herramientas del sistema analítico, aplicadas al caso de estudio: la fábrica El Buen Tono. La intención es exponer en qué consisten, cuál es la finalidad de su aplicación, cómo ejecutarla, qué tipo de información se obtiene y de manera paralela se muestra su puesta en práctica en el caso de estudio. Con base en los resultados se logra argumentar la relevancia del trabajo metodológico e interdisciplinar para la interpretación de la información obtenida a lo largo de los análisis cualitativos y cuantitativos.

Como se mencionó, se aplicará y explicará el sistema analítico en la fábrica de cigarros El Buen Tono, edificio B-central, arquitectura de tipo industrial que alojó un proceso productivo. Es un conjunto arquitectónico (Imagen 1) localizado en Celaya, Guanajuato, conformado por tres edificios que en total ocupan una superficie aproximada de 10 mil 374m². Para fines de localización e identificación se asignó la siguiente nomenclatura: edificio-A (oriente), edificio-B (central) y edificio-C (poniente) (Imágenes 1-11).

Puntualizo, que el estudio de la estructura metálica se realizó en el edificio B-central, dada la monumentalidad, complejidad para su estudio, el programa arquitectónico, la diversidad de espacios y de sus componentes metálicos, así como de sus revestimientos. Sin embargo, fue necesario estudiar de manera general el conjunto arquitectónico para tener una lectura completa y no desarticular la información.

Los materiales presentes en su sistema constructivo son: una estructura metálica, una armadura tipo *Pratt* con conexiones de remaches y tornillos de cabeza hexagonal. Presenta piedra basalto en la zona de cimentación, bloques de adobe en los muros, que

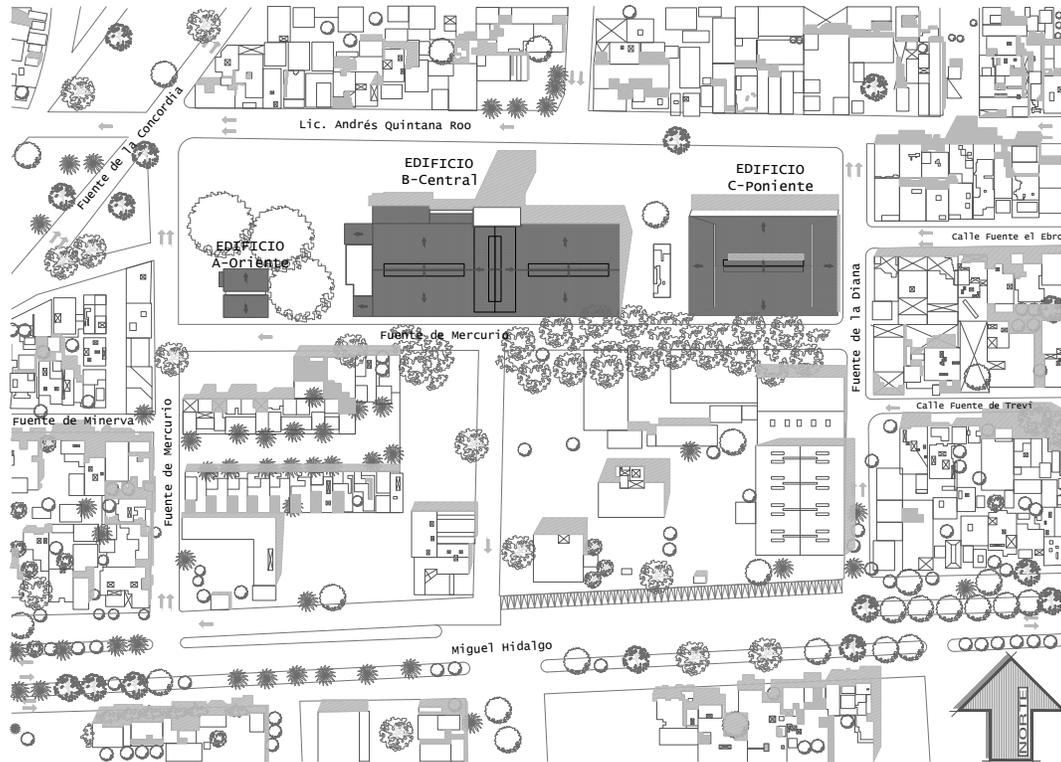


Imagen 1. Planta del conjunto arquitectónico el Buen Tono, Celaya, Guanajuato
Autor: Ruiz, 2020

a su vez están cubiertos con tabique rojo recocado y enlucido de cal-arena, finalmente la cubierta es a dos aguas conformada con listones de madera y lámina de zinc.

Entre las cualidades estilísticas se observan: ventanales altos con arcos de medio punto, frontones mixtilíneos, el uso de tabique rojo sobresale de los arcos de medio punto, pilastras, capiteles, cornisas y frontones. Cuenta con una nave amplia a dos aguas con el sistema de “caballete sobreelevado o linternón corrido para proporcionar la iluminación,”⁵ tiene un claro de 30m, iluminación natural y ventilación.

En la fachada principal del edificio-B aparece marcado 1929 (Imagen 2), año que corresponde al inicio de los trabajos de rehabilitación y coincide con el año de la Gran Depresión en los Estado Unidos que impacto la economía mundial, mientras que la cigarrera preparaba la apertura de una sede en Celaya.

La fábrica resulta significativa por: la tecnología presente en su construcción, la

⁵ Julián Sobrino, *Arquitectura de la Industria en Andalucía* (Andalucía: Instituto de Fomento de Andalucía, 1998),18p.

tecnología del proceso productivo, el impacto económico y desarrollo industrial en el país, que atrajo a inversionistas extranjeros como fueron los *Barcelonnettes*, mismo que invirtieron en la fábrica. También hay que destacar su fundación durante el porfirismo y su permanencia a pesar de los momentos convulsos que vivió México durante el siglo XIX.



Imagen 2. Edificio B-central fachada norte
Autor: Ibáñez, 2005



Imagen 3. Edificio B-central fachada norponiente
Autor: Ruiz, 2019



Imagen 4. Edificio B-central fachada oriente,
se puede leer EL BUEN TONO, S.A.
Autor: Ruiz, 2022



Imagen 5. Edificio B-central fachada nororiente
Autor: Ibáñez, 2005



Imagen 6. Edificio B-central fachada sur poniente
Autor: Ruiz, 2020



Imagen 7. Edificio B-central fachada sur
Autor: Ruiz, 2020



Imagen 8. Edificio C-poniente fachada sur
Autor: Ruiz, 2020



Imagen 9. Edificio C-poniente
fachada norte
Autor: Ruiz, 2020



Imagen 10. Edificio A-oriente
fachada poniente
Autor: Ruiz, 2019



Imagen 11. Edificio A-oriente
fachada oriente y sur
Autor: Ruiz, 2020



"La belleza que mueve al mundo es el conocimiento"

Erika Bustos, 2023

Herramienta 1

Diagnosis de la arquitectura industrial



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DIAGNOSIS DE LA ARQUITECTURA INDUSTRIAL

La **Herramienta 1, Diagnósis de la arquitectura industrial**, precisa en una evaluación global a partir de los datos-cualidades presentes en la arquitectura y su contexto, como son: localización geográfica, urbana, contexto histórico, social, el paisaje, el tipo de clima, el tipo de arquitectura, el sistema constructivo, los materiales, la disposición del espacio, el programa arquitectónico, las tecnologías, el uso de suelo, así como las características y transformaciones surgidas a través del tiempo. Paralelamente, se construye su significado cultural, su relevancia como monumento histórico e incluso su puesta en valor como patrimonio cultural, pero, para fines de esta investigación solo nos centraremos en la recolección de datos y su sistematización para el estudio de inmuebles con estructura metálica.

Esta Herramienta se formó con base en el quehacer del arquitecto restaurador pues a partir del primer acercamiento que se tiene con el espacio arquitectónico se obtiene información, que a su vez debe ser sistematizada para analizar e identificar la problemática en materia de conservación. En este sentido se considera fundamental ejecutar tres ejes o engranes: **la inspección *in situ*** (contexto geográfico, contexto urbano, hipótesis de la relación espacio-función), **registro y documentación** (sistematización de la información, delimitación de los alcances a desarrollar en vías de la conservación-restauración) y el **contexto histórico** (fuentes orales, fuente documentales). A lo largo de este apartado se explicarán los ejes de información que conforman la Herramienta y su aplicación en el caso de estudio previamente presentado.

1.1 Inspección *in situ*

La inspección *in situ* consiste en recorrer el lugar: observar, identificar y reconocer los factores del discurso arquitectónico. Este punto se subdivide en tres ejes a desarrollar: contexto geográfico, contexto urbano e hipótesis de la relación espacio-función.

A través del contexto geográfico se identificarán datos globales de la arquitectura, como conocer el tipo de suelo, las vialidades, uso de suelo, clima y los posibles factores de intemperismo, que inciden en el estado de conservación de los materiales del sistema constructivo. En cuanto al contexto urbano, se tomará en cuenta la ubicación dentro de la zona urbana, colonia, colindancias con monumentos históricos, vivienda, áreas verdes y de esparcimiento, actividad económica. Estos datos marcarán pautas para diseñar el proyecto de restauración, a fin de generar un espacio que respete los valores inherentes de la arquitectura, y a su vez cubra las necesidades de la sociedad inmediata que lo disfrutará. Por último, el contexto histórico implica investigar la historia de vida del caso de estudio, con el fin de conocer los antecedentes y las características que lo hacen único. A continuación se explican y aplican los tres ejes en la fábrica El Buen Tono.

1.1.1 Contexto geográfico

El conjunto arquitectónico que alojó a la fábrica El Buen Tono se localiza en calle Lic. Andrés Quintana Roo, col. Las Fuentes, C.P. 38040, Celaya, Guanajuato. El municipio colindan al norte con Comonfort; al sur con Tarimoro, al este con Apaseo el Grande y Apaseo el Alto, mientras que al oeste con Cortazar, Villagrán y Santa Cruz de Juventino Rosas (Imagen 1)¹. Tiene un clima “semiseco semicálido (65%), semicálido subhúmedo

¹ Imagen tomada de Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Celaya, Guanajuato, 2009. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/11/11007.pdf

con lluvias en verano de menor humedad (21%), semiseco templado (7.4%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (4.5%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (2.1%).²²

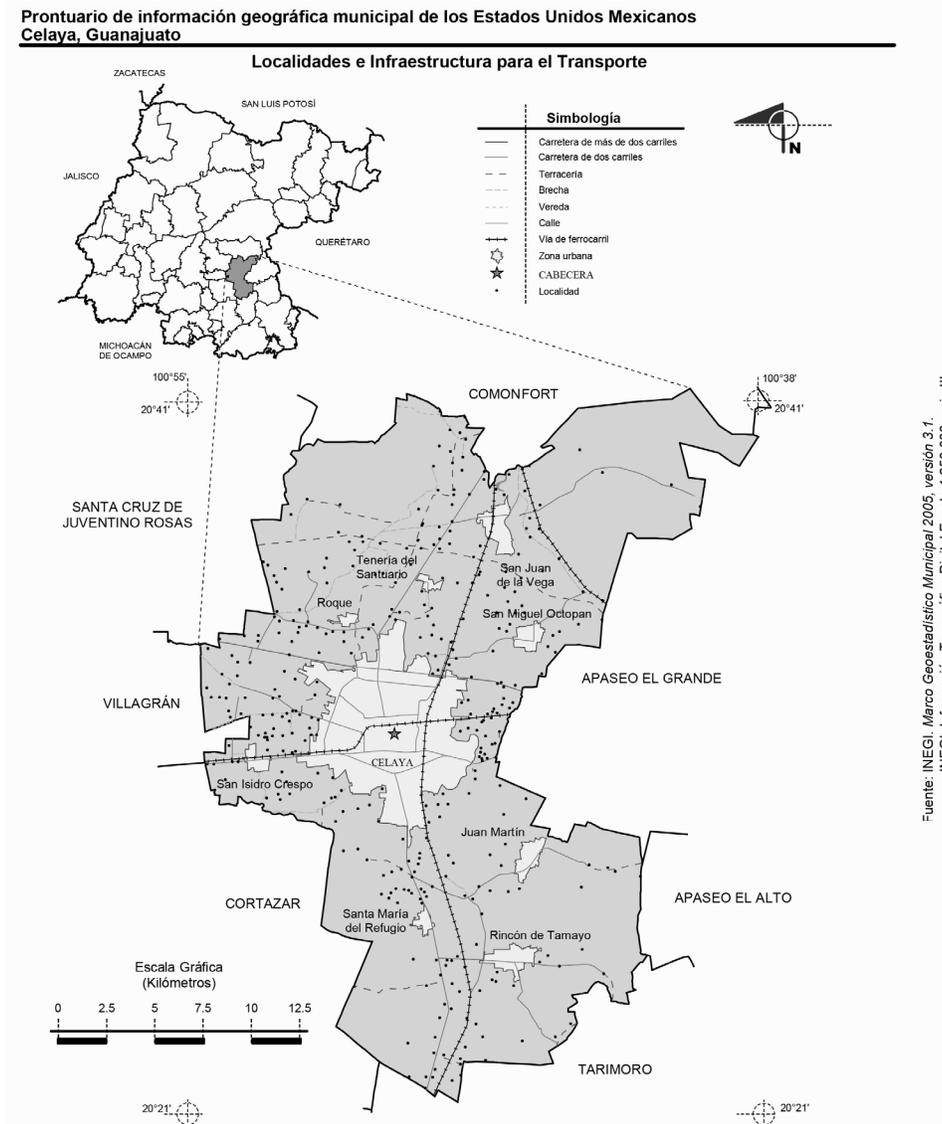


Imagen 1. Localización del municipio de Celaya, Guanajuato
Fuente: INEGI, 2005

Lo cual indica, la constante de un clima seco que en términos de conservación no altera de forma inmediata los materiales de origen arcilloso y metálicos, pues se mantienen estables, sin embargo, la incidencia de la radiación solar si puede dañar la

² *Ibid.*



Imagen 2. Vista aérea del conjunto arquitectónico el Buen Tono
Fuente: Google Maps, 2018

madera que se encuentre expuesta y con un inadecuado tratamiento, algunas alteraciones son la resequedad y rajaduras, también los revestimientos de polímeros sintéticos aplicados sobre madera, metal u otra superficie se llega a deteriorar, en la imagen 2 se puede observar las cubiertas deterioradas.

En cuanto al uso de suelo, Celaya presenta de dos tipos: zona urbana y zona agrícola, El Buen Tono se encuentra dentro de la zona urbana justo a 1.5km de distancia del jardín principal (Imagen 3). Este dato se considera durante la planeación del proyecto de restauración, ya que el nuevo uso debe beneficiar a la sociedad, al paisaje urbano y por supuesto a la conservación del espacio arquitectónico. La principal causa de su deterioro ha sido el abandono, la falta de su habitabilidad, predominando el vandalismo, en el 2020 se generó un incendio en la nave del edificio-B dañando la estructura metálica y alterando componentes cercanos (ver Herramienta 4) y en 2021 ocurrió otro en el lado oriente.

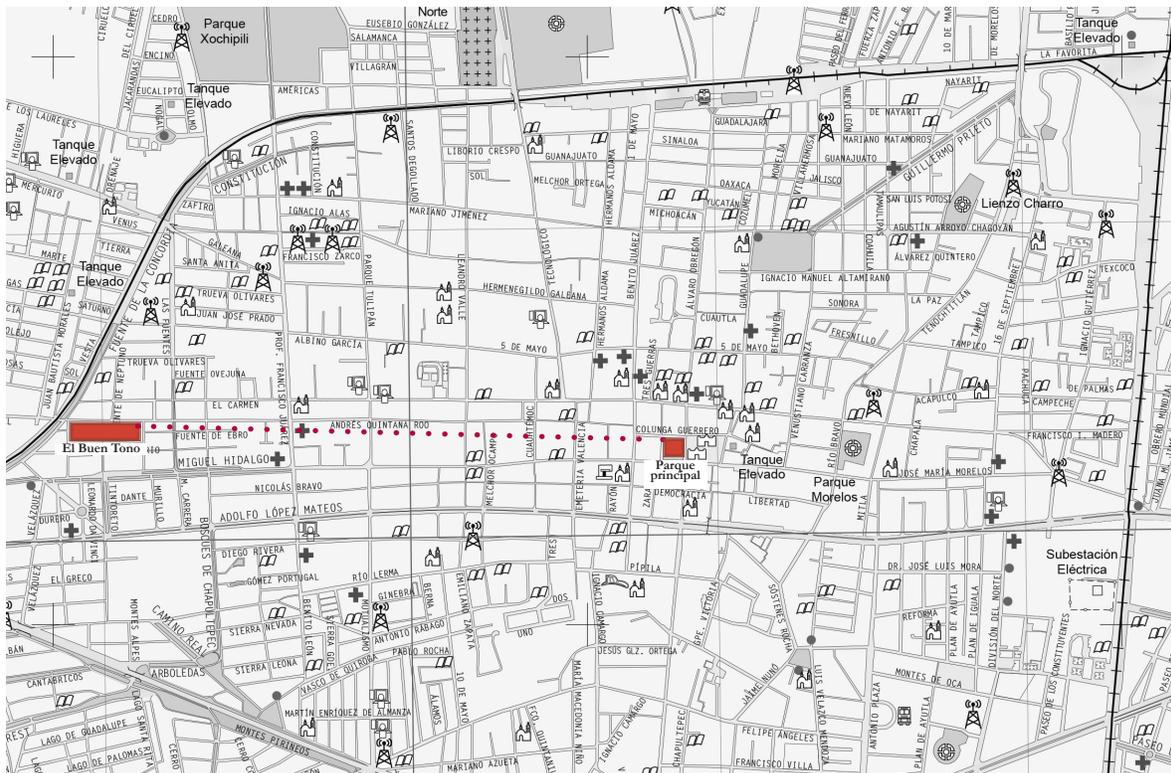


Imagen 3. En el recuadro de la izquierda se localiza el Buen Tono y en el cuadro de la derecha se localiza el parque principal, dentro de la zona urbana
Fuente: INEGI, 2005

Conocer el contexto geográfico aporta datos sobre el tipo de suelo, las condiciones ambientales, la incidencia de los factores de intemperismo, además, su ubicación es un factor a considerar para proponer posibles soluciones de restauración y lograr reinsertar su habitabilidad en la sociedad que lo vive como parte de las actividades cotidianas. El arquitecto restaurador trabaja para la sociedad, un edificio vivo se logra por la inserción social, la identidad y memoria histórica que los habitantes depositen en dicho conjunto.

1.1.2 Contexto urbano

Para el desarrollo de esta sección se recomienda elaborar el contexto urbano en colaboración de especialistas, a fin de desarrollar una evaluación que aporten al diseño del proyecto de conservación-restauración e integrar los distintos factores presentes en el espacio.

En términos generales el conjunto arquitectónico es parte de la colonia las Fuentes, está próximo a las vías férreas, pues originalmente se localizaba en las afueras de la ciudad, pero, con el crecimiento urbano ya no es así, como se puede observar el contraste en las imágenes 5-6³.

En cuanto a la vegetación, El Buen Tono cuenta con árboles en el lado sur, los cuales tiene un follaje abundante en las copas (Imagen 4), esto genera un ambiente fresco, por ello es recurrente que personas-transeúntes se sitúen a descansar, realizar alguna actividad física o incluso tomar sus alimentos por la tarde.⁴



Imagen 4. Lado sur
Autor: Ruiz, 2020

³ La imagen 5 fue tomada de la *colección digitalizada de fundación ICA, OBLICUAS CELAYA FAO_01_001078 MEXICO GUANAJUATO CELAYA 1934*.

La imagen 5 fue tomada de *Google Earth*, 2023

⁴ Durante las visitas realizadas al sitio a partir del 2019 hasta el 2022 se pudo observar que los habitantes utilizan el espacio para diversas actividades como: descansar, hacer ejercicio o actividades recreativas, ingerir alimentos, tomarse fotografías, explorar el interior del inmueble, etc.



Imagen 5. Vista aérea de Celaya, se puede ver en el círculo de color rojo el conjunto arquitectónico El Buen Tono

Fuente: Fundación ICA, colección digitalizada, 1934



Imagen 6. Vista aérea actual de Celaya

Fuente: Google Earth, 2023

Hacia el noroeste y de manera paralela a las vías del tren (Imagen 3) se encuentra una pista para correr y un área de juegos infantiles. Hacia el este se ubica el resto de la colonia las Fuentes y el parque central del municipio, además de encontrar iglesias, escuelas, centro de salud y pequeñas áreas de esparcimiento. Es necesario realizar un análisis urbanístico para articular la información y obtener resultados que integren los edificios históricos con los factores actuales.

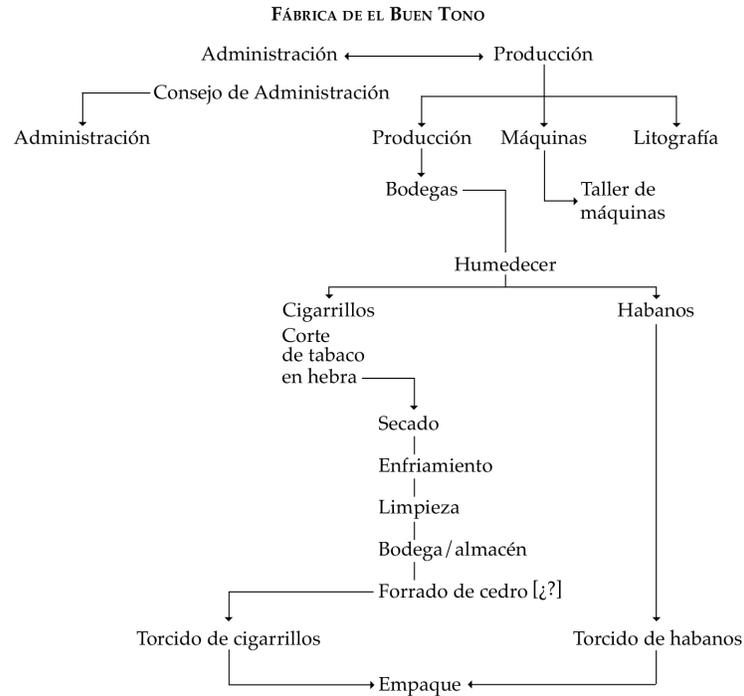
1.1.3 Hipótesis relación espacio-función

El Buen Tono se instaló en un espacio arquitectónico creado para alojar un proceso productivo (Esqms. 1-2) con una disposición vertical de las áreas, originalmente se construyó para alojar una destilería inaugurada 1910. Una de las cualidades de este tipo de construcción son las áreas libres de apoyos, para instalar maquinaria y contener las distintas etapas productivas, techos altos, naves amplias, para la circulación del aire, ventanales que permitieron la entrada de luz natural y a su vez generaron espacios frescos.

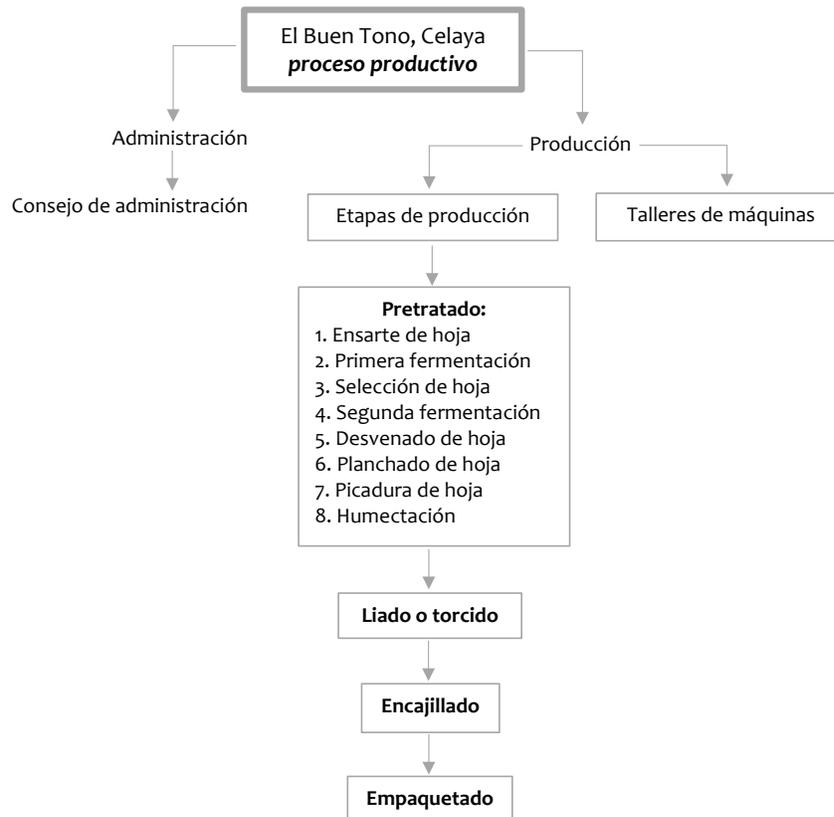
La industria destacó por contar con tecnología avanzada para la producción de cigarros, como lo fue la máquina engargoladora para producción a gran escala. La tecnología moderna exigía espacios amplios y organizados para las distintas etapas productivas, “edificándose grandes salones para las máquinas y espaciosos almacenes para el tabaco, dotados de ventilación y sequedad [sic] tan necesarias para la conservación de aquel”⁵. Contó con infraestructura y tecnología moderna, que aceleró su producción, su relevancia fue única que le permitió tener presencia en la Exposición Universal de Paris.

Cabe destacar que existen pocas referencias respecto a la fábrica El Buen Tono de Celaya, pues en su mayoría las investigaciones se han centrado en la sede de Ciudad de

⁵ Guadalupe Lozada, “El Buen Tono” en *Relatos e historias de México*, Año 10, No. 111, (México: 2017), 18p.



Esqm. 1 Organigrama de El Buen Tono, Ciudad de México
Fuente. Saloma, 2003



Esqm. 2 Hipótesis del proceso productivo de la cigarrera en Celaya
Autor. Ruiz, 2023

México. Por ello, referimos al esquema que presenta Ana Ma. Saloma⁶ sobre las etapas productivas en la fábrica El Buen Tono, Ciudad de México.

Con base en una entrevista realizada a un extrabajado de la Tabacalera Mexicana (CIGATAM)⁷ se complementó la hipótesis del uso-función del espacio, aunado a las referencias documentales localizadas y a la inspección *in situ* (Esqm. 2). El proceso de producción se conforma por tres etapas: el pretratado de la materia, el liado o torcido y el empaquetado.

La **primera etapa** consistió en llevar a cabo acciones enfocadas en la preparación de hojas entre las que se encuentra: ensarte de hoja, "unen conjuntos de hojas y las colocan verticalmente sobre palos a fin de poder enviarlo a secado a temperatura ambiente y con humedad controlada, entonces, cuando las hojas se marchitan y van adquiriendo un color amarillo oscuro, gracias al proceso de oxidación y pérdida de la clorofila, toman el color dorado-rojizo que indica que están listas para la primera fermentación del tabaco"⁸. Continúa, con la primera fermentación que consiste en reducir las resinas en las hojas de tabaco, a fin de que tome un color uniforme, posteriormente pasa a la selección de hoja en donde se clasifican según el tamaño.

Posteriormente, se aplicaba la segunda fermentación, seguido del desvenado de hoja o eliminación del tallo central, planchado de hoja en donde se empleaban prensas, picadura de hoja y finalmente la humectación para obtener hojas flexibles, **la segunda etapa** implicaba el liado o torcido y la **tercera etapa** el empaquetado.

A continuación se muestran fotografías que corresponden a la fábrica El Buen

⁶ Ana María Saloma, "Tres historias en torno a la industrialización del tabaco: España, México y Cuba. De la manufactura artesanal a la maquinización", en *Cuicuilco Revista de la Escuela Nacional de Antropología e Historia*, No. 29 (2003) 12p, <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/424/410>

⁷ "La fábrica El Buen Tono cerró sus operaciones al ser adquirida por La Tabacalera Mexicana hoy con el nombre de Cigarros La Tabacalera Mexicana (CIGATAM)", Guadalupe Lozada, "El Buen Tono", 21p.

La entrevista se realizó a Guillermo López Armijo, ex trabajador de La Tabacalera Mexicana después CIGATAM, activo de 1965 a 2006 5

⁸ "Coleccionista de vitolas de puros" acceso el 24 de abril 2023, <http://www.jaberni-coleccionismo-vitolas.com/1A.2-Cultivo-y-Elaboracion%20del%20Tabaco.htm>

Tono, Celaya, en donde se pueden apreciar operaciones, maquinaria y parte del espacio construido, para lograr mayor comprensión de las imágenes (Imágenes 7-12)⁹ estas se ubican en las plantas arquitectónicas.

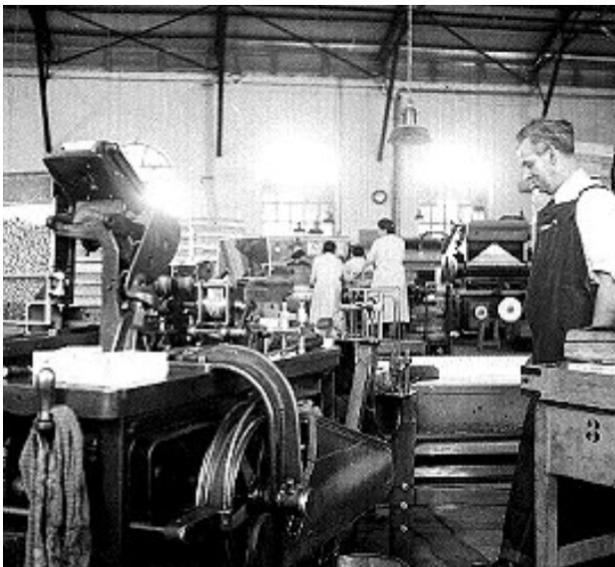


Imagen 7. Maquinaria de producción en El Buen Tono, edificio-B
Fuente: Mediateca INAH, 1930



Imagen 8. Maquinaria de producción en El Buen Tono, edificio-B
Fuente: Mediateca INAH, 1945

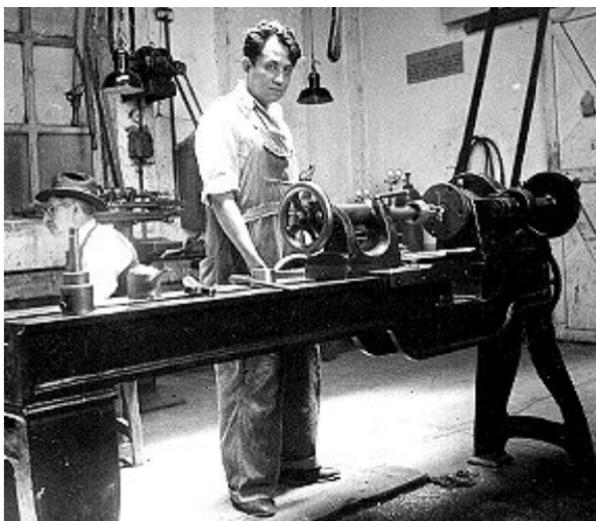


Imagen 9. Maquinaria área de talleres, edificio-C
Fuente: Mediateca INAH, 1945

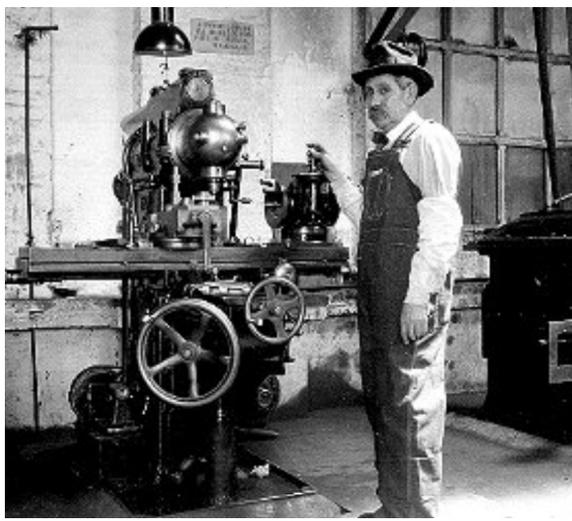


Imagen 10. Maquinaria área de talleres, edificio-C
Fuente: Mediateca INAH, 1930

⁹ Imagen 7. "Mediateca INAH", *Instalaciones de la tabacalera El Buen Tono*, Ciudad de México, acceso el 15 de junio 2022, <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/fotografia%3A111696>
Imagen 8. "Mediateca INAH" *Trabajadores frente a una máquina de la fábrica de cigarros El Buen Tono*, Ciudad de México, acceso el 20 de junio 2022, <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/fotografia%3A8693>
Imagen 9. "Mediateca INAH", *Obrero labora en la tabacalera El Buen Tono*, Ciudad de México, acceso el 16 de junio 2022 <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/fotografia%3A111695>
Imagen 10. "Mediateca INAH", *Trabajador junto a una maquina en la tabacalera El Buen Tono*, Ciudad de México, acceso el 15 de junio 2022 <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/fotografia%3A111693>

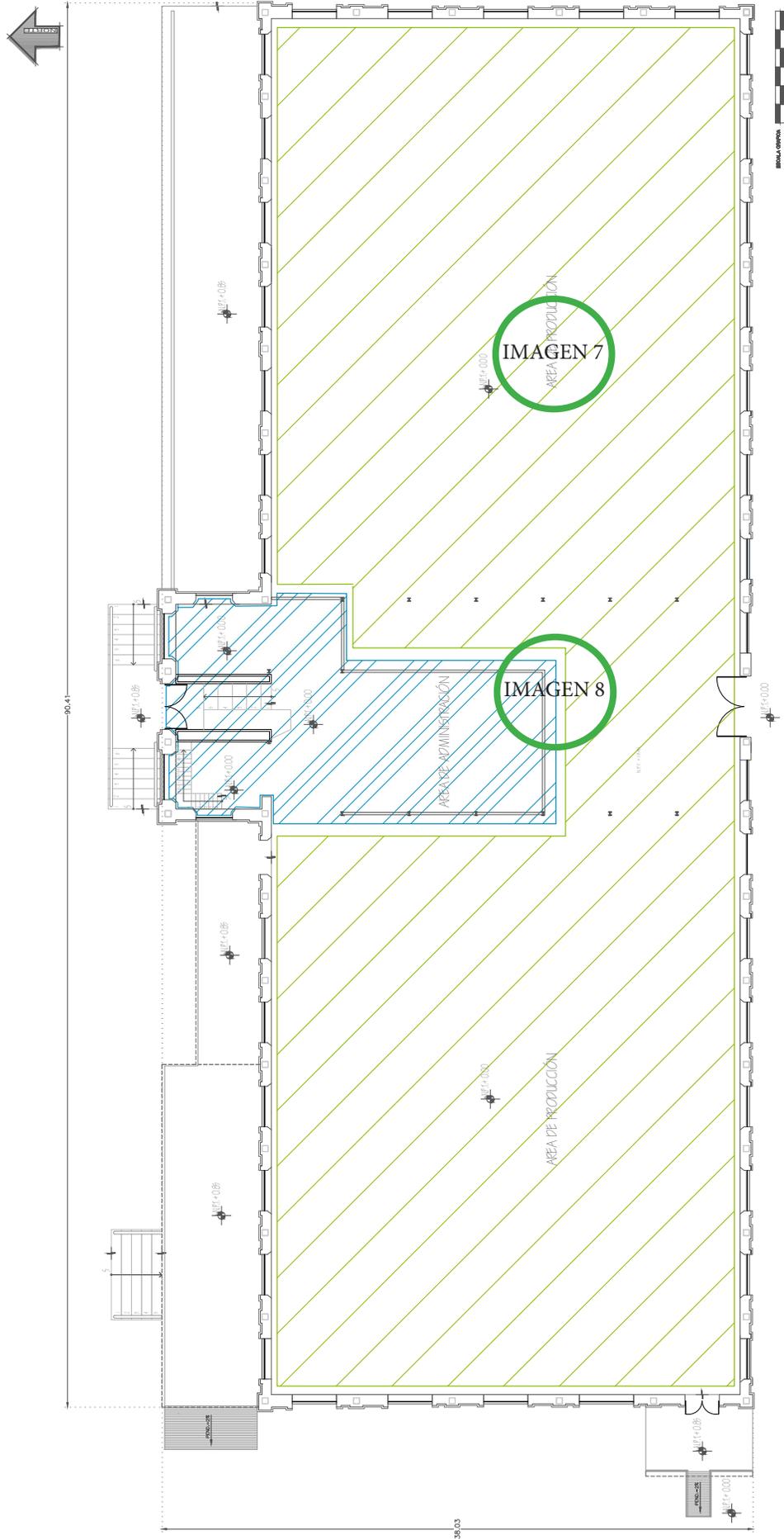


Imagen II. Planta arquitectónica edificio-B central con la ubicación de las imágenes que corresponden al proceso productivo
Autor: Ruiz, 2020

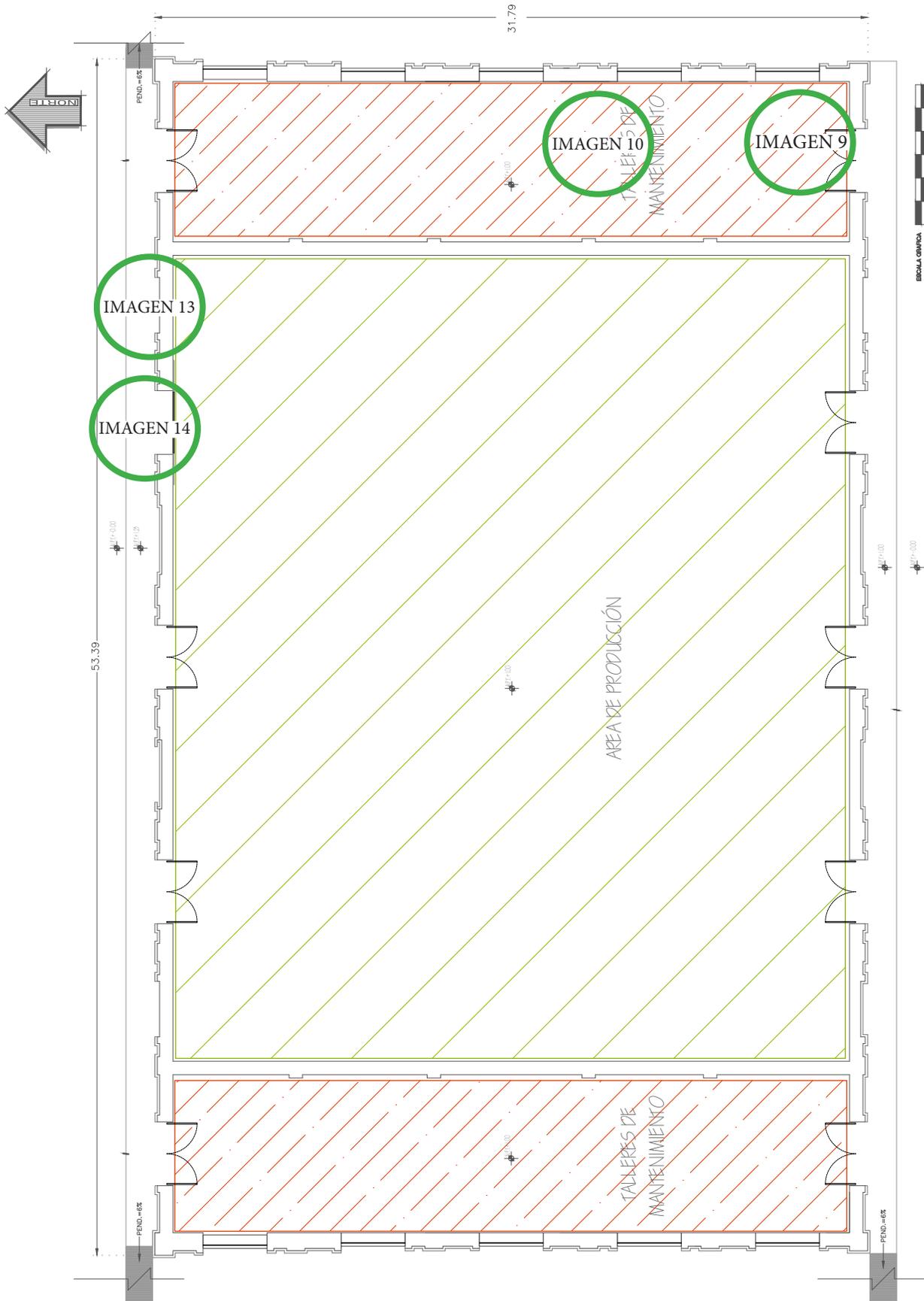


Imagen 12. Planta arquitectónica edificio-C poniente con la ubicación de las imágenes que corresponden a la zona de taller de mantenimiento y al encuentro de Álvaro Obregón y Venustiano Carranza



Imagen 13. Fachada del edificio C-poniente
Fuente: Mediateca INAH, 1915

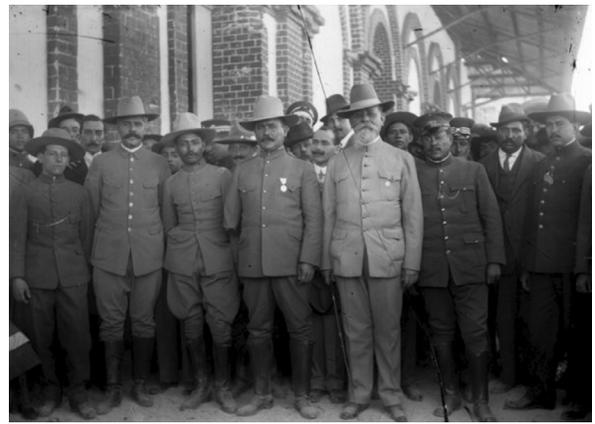


Imagen 14. Fachada del edificio C-poniente
Fuente: Mediateca INAH, 1916

A partir del recorrido *in situ*, aunado al tipo de arquitectura y a la identificación del proceso productivo, se inició la búsqueda de fuentes documentales para entender el uso-función del espacio, la distribución de las etapas productivas, así como las cualidades formales observadas y conservadas como son los arcos de medio punto que en su mayoría corresponden a ventanales para la filtración e iluminación de luz natural.

Se identificó que entre 1916-1917 en las fachadas del edificio-C no se contaba con ventanales, únicamente con puertas (Imágenes 13-14)¹⁰, como se registró en 2023. Posiblemente, dicho edificio estuvo asignado para llevar a cabo la primera etapa de producción que consistió en la preparación de hoja.

Como parte del análisis espacio-función, es importante entender el proceso productivo en relación a la tecnología empleada para las etapas de producción. Por ello, en este apartado se exponen algunos tipos de maquinaria identificada en fuentes fotográficas, para su interpretación se hizo una comparación entre la tecnología de la cigarrera de Ciudad de México con la sede de Celaya, ya que la primera fábrica ha sido mayormente estudiada.

¹⁰ Imagen 13. "Mediateca INAH", *Alvaro Obregón con las damas de sociedad de Celaya, retrato de grupo*, Celaya, Guanajuato, acceso 28 de junio 2022, <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/fotografia%3A57535>
Imagen 14. "Mediateca INAH", *Venustiano Carranza acompañado de Obregón y otros militares, después de un banquete, retrato de grupo*, Celaya, Guanajuato, acceso el 28 de junio 2022, <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/fotografia%3A19680>

Continuando, la imagen 15¹¹ corresponde a un conjunto de maquinaria de producción de la fábrica en CDMX, instaladas en un espacio amplio con filtración de luz natural, se puede apreciar su mecanismo en donde sobresale una caja poligonal en la parte superior, muy probablemente para el depósito de tabaco molido, así como las bandas y cadenas que conectan los engranes y/o volantes, siendo los transmisores del movimiento que generaban el funcionamiento de la maquinaria. Este mecanismo corresponde al proceso de liado de cigarros en una escala de producción alta que sustituyó el trabajo manual, fue patentado en 1881, como se puede observar en la imagen 16¹².

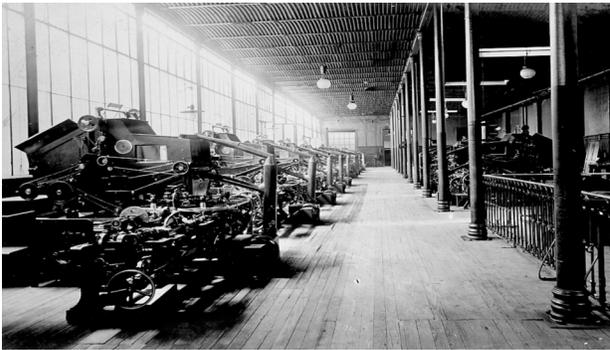


Imagen 15. Máquinas de producción, El Buen Tono CDMX
Fuente: Vega, 2008

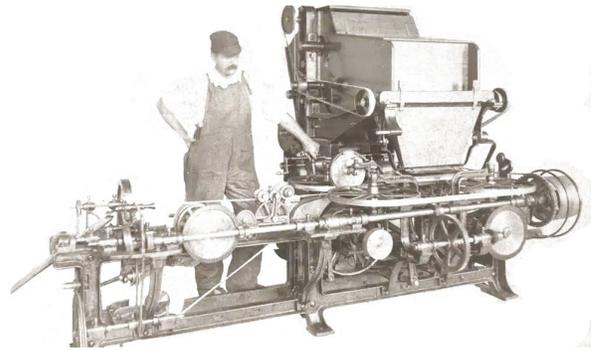


Imagen 16. Máquinas liado de cigarros
Fuente: Gaston, 2018



Imagen 17. Máquina de liado de cigarros en El Buen Tono, Celaya
Fuente: Mediateca INAH, 1945

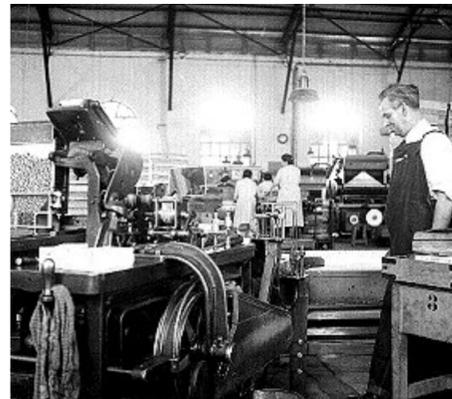


Imagen 18. Maquinaria, proceso productivo de El Buen Tono, Celaya
Fuente: Mediateca INAH, 1930

¹¹ Imagen 15 tomada Alicia Vega, "El proceso de modernización de la cogarrera El Buen Tono (1884-1945), La interacción entra la ciencia y la tecnología"(Tesina de licenciatura: UAM, 2008), 86p.

¹² Imagen 16. "Cigarette Rolling Machine", acceso el 25 de agosto 2022, <https://windycitycigars.com/cigarette-rolling-machine-invented-in-1880/>

Entonces, comparando lo anterior con la fábrica en Celaya se corrobora que también contó con la misma tecnología, la cual estaba instalada en una de las naves del edificio B-central, dada la fecha de uso es muy probable que contará con modificaciones en la tecnología, se sabe que, este tipo de mecanismos entra en un periodo de obsolescencia y es sustituido o en el mejor de los casos se le hacen modificaciones en su mecánica para prolongar su funcionalidad.

Por otro lado, la imagen 18 también corresponde al proceso de producción, posiblemente a la etapa de planchado, sin embargo no se logró rastrear su funcionalidad y periodicidad. Otras máquinas que se identificaron en cuanto a su uso y ubicación en el espacio arquitectónico, fueron la prensa fresadora (Imágenes 19-20¹³) y el torno (Imágenes 21-22), fotografías tomadas en lo que se determinó como área de taller de mantenimiento de El Buen Tono del edificio- C poniente (Imagen 12).

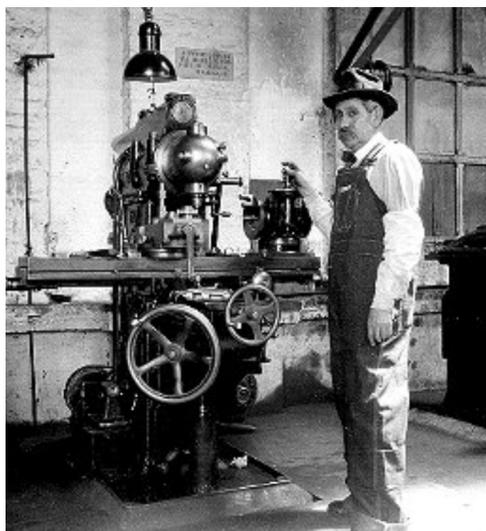


Imagen 19. Prensa fresadora
Fuente: Mediateca INAH, 1930



Imagen 20. Prensa fresadora
Fuente: United Kingdom de Museums Victoria

Nuevamente, por comparación de imágenes entre mecanismo se identificó el tipo de prensa, esta máquina-herramienta tiene la función de modelar piezas a partir del

¹³ "Museums Victoria", *Fotografía en escala de grises del hombre frente a una máquina mecánica*, acceso el 15 de mayo 2023 <https://unsplash.com/es/fotos/9Prj6M-JAaA>

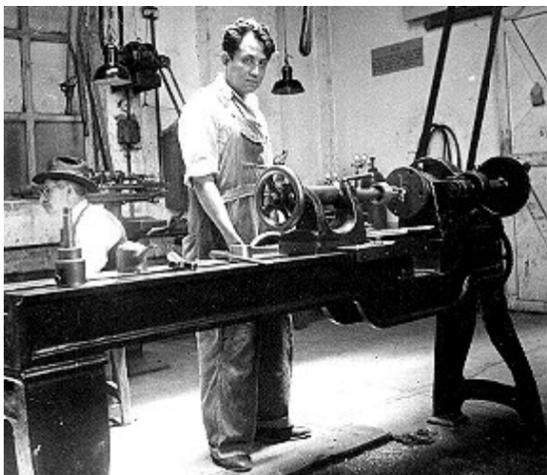


Imagen 21. Torno paralelo horizontal de banco
Fuente: Mediateca INAH, 1945



Imagen 22. Torno paralelo horizontal de banco
Autor: Ruiz, 2023. Colección Museo Numismático Nacional

desbaste del material precisamente con el pieza o elemento que lleva el nombre de fresa, de ahí el nombre de prensa fresadora. A partir de la imágenes y las características de la maquinaria se puede precisar la temporalidad, pero para fines de este investigación no se ahondó en el tema ya que la aportación esta enfocada en el sistema analítico.

La imagen 21, torno paralelo horizontal de banco, fotografía que también se capturó en lo que se determinó área de taller de mantenimiento. Es otra máquina-herramienta, tiene la función de desbastar un material sólido colocado sobre un eje para obtener una pieza, "...permite fabricar roscas, cortar, trapeciar, barrenar y mecanizar (cilindrar, desbastar y ranurar) piezas de forma geométrica por revolución."¹⁴

Conviene subrayar, que los documentos fotográficos expuestos en esta sección permitieron diferenciar algunos de los espacios del conjunto arquitectónico de El Buen Tono, Celaya, como son las áreas de producción del edificio-B central y los talleres de mantenimiento del edificio-C poniente. Es necesario recalcar lo fundamental de cruzar fuentes documentales diversas (fotografías, planos, esquemas, publicaciones bibliográficas y hemerográficas, etc.) para comprender el discurso arquitectónico en relación a los

¹⁴ Información obtenida de la cédula de exhibición de la pieza, colección Museo Numismático Nacional, Antigua Casa de Moneda de México, visita realizada el 28 de abril del 2023.

muebles y/o maquinaria, pues a partir de sus características formales y mecánicas se logró determinar el uso-función de algunos espacios, temporalidades y algunas hipótesis.

Para finalizar, el tema sobre la producción de tabaco del caso de estudio, así como el tipo de tecnología-maquinaria-herramienta empleada para el proceso productivo son otra línea de investigación, ya que se requiere hacer búsqueda de patentes y comparar con el caso de estudio de la misma empresa establecida en la Ciudad de México, además, de pagar los derechos de las fotografías de alta calidad a fin analizar minuciosamente cada imagen esperando encontrar algún tipo de información, así como comparar con colecciones de maquinaria, como fue posible hacerlo con el torno y la prensa. Además, de vincular las diversas fuentes documentales y analizar detenidamente el espacio arquitectónico, con la finalidad de obtener información sobre el discurso del sitio, el uso, así como las temporalidades e historia de vida.

1.2 Registro y documentación del espacio arquitectónico

El registro y documentación son una forma de conservar, actualmente existen diversas técnicas y métodos para llevar esta práctica. La técnica de registro puede ser bidimensional (aquellas que muestran imágenes en dos dimensiones largo y ancho) o tridimensional (aquellas que muestran imágenes en tres dimensiones largo, ancho, espesor), a través de fotografías, levantamiento arquitectónico, fotogrametría, escáner, isométricos, modelos 3D, recorridos virtuales, etc. así como una diversidad de herramientas digitales. Mientras que la documentación es el complemento del registro, pues las evidencias recolectadas son confrontadas en fuentes documentales, bibliográficas, hemerográficas, fuentes primarias y pueden ser analizadas desde diferentes ópticas disciplinares.

Estas actividades son sincrónicas ya que se complementan, además, se pueden ejecutar en dos bloques: el primero como análisis global y el segundo como un análisis

particular o específico del espacio arquitectónico. El primero implica identificar el espacio, las colindancias, muros, accesos, cualidades estilísticas, componentes, ornamentos, carpinterías, herrerías, ventanas, modificaciones, así como diferenciar los componentes agregados de los originales, la similitudes y diferencias entre los edificios que conforman el conjunto arquitectónico. Mientras que el segundo se enfoca en analizar las particularidades de un componente, como es el caso de una estructura metálica.

El uso de las técnicas bidimensionales permiten leer paulatinamente el espacio arquitectónico para conocer la monumentalidad de la construcción, además, es una práctica recurrente y de fácil acceso. No se puede aislar o estudiar de manera independiente los componentes, sin antes haber reconocido el discurso arquitectónico coexistente, una vez realizado este paso se inicia con la documentación.

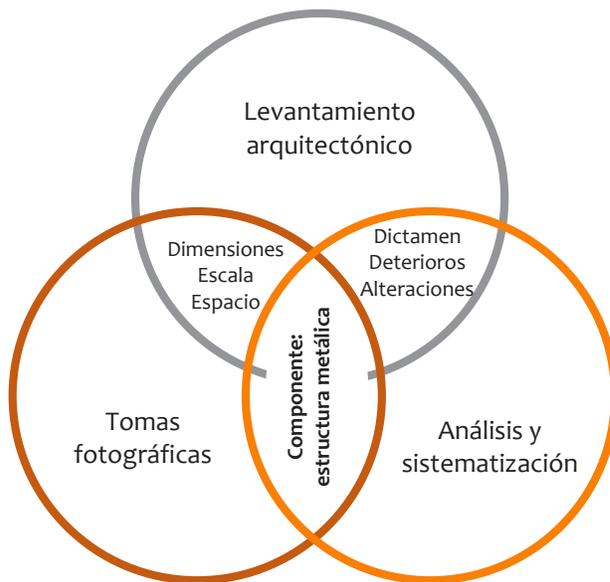
Por el contrario, las técnicas que permiten modelos tridimensionales generan otro tipo de alcance que puede complementar el trabajo bidimensional, sin embargo, el acceso a este tipo de tecnología implica mayores recursos, manejo de software e interpretación de los resultados, así como tener objetivos claros para su uso, pues el empleo indiscriminado de las técnicas y herramientas puede llegar a generar un exceso de información sin análisis y/o sistematización.



Esqm. 3. Análisis global
Autor. Ruíz, 2023

Para el caso particular de esta investigación se hizo uso de la representación bidimensional, tras realizar varios planos, cortes, alzados, tomas fotográficas, se seleccionó el componente de estudio: estructura metálica. Para llegar a ello, se generó un análisis global (Esqm.3) y posteriormente un análisis particular (Esqm. 4).

El primero, consistió en el reconocimiento general del conjunto arquitectónico con la finalidad de entender la tecnología de su sistema constructivo, las similitudes y características entre los tres edificios, así como la identificación de sus materiales y uso-función. Con el propósito de conocer su fábrica, estado de conservación, deterioros, alteraciones, agregados y complementar la información con el registro fotográfico, a fin de definir los alcances de la inspección *in situ* y el desarrollo de la investigación y/o alcances de conservación.



Esqm. 4 Análisis particular
Autor. Ruiz, 2023

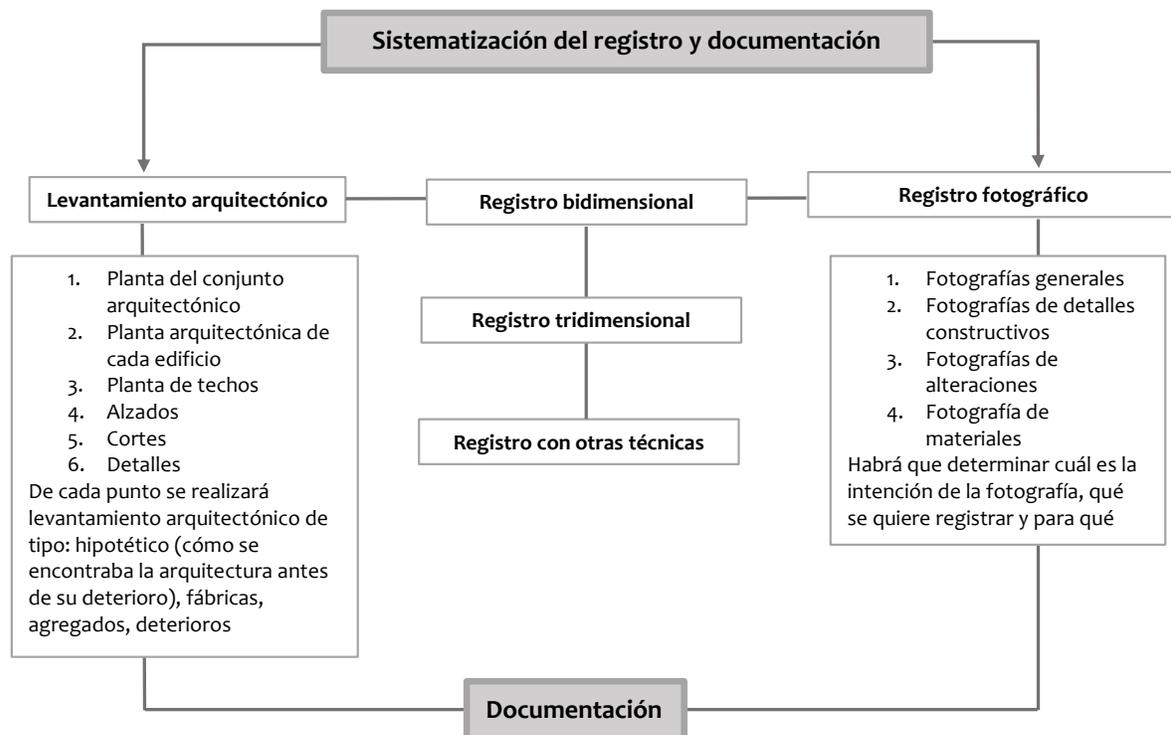
A partir del conocimiento global y/o general del sitio se delimitó el componente de estudio: estructura metálica, a partir de dicha selección fue necesario realizar el análisis particular. La secuencia para su estudio fue la misma que se presentó en el párrafo anterior, la diferencia está en el análisis minucioso aplicado a un solo componente arquitectónico, como es el caso de esta investigación.

El desarrollo del registro y documentación implica plasmar en forma sistemática la información de un caso de estudio, para precisar las líneas de investigación o problemáticas a resolver ya que a partir de los avances y resultados se diseñará el plan de acción de conservación y/o restauración.

1.2.1 Sistematización de la información

La sistematización de la información (Esqm. 5) recolectada *in situ* es fundamental tras reconocer el lugar, generar el levantamiento arquitectónico y/o registro fotográfico (como se señaló en el apartado de registro y documentación) o el uso de otras tecnologías.

Dada la cantidad de información es necesario plasmar todo ello en un lenguaje ordenado, principalmente con el uso de dos métodos: levantamiento arquitectónico y registro fotográfico. Para el primero se realizarán plantas, alzados, detalles constructivos, fábricas, estado de conservación, etc.¹⁵ a fin de generar los planos necesarios que comuniquen las características del caso de estudio. Por otro lado, el registro fotográfico será el complemento del primer método, pues la información visual tendrá un fin en específico, para mostrar imágenes reales de caso de estudio que refieren a un determinado momento (colocar el año de la toma fotográfica).



Esqm. 5 Sistematización del registro y documentación
Autor. Ruiz, 2023

¹⁵ Se sugiere consultar Ricardo Prado, *La teoría y la práctica en el proyecto de restauración*, (México: ENEAGONO, 2009).

1.2.2 Delimitación de los alcances para la investigación en vías de la conservación-restauración

A partir del análisis *in situ*, el registro y la documentación, el siguiente paso es delimitar los alcances hacia la conservación y/o restauración, para ello se requiere hacer una investigación histórica a fin de conocer su línea de vida y en consecuencia sus características que fueron adquiridas a través del tiempo. Particularmente, para el caso de estudio: El Buen Tono, se determinó enfocarnos en la tecnología de la estructura metálica, por ser un componente característico del siglo XIX-XX, aunado a la monumentalidad e importancia tecnológica que representó en la época. Además, de la riqueza en términos históricos y constructivos como material que impactó la economía, la tecnología, la técnica y revolucionó el mundo, como se argumentó en la primera parte de este trabajo.

1.3 Contexto histórico

En lo que toca a este apartado, su desarrollo debe estar acotado a una reseña histórica relacionada al caso de estudio, no a una acumulación de datos cronológicos y/o monográficos desvinculados. Pues, el objetivo es entender su historia de vida y de manera paralela identificar sus características que le connotan valor e importancia como monumento, patrimonio, objeto, sitio y/o conjunto arquitectónico a conservar.

Para el caso de El Buen Tono se desarrolló un contexto histórico general a partir de finales del siglo XIX, momento del establecimiento de la primer cigarrera en Ciudad de México. Esto con el fin de tener una visión de los acontecimientos internos en el país en materia de industria, economía, sociedad y política, posteriormente se vinculó al contexto histórico de la fábrica en Celaya.

Fue en 1873 que se inauguró la primer línea férrea México-Veracruz, la red de caminos y comunicaciones estuvo liderada por el ferrocarril, componente clave para el desarrollo económico "el problema del transporte empezó a superarse solo a partir de 1880, gracias a una estrategia gubernamental encaminada a desarrollar una sistema ferroviario nacional [...], puede afirmarse que los ferrocarriles fueron la mayor apuesta del grupo porfirista a favor de la modernización económica de la nación."¹⁶

Precisamente, el periodo decimonónico fue el momento cúspide del desarrollo técnico, tecnológico y científico a nivel mundial, sin embargo, en México dichos avances llegaron hasta finales del periodo y fue hasta entonces que se activaron varios sectores económicos entre ellos la industria de tabaco, la textilera, la minería, etc. Así mismo se dio un incrementó a gran escala de establecimientos de fábricas. "El auge exportador y la industrialización fueron compatibles: en el decenio de 1890, México, como otros países, experimentó un crecimiento industrial tanto de industrias establecidas (los textiles) como nuevas."¹⁷ Fue, la actividad minera la que destacó y contó con inversionista extranjeros, principalmente de los Estados Unidos,¹⁸ por supuesto se vio beneficiada con la extensión de la red férrea ya que fue el principal proyecto económico. En la imagen 23¹⁹, se puede observar los centros mineros, las zonas de fundiciones y las vías férreas con las que contaba la República Mexicana durante la época. Pues se caracterizó por la modernización de la infraestructura tales como líneas férreas, caminos, puertos e inversión de capital y tecnología proveniente del extranjero, principalmente Europa y los Estados Unidos.

¹⁶ Sandra Kuntz, "De las reformas liberales a la gran depresión, 1856-1929", en *Historia económica general de México de la Colonia a nuestros días*, coord. Sandra Kuntz (México: COLMEX, 2010), 319p.

¹⁷ Alan Knight, "La revolución mexicana: su dimensión económica, 1900-1930", en *Historia económica general de México de la Colonia a nuestros días*, coord. Sandra Kuntz (México: COLMEX, 2010), 479p.

¹⁸ *Ibid*, 321p.

¹⁹ Imagen tomada de Sandra Kuntz, Elisa Speckman "El Porfiriato", en *Nueva historia general de México*, (México: COLMEX, 2019), 508p.

Entre 1876 y 1910 tuvo lugar en México un notable proceso de desarrollo económico: se construyeron vías de ferrocarril que unieron al país, y permitieron ampliar los mercados; se intensificó la producción minera y agrícola y se consolidó un sector de la economía orientado a la exportación; la mayor acumulación de la riqueza hizo posible el inicio de la industrialización. En ello influyeron varios factores, entre los cuales es preciso destacar la estabilidad política y la transformación del marco legal, que propiciaron la llegada de capitales extranjeros y una mayor apertura a la economía internacional.²³

Ahora bien, la industria cigarrera El Buen Tono justamente se sitúa en este periodo, la fábrica destacó por su tecnología, proceso productivo, arquitectura, medios de difusión, estabilidad económica y capital extranjero (*Barcelonnettes*, Tabla 1²⁴). Fue en la década de los ochenta del siglo XIX que se instaló en la Ciudad de México (CDMX) por el francés Ernesto Pugibet, para 1894 se convirtió en sociedad anónima dado su crecimiento económico, estabilidad financiera y dominio del mercado, creando otra empresa igual de importante en Nueva York,²⁵ "siguió su expansión, creó otras sucursales, una en León Guanajuato y otra en Chihuahua"²⁶. La cigarrera fue de las más importantes y esplendorosas del periodo a pesar de los momentos convulsos en los que se encontraba el país, permaneciendo hasta el siglo XX.

Ernesto Pugibet colocó sus productos a nivel internacional, muestra de ello fue la sucursal de El Buen Tono que instaló en New York, que estuvo ubicada en Broadway la avenida principal de dicha ciudad. Fue precisamente en la capital francesa, la Ciudad de Lux, donde abrió oficinas financieras y de propaganda, a fin de poder colocar los bonos de su empresa y obtener un mayor alcance en la difusión de sus cigarros.²⁷

²³ Sandra Kuntz, Elisa Speckman, "El Porfiriato", 506p.

²⁴ Galán Amaro, Erika Yesica, "Los Barcelonnettes en México, un ejemplo de espíritu empresarial (1821-1930)", *X Jornadas interesuelas/Departamentos de Historia, Escuela de Historia de la Facultad de Humanidades y artes, Universidad Nacional del Rosario. Departamento de Historia de la facultad de Ciencia de la Educación, Universidad Nacional de Litoral, Rosario*, (2005): 15p, <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdsa.aacademica.org/000-006/776.pdf>

²⁵ Jean Meyer, "Los franceses en México durante el siglo XIX", *Relaciones estudios de historia y sociedad vol. I* (1980) 32p, <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sitios.colmich.edu.mx/relaciones25/files/revistas/002/JeanMeyer.pdf>

²⁶ Thelma Camacho, "Las Historietas de el Buen Tono (1904-1922). Un capítulo de la litografía industrial en México" (Tesis de doctorado, UNAM,2005), 93p.

²⁷ Alicia Vega, *Op. Cit.*, 60p.

BARCELONNETTE	OMBRE DE LA EMPRESA	SECTOR	GRUPO DE LA EMPRESA	AÑO DE N.I.C.D - ADQUISICIÓN	CUIDAD	ESTADO
Eías Lamarque	La Bótica francesa	Industrial	F. aguas minerales y artificiales,	1842	Puebla	Puebla
Gustavo Lamarque			F. de ácidos y productos químicos (1874)			
Alphonse Michel Ernest Pugibet Henri Tron	Cigarrera El Buen Tono	Industrial	Cigarros	1873	México, D.F.	D.F.
Désiré Brun	Fábrica de hule	Industrial	Papel		México, D.F.	D.F.
Gas Pons	Fábrica de corchos	Industrial	Corchos		México, D.F.	D.F.
Ferdinand Fortolis	Fábrica de cerveza	Industrial	Cerveza		Xalapa	Veracruz
Adrian Reynaud	Fábrica de calzado La colmena	Industrial	Fábrica de calzado		Tampico	Tamaulipas
L. Faudon	La gran fábrica de paraguas y sombrillas	Industrial	Fábrica de paraguas		México, D.F.	D.F.
Charles Borel Théophile Pelletier Zolly	Fábrica de Sombreros	Industrial	Fábrica de sombreros		México, D.F.	D.F.
Joseph Léautaud Honorato Lions V. Lions Alphonse Michel Joseph Ollivier León Signoret Henri Tron Joseph Tron Jules Tron	Fábrica de papel San Rafael	Industrial	Papel	1890	México, D.F.	D.F.
Mario Lambert Joseph Ollivier Honorato Signoret Jean Signoret Henri Tron	Cervecería Moctezuma	Industrial	Cerveza	1896	Orizaba	Veracruz
Juan esteban Latisnére Lorenzo Latisnée	Fábrica El manantial de aguas minerales	Industrial	Alimentos	1899	Puebla	Puebla
Clemente Jacques	Fábrica de salsas y condimentos Clemente Jacques	Industrial	Alimentos	1900	México, D.F.	D.F.
León Signoret	Fundición de Hierro y Acero Monterrey	Industrial	Acero	1900	Monterrey	Nuevo León
Mario Lambert Joseph Ollivier Honorato Signoret Jean Signoret Henri Tron	Cía. Nal. Mexicana de dinamita y explosivos	Industrial	Manufactura	1901	México	México
José Desdier Joseph Ollivier Julio Sibilot	Cía Azucarera El pánuco	Industrial	Alimentos		México	México
Joseph Léautaud Alphonse Michel León Signoret Henri Tron Jules Tron	Cía Eléctrica e Irrigadora del Edo. De Hidalgo	Industrial	Eléctricidad		Hidalgo	Hidalgo
León Signoret	Cía. Del Ferrocarril eléctrico de Lerdo	Industrial	Transporte		Torreón	Coahuila
Auguste Garcin	Cía Explotadora Velocitán	Industrial	Manufactura		México	México
	Cía. Industrial EL Salvador					
	Cía. Industrial de Cemento privilegiado					
	Cía. Industrial de la Virgen					
Joseph Léautaud Joseph Tron	Cía. Trigadora de Hidalgo	Industrial	Alimentos		Hidalgo	Hidalgo
Juan Lahaille	EL Venado	Industrial	Fábrica de agua gaseosa		Puebla	Puebla
Joseph Ollivier	Gran fábrica de Loza	Industrial	Fábrica de loza		México, D.F.	D.F.
León Signoret	Cía. manufacturara de jabón La Unión	Industrial	Manufactura		Torreón	Coahuila

Fuente: Construcción en base a Pizal (1998), Gamboa (1998), Amaud (1891), Gouy (1980) y Pérez Siller (1999).

Tabla 1. Algunas de las empresas que fundaron los *Barcelonnettes*, entre ellas EL Buen Tono
Fuente: Amaro, 2005.

Pugibet (muere en 1915), formó parte de la red de negocios de los *Barcelonnettes*, quienes invirtieron en el sector comercial, industrial y financiero, en 1910 llegaron a ser poseedores del 55 por ciento de la inversión extranjera en el sector industrial.²⁸ La migración de la comunidad francesa a México se debió a las condiciones que durante el siglo XIX atravesó Francia como lo fueron: las guerras napoleónicas, la guerra franco-prusiana, sumado a las concesiones y privilegios otorgados por el gobierno. Esta comunidad destacó durante el porfirismo debido al desarrollo y crecimiento económico, industrial, establecido en el país.

Los *Barcelonnettes*, (Tabla 1) lograron consolidar una gran riqueza y poderío en México, convirtiéndose en un oligopolio. Entre las industrias con inversión de dicho grupo se encuentra: El Buen Tono, Cia. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey S.A., La Compañía Nacional de Dinamita y Explosivos, Compañía Industrial de Orizaba, Fábrica Textil de Río Blanco, El Palacio de Hierro, El Correo Francés, la Industrial de Atlixco, Cervecería Toluca y México, Cervecería Moctezuma, etc.

La industria. El auge de este sector durante el Porfiriato y la modernización de la actividad industrial se debió a la participación del capital extranjero, particularmente de los residentes franceses. Estos empresarios que habían hecho un fortuna en México la reinvirtieron en nueva empresa o para ampliar y modernizar los viejos establecimientos, logrando un incremento en la producción de bienes y concentrando la actividad industrial en unas cuantas empresas, indicadores que han sido considerados como síntoma del auge industrial de este periodo [...] entre los principales establecimientos estuvo Compañía Manufacturera El Buen Tono (1893), 6.5 millones, capital francés y mexicano [...].²⁹

La cigarrera de la CDMX contó con tecnología moderna e incluso patentes como

²⁸ *Ibid*, 33p.

²⁹ Leonor Ludlow, *Op. Cit.*, 19p.

lo fue la máquina que elaboraba cigarros sin pegamento, en cuanto a su arquitectura ésta presentaba un esqueleto de acero proveniente de los Estados Unidos. Contó con espacios amplios y organizados para las etapas productivas, “edificándose grandes salones para las máquinas y espaciosos almacenes para el tabaco, dotados de ventilación y sequedad [sic] tan necesarias para la conservación de aquel.”³⁰ También había áreas de oficina, salones, talleres de litografía, taller mecánico, carpintería, depósitos de tabaco, caballerizas.³¹

Al ser una industria que destacó por el avance en su tecnología fue participe en la Exposición Universal celebrada en 1900, París (Imagen 24)³². Pues Ernesto Pugibet patentó cerca de 19 mecanismo para la producción de cigarros iniciando en 1895,³³ además, de adquirir a una de sus competidoras la Cigarrera Mexicana en 1906.³⁴



Imagen. 24 Estand el Buen Tono dentro de la Exposición Universal, 1900
Fuente: L'Exposition



Imagen. 25 Radiodifusora de El Buen Tono
Fuente: IMER

La fama de El Buen Tono se difundió más allá de la información impresa en periódicos, pues llegó a utilizar aeroplanos y creó la radiodifusora CYB (1923), en donde anunciaba las marcas de cigarros, actualmente es conocida como la XEB cuyo eslogan

³⁰ Guadalupe Lozada, *Op. Cit.* 18p.

³¹ *Ibid.*

³² L' Exposition de Paris 1900, (Paris: Montgredien: 1900), 177p. <https://fliphtml5.com/immj/wdoy/basic/201-250>

³³ Edward Beatty, "Globalization and Technological Capabilities: Evidence from Mexico's Patent Records ca. 1870-1911" en *Estudios de Economicos*, vol. 42- No. 2, diciembre (2015): 58p.

³⁴ Thelma Camacho, "Los Álbumes de El Buen Tono: fotografía y catolicismo social (México, 1894-1909)" en *Boletín Americanista*, No. 71 (2015), 79p. <https://raco.cat/index.php/BoletinAmericanista/article/view/301820/391463>

es “la B grande de México” (Imagen 25)³⁵. Fue en 1924, que se estableció la cigarrera el Águila caracterizándose con un proceso productivo moderno, sin embargo, El Buen Tono continuo su presencia en el mercado y fue hasta 1928 que se vio afectada por la competencia, lo cual se reflejó en su economía, pues su producción representaba solo el 8 porciento en el mercado, mientras que el Águila tuvo el 64 porciento.³⁶

Fue para 1929 que la cigarrera inició los trabajos de rehabilitación del espacio que alojó a la destilería de alcoholes La Internacional³⁷ (Imagen 26)³⁸, inaugurada en 1910, tenía una ubicación estratégica a las afueras de la ciudad cerca de las vías férrea (Imagen 27), medio que favoreció su vinculación con el mercado. Hay que mencionar que la posición geográfica de Celaya le proporcionó a la región un lugar de centralidad estratégica y política, entonces, "El objeto que persigue con establecer la sucursal antes mencionada, es el ahorro de fletes de carga en el ferrocarril, ya que la situación topográfica que guarda Celaya, es muy favorable para el desarrollo de la industria"³⁹

En efecto, la red ferroviaria comunicó a la región con resto del país,⁴⁰ potencializó el crecimiento y desarrollo económico, comercial, además de ser un importante medio de movilidad para la población, colocando y reconociendo a Celaya como la "Puerta de oro del Bajío."⁴¹ Fue, en pleno siglo XX cuando se convirtió "en el centro más destacado del comercio, servicios y producción manufacturera [...], aprovechando precisamente su ubicación en el cruce de los ferrocarriles Central Mexicano y Nacional."⁴²

³⁵ Imagen tomada de "La B grande de México", acceso el 15 de octubre 2019, <https://www.imer.mx/xeb/hace-99-anos/>

³⁶ Thelma Camacho, "Las Historietas de el Buen Tono (1904-1922). Un capítulo de la litografía industrial en México", 94p.

³⁷ Eulalio Gómez, *Celaya: Tu Corazón*, (Celaya: Gobierno Municipal de Celaya, Sistema Municipal de Arte y Cultura de Celaya, 2012), 163p.

³⁸ Imagen tomada de Facebook Descubriendo Celaya, acceso el 15 de octubre 2022.

³⁹ *El informador*, Periódico independiente de la vida regional, Celaya Gto., 29 de Septiembre 1929 Núm. 206. Tomo 5, en Archivo municipal de Celaya

⁴⁰ Pablo Serrano, "Celaya Porfiriana" en *Relatos e Historia en México*, año XI No. 123, Noviembre (México: Raíces, 2018), 71-72p

⁴¹ *Ibid.*

⁴² *Ibid.*



Imagen. 26 La Internacional, en la torre se puede leer
Fuente: Facebook Descubriendo Celaya



Imagen. 27 Localización de la fábrica (circulo amarillo), vías férreas (línea entrecortada)
Fuente: Fundación ICA, colección digitalizada, 1934.



Imagen. 28 Anuncio con una de las marcas que produjo El Buen Tono
Fuente. El informador, 1930



Imagen. 29 Anuncio con marcas que produjo El Buen Tono
Fuente. Gómez, 2012

Como se mencionó en párrafos anteriores fue en Celaya, Guanajuato donde se instaló una sucursal de El Buen Tono, su producción cigarrera destacó con las marcas (Imágenes 28-29)⁴³: "Country Club, Campeones, Jazz, Chinacos y Bacará. Estos cigarrillos eran elaborados con la novedosa máquina Muller, cuya capacidad de producción era de 1200 piezas por minuto, y con la encajetilladora Arencó, capaz de empacar 4200 cajetillas por minuto."⁴⁴

"Desde mediados de la semana próxima pasada se viene emprendiendo los trabajos de albañilería, carpintería y herrería en la ex-fábrica La Internacional, a la que se está haciendo una total reparación para acondicionarla para la fabricación de cigarros que elabora la gran fábrica de El Buen Tono, S.A."⁴⁵

Las Obras en "La Internacional" Quedarán Listas en Marzo Pmo.

En los Trabajos de "El Buen Tono" se Emplea Cemento Cruz Azul

Hemos seguido con interés los trabajo que se llevan a cabo en la antigua fábrica de

⁴³ Imagen 28, fue tomada de *El Informador*, Celaya Gto., 10 de Mayo 1930, en Archivo municipal de Celaya
Imagen 29, fue tomada de Eulalio Gómez, *Celaya: Tu Corazón*, 163p.

⁴⁴ Guillermo González, "La Industria cigarrera del Buen Tono en Celaya" en *Voces Nuevas, historias viejas, apuntes para la historia de Celaya*, Estefanía Juárez, Guillermo González, Pablo Pérez, (México: Instituto de Arte y Cultura de Celaya, 2018), 90p.

⁴⁵ *El Informador, Periódico independiente de la vida regional, Celaya Gto.*, 29 de Septiembre 1929 Núm. 206. Tomo 5, en Archivo municipal de Celaya

"La Internacional," se establecerá una importante dependencia de "El Buen Tono," por ser una obra de alta significación para el progreso de esta ciudad. En nuestra última visita a ese lugar pudimos ver que están sumamente adelantadas y fuimos informados de que para el próximo mes de marzo quedarán terminadas las obras arquitectónicas y tal vez la de instalación de maquinaria, pudiendo, por lo tanto, entrar en actividades desde luego. Hasta la fecha se han gastado cuatro carros de ferrocarril de cemento portland "Blue Cross" (Cruz Azul) y según la opinión de los ingenieros constructores este cemento es el de mejor calidad y por lo tanto el que fué elegido para el uso de esta importante fábrica.

No cabe duda que las personas que emprendan obras de albañilería, preferirán en lo futuro para toda construcción el magnifico cemento Cruz Azul cuya agencia es a cargo del señor Secundino González M. Exclusivo para la mayor parte de las poblaciones del Edo, de Gto.⁴⁶

(Imágenes 30-33)⁴⁷

Algo a destacar de la cita es la especificidad del uso de los materiales para la obra de rehabilitación, pues nos vinculan a la historia tecnológica de los materiales y su aplicación, caber subrayar que existen documentos primarios que refieren sobre donaciones por parte de la cigarrera al municipio, entre ellas láminas de zinc y bancas para ser empleadas en el espacio urbano, "la empresa de El Buen Tono cedió al Municipio 400 láminas de cink que serán seguramente aplicadas en alguna mejora. Creemos que lo más pertinente sería emplearlas en techar el Mercado Cinco de Febrero que carece de el."⁴⁸

⁴⁶ *El informador, Periódico independiente de la vida regional, Celaya Gto.*, 1 de Febrero 1930 Núm. 223. Tomo 5, en Archivo municipal de Celaya

⁴⁷ Imagen 29, tomada de Eulalio Gómez, *Op. Cit.* 163p.
Imagen 30, *Ibid.*

Imagen 31 tomada de Claudia Rodríguez, "Fundación y desarrollo de la fábrica de cigarros El Buen Tono, S.A." en *Palabra de Clío, Revista de divulgación histórica*, Año 1, No. 1, (México: 2007), 17p.

Imagen 32 tomada de <https://www.mexicoenfotos.com/mobile/photo.php?id=MX14747276177767>, acceso el 8 de junio 2019.

Imagen 33 tomada de <https://www.elsoldelbajio.com.mx/local/inicia-el-martes-obra-de-el-buen-tono-7502686.html> acceso el 11 de junio 2019.

⁴⁸ *Ibid.*

Se sugiere continuar con la búsqueda de información en el Archivo Municipal de Celaya para el desarrollo de una investigación con enfoque histórico, ya que cuenta con datos referente a la fábrica de cigarros El Buen Tono.

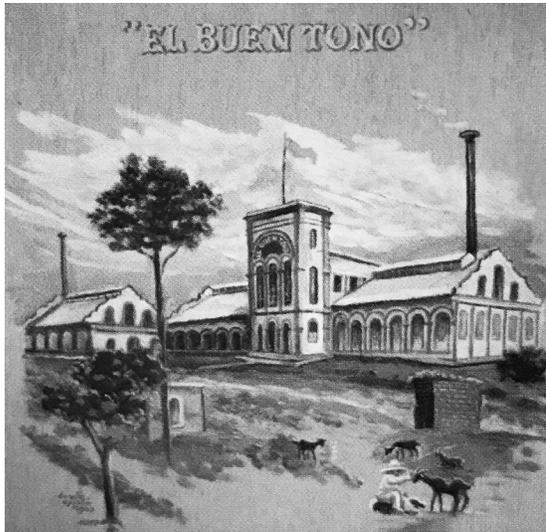


Imagen. 30 Dibujo de la cigarrera El Buen Tono
Fuente. Gómez, 2012



Imagen. 31 Anuncio en periódico donde se muestra la fachada principal de El Buen Tono, algunas marcas de cigarros y maquinaria
Fuente. Rodríguez, 2007



Imagen. 32 Conjunto arquitectónico de El Buen Tono, vista norte, se observan modificaciones en comparación con la fachada de La Internacional (Imagen 26)
Fuente. México en fotos, 2022



Imagen. 33 Fachada sur del edificio-B, El Buen Tono
Fuente. El sol del Bajío, 2019

Como se ha dicho, la cigarrera es un espacio con datos históricos diversos desde la historia misma del objeto de estudio, hasta particularidades técnicas-tecnológicas y sucesos históricos internos del municipio en donde se instaló la fábrica como fueron las denominadas batallas de Celaya, entre las tropas de Francisco Villa y Álvaro Obregón, siendo este último quien tomara al espacio fabril como cuartel, “para observar desde su elevado torreón a las huestes enemigas del Convencionismo que comandaba Francisco Villa, y desde allí dictar disposiciones tendientes a la defensa de la plaza.”⁴⁹ Incluso en 1916 se ofreció un banquete por parte de representantes celayense al primer jefe constitucionalista, Venustiano Carranza y al general Obregón.⁵⁰ (Imagen 34)



Imagen. 34 Álvaro Obregón y Venustiano Carranza, al fondo la fábrica El Buen Tono, fachada del edificio-C
Fuente. Mediateca INAH, 1916

Después de los movimientos armados el inmueble permaneció abandonado, las referencias señalan que fue hasta 1929 que se reacondicionó para instalar la fábrica de cigarrillos El Buen Tono. Posiblemente, como una estrategia comercial dada la relevancia de la región, la topografía, aunado a las características del espacio arquitectónico que permitió instalar maquinaria de producción. Cabe señalar que dicho año también se caracterizó por la Gran depresión de los Estados Unidos que impactó la economía mundial.

⁴⁹ Eulalio Gómez, *Op. Cit.*, 163p.

⁵⁰ Guillermo González, *Op. Cit.*, 90p.

A manera de cierre de este apartado, destacamos la relevancia de la consulta de diversas fuentes documentales a fin de articular, vincular y entender el caso de estudio desde su materialidad y particularidades de su línea de vida. El Buen Tono, tuvo un gran esplendor desde su fundación hasta su cierre, dejando vestigios relevantes para la historia económica, financiera, social, obrera, técnica y tecnológica por mencionar algunos. Aquí solo mostramos una síntesis histórica pero se puede continuar con el desarrollo de la investigación.

Por otro lado, la monumentalidad del conjunto arquitectónico que alojó El Buen Tono en la segunda década del siglo XX, es un espacio rico en contenido histórico, técnico-constructivo, con componentes representativos que se introdujeron en pleno siglo XIX, como lo fue el acero. El Buen Tono, la Bola de Agua y el Mercado Morelos, son algunas construcciones representativas del municipio conocido como la Puerta de oro del Bajío, Celaya. En definitiva, la conservación del inmueble debe dirigirse en destacar sus particularidades y significado cultural que a lo largo de esta investigación se han puntualizado.

1.3.1 Fuentes orales

Esta sección refiere a la aplicación de entrevistas a fuentes orales: operarios y extrabajadores de las extintas fábricas, pues son una de las características que tiene el patrimonio industrial. Se consideran relevantes para el estudio y aproximación de dichos bienes, ya que a través de las narrativas se llega a información clave para entender parte de la historia y características dadas al interior de una fábrica. Se puede llegar a identificar maquinaria, procesos productivos, etapas de producción y datos sobre la vida cotidiana dentro del espacio fabril, existen metodologías para realizar este tipo de entrevistas y

documentar la información.⁵¹

En la medida de lo posible y como parte del trabajo en campo se sugiere recolectar la información de las fuentes orales que aún existan, así como apoyarse de las ciencias sociales.

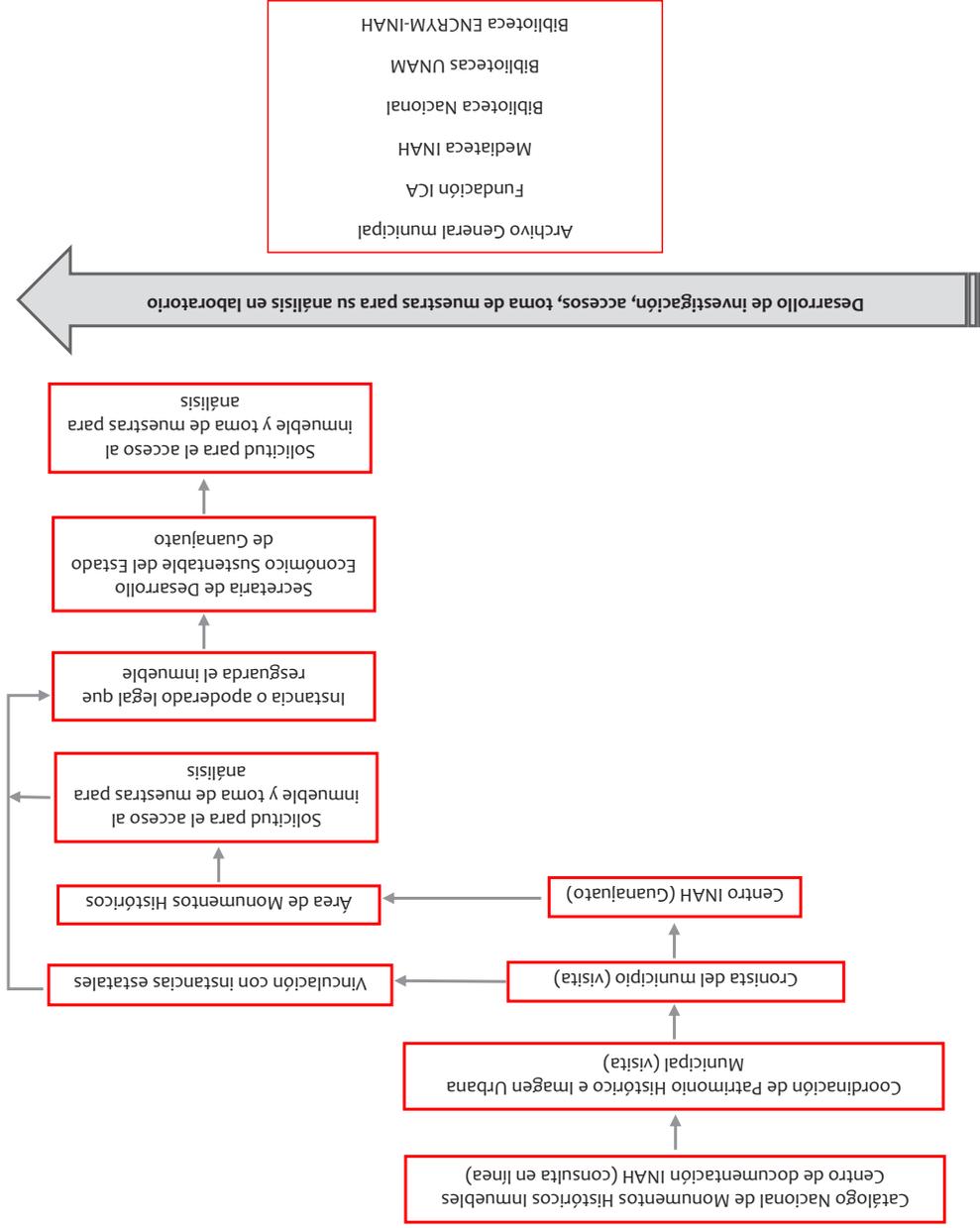
1.3.2 Fuentes documentales

Con respecto a las fuentes documentales es necesario consultar diversas fuentes: hemerográficas, fotográficas, primarias, secundarias, revistas, etc., así como apoyarse con asesorías de especialistas en el tema, periodicidades, arquitectura, sistemas constructivos, materiales, etc., ya que todo ello permitirá contrastar información y lograr un mejor entendimiento del objeto de estudio.

Para el caso de estudio de El Buen Tono, se consultaron diversas fuentes y se acudió a diferentes bibliotecas, acervos, instancias gubernamentales, publicaciones digitales y archivos. Pero, como punto de partida fue la consulta de la ficha del Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles, registro del Instituto Nacional de Antropología e Historia, a partir de ello se marcó la ruta a seguir (Esq. 6) para la consulta de fuentes documentales, algo a destacar fue la identificación de palabras clave para hacer la búsqueda en los acervos.

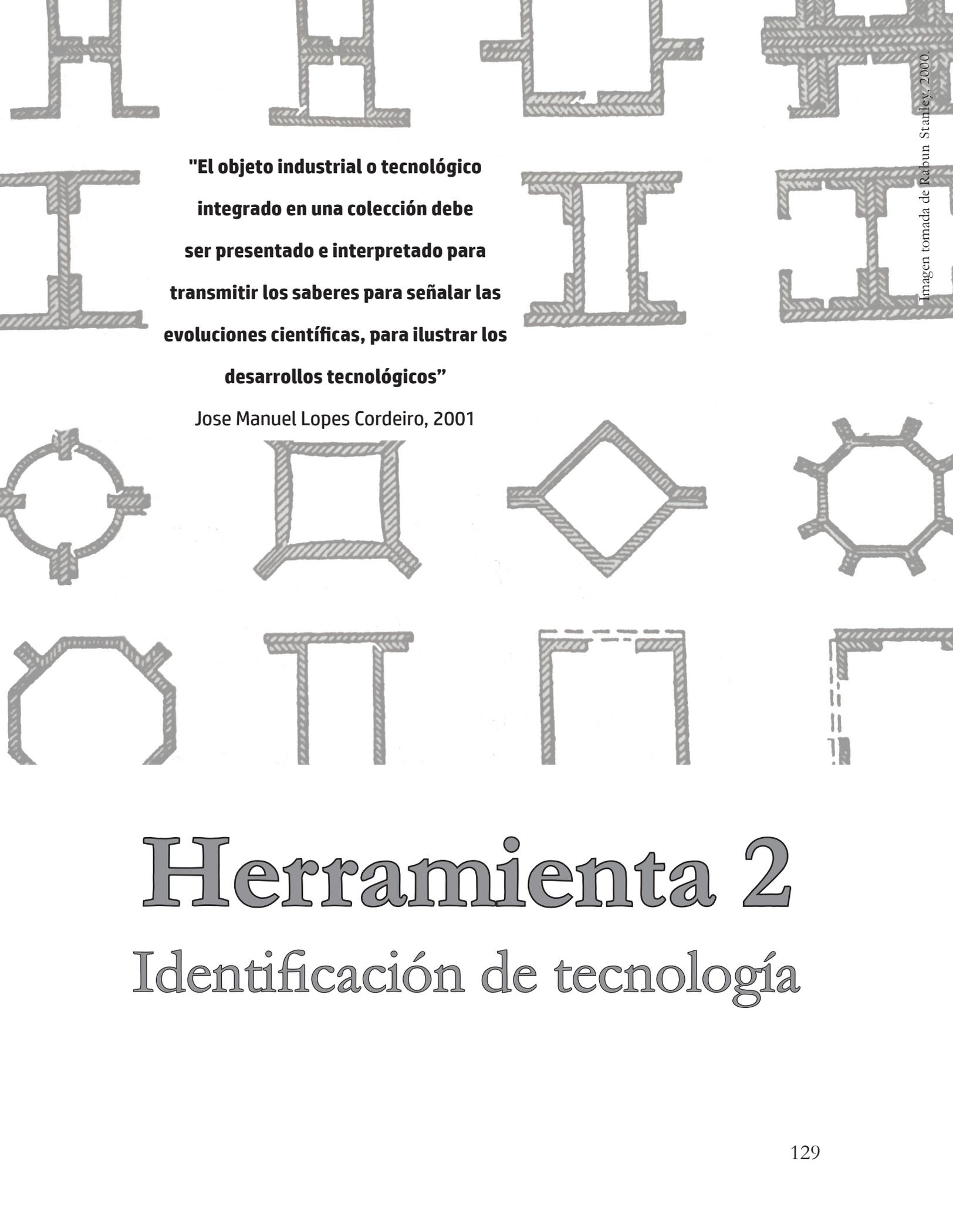
Otro punto importante fue la solicitud de acceso al inmueble, lo cual permitió el desarrollo de la investigación, pues como se mencionó al inicio de la *Herramienta 1* el trabajo de un arquitecto restaurador parte de la inspección *in situ*, para reconocer la materialidad del espacio, establecer posibles hipótesis y líneas de investigación para llegar a un plan de acción en materia de conservación-restauración.

⁵¹ Se sugiere consultar Eleocadio Martínez, "Convertirse en ex obreros, Cambios y continuidades en las identidades de los trabajadores de Fundidora de Monterrey" (Tesis de doctorado: COLMEX, 2008). Diana Ruiz, "Registro y documentación de la maquinaria de producción como medida de conservación del documento histórico. El caso de la prensa de acuñación denominada La Bailarina perteneciente a la colección del Museo Numismático Nacional, (Tesis de licenciatura: ENCRYM-INAH, 2018). Laboratorio Nacional de Materiales Orales, LANMO-UNAM, ENES Morelia, Michoacán. Espacio de trabajo interinstitucional para el estudio multidisciplinario de los discursos orales y las manifestaciones asociadas a ellos.



Esqm. 6 Ruta de consulta de fuentes documentales

Autor: Ruiz, 2022



"El objeto industrial o tecnológico integrado en una colección debe ser presentado e interpretado para transmitir los saberes para señalar las evoluciones científicas, para ilustrar los desarrollos tecnológicos"

Jose Manuel Lopes Cordeiro, 2001

Imagen tomada de Rabun Stanley, 2000.

Herramienta 2

Identificación de tecnología



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍA

En este apartado se exponen las partes constitutivas de una estructura metálica, pues al diferenciarlas por su forma, ubicación y función se puede hacer una lectura de su morfología. Como se expresó anteriormente, cada componente metálico refiere a un procesamiento, a una temporalidad, a una procedencia y tecnología, que puede ser definida a partir de la inspección visual.

Entonces, la morfología de la estructura metálica estará conformada por diversos componentes como son: armadura, perfiles y/o vigas, conexiones, revestimientos y otras características. A lo largo de esta sección se explicará qué son y qué características presentan. Pues al poder reconocerlos en un caso de estudio se pueden establecer hipótesis o corroborar sus procedencias y temporalidades, así como conocer la naturaleza del material.

El identificar las partes constitutivas en una primera aproximación permite conocer las características técnico-constructivas y tecnológicas, siendo información relevante que también argumentará su significado cultural como un símbolo del pasado industrial. Dicho lo anterior, el contenido que a continuación se presenta y la forma de su aplicación al caso de estudio, El Buen Tono, va de lo general a lo particular. Primero, se muestra una descripción general de las partes constitutivas de la estructura metálica, el segundo punto a desarrollar es la identificación de perfiles, seguido del tipo de armadura, tipo de conexiones y tipo de revestimiento, todo ello acotado a la temporalidad que nos ocupa, siglo XIX principios del XX.

2.1 Morfología de la estructura metálica

Al referirnos a la morfología, pretendemos explicar y describir los componentes que conforman a las estructuras metálicas en arquitectura del finales del siglo XIX. Hay que observar e indagar cada pieza como parte del discurso arquitectónico con valor cultural. Pues, tienen determinadas características apegadas a las necesidades de la época, aunado a las posibilidades técnicas-tecnológicas que existían, por ello, observar se vuelve relevante e indispensable porque permite establecer posibles fechamientos.

La morfología estará conformada por: los perfiles (vigas, columnas, correa, tirantes, tornapunta), las conexiones (cartelas, tornillo, remaches), la armadura, el revestimiento y otras características (Imagen 1). Con base en dicha información podemos inferir en su temporalidad o procedencia, pues durante el siglo XIX se patentaron armaduras diseñadas para la edificación, en donde destacan cinco: la tipo Polonceau, Warren, Fink, Howe y Pratt, patentadas en Europa y los Estados Unidos (la producción de acero se dio a partir de 1870 y paralelamente continuó la producción del hierro forjado)¹ en algunos casos se hicieron con hierro forjado, en otros, con acero.

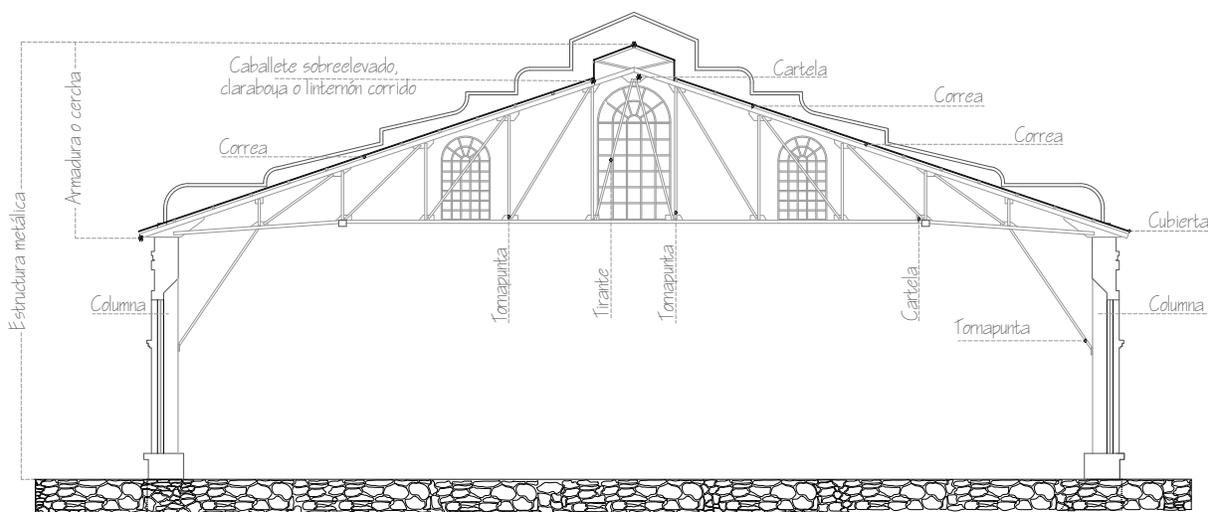


Imagen 1. Morfología, estructura metálica de El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2019

¹ Friedman Donald, *Historical Building Construction, Design, Materials & Technology*, 47p.

2.1.1 Tipo de perfiles

En cuanto a los perfiles, se crearon diversas tipologías durante el siglo XIX dado el avance tecnológico para el procesamiento del mineral de hierro. Como se ha reiterado los Estados Unidos fueron los principales productores en dicho periodo, actualmente cuentan con investigaciones referentes a los sistemas constructivos con componentes metálicos base hierro, así mismo existen algunas publicaciones que presentan los tipos de perfiles.

Precisamente, identificar las formas de los perfiles de la estructura metálica que se estudia, se convierte en un dato relevante para continuar con el análisis histórico, hipótesis de su periodicidad, naturaleza del material y su posible procedencia.

Para el caso de El Buen Tono, se identificaron a nivel de piso por lo menos dos tipos: perfil de lados iguales (P1-P3) y perfil "C"(P4) para el caso de la armadura (Imagen 2). Además se infiere que son de acero, debido a los resultados obtenidos de las muestras tomadas de las columnas, las cuales tienen perfiles de canal o tipo "C" (Imágenes 3-5) entonces, aunado a la temporalidad de construcción muy probablemente proceden de los Estados Unidos.

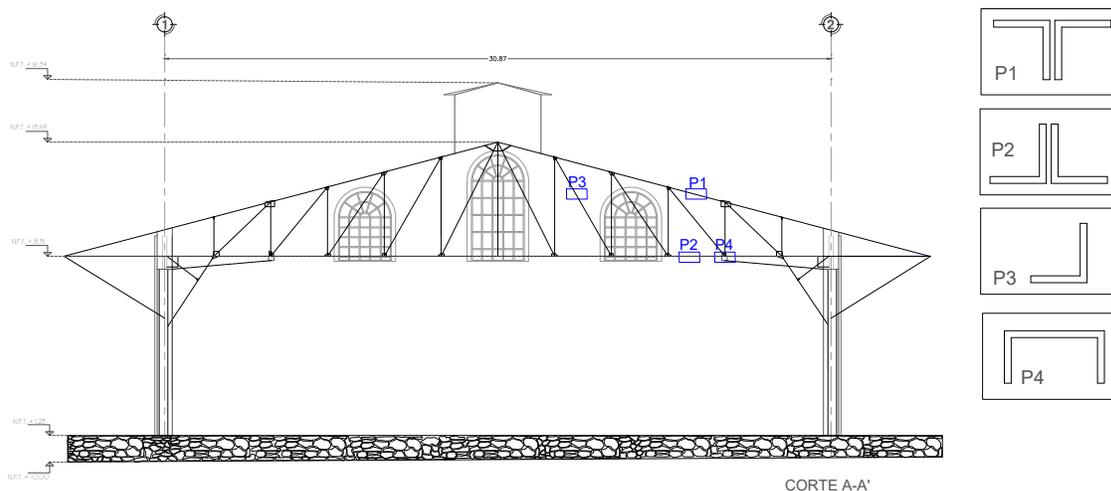


Imagen 2. Levantamiento arquitectónico, identificación de perfiles, Edificio B, El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2019



Imagen 3. Columna, El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 4. Columna por perfiles en canal
Fuente. Stanley, 2000



Imagen 5. Perfil en C o canal
Fuente. Stanley, 2000



Imagen 7. Columna redonda MNN
Autor. Ruiz, 2023



Imagen 8. Columna redonda. Cafetería la Pagoda CDMX.
Autor. Ruiz, 2022

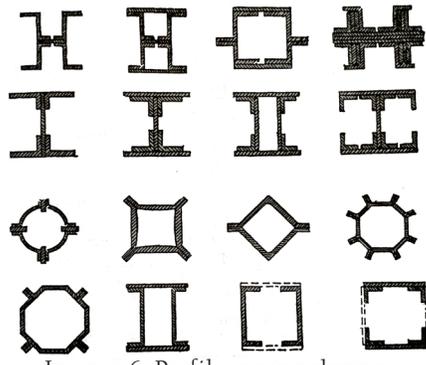


Imagen 6. Perfiles para columnas
Fuente. Stanley, 2000

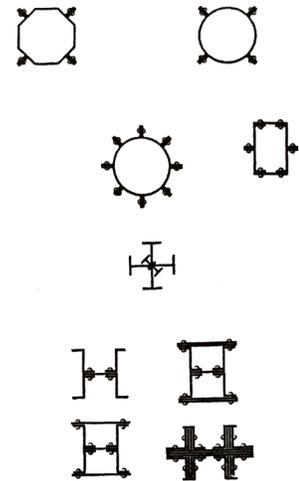


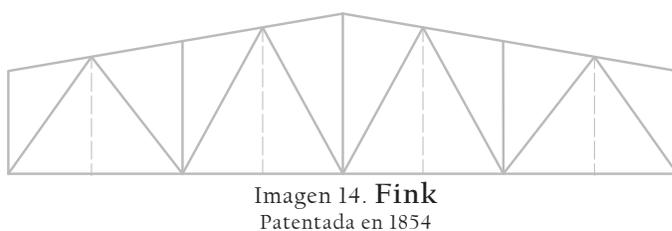
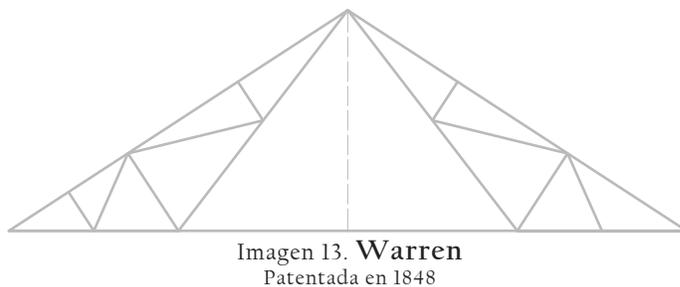
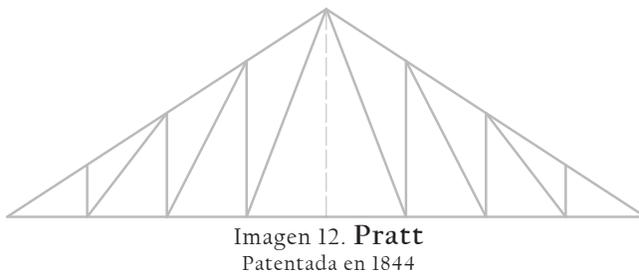
Imagen 9. Perfiles para columnas
Fuente. Stanley, 2000

Otro ejemplo de perfiles, son las columnas del área de amonedación del Museo Numismático Nacional (Imagen 7) o del café La Pagoda (Imagen 8) en CDMX, por su forma y periodo de construcción, se infiere que son de hierro colado, además las formas coinciden con los catálogos o textos especializados en el tema como se observa en la imágenes 6-9.

Para concluir, resulta necesario continuar con la investigación de estos componentes que forman parte de una estructura metálica que originalmente fueron de procedencia extranjera. Cabe recordar que el momento de desarrollo industrial en el país, tuvo gran influencia extranjera, en cuanto a tecnología, técnicas, formas, estilos y capital financiero, sin duda, la cigarrera de El Buen Tono es un referente histórico decimonónico.

2.1.2 Tipo de armadura

Para identificar el tipo de armadura en el periodo que estudiamos nos centraremos en los siguientes: armadura Polonceau, Warren, Fink, Howe y Pratt (Imágenes 10-14), siendo esta última la que se localiza en el edificio B y C de la fábrica de El Buen Tono, mientras que en el edificio A se observa una armadura de tipo Polonceau.



Cada tipología refiere a una temporalidad por patente, que corresponde a los avances tecnológicos y técnicos desarrollados para el procesamiento del hierro. La armadura Polonceau fue patentada en 1831, seguida de la armadura Howe que se registro en 1840, la armadura tipo Pratt es de 1844, la armadura tipo Warren corresponde a 1848 y la armadura tipo Fink fue patentada en 1854, las fuentes señalan que estas armaduras fueron las que comúnmente se utilizaron durante la época decimonónica.

Entonces, por el tipo de armadura, identificada a través de su composición formal se inscribe en una periodicidad.

2.1.3 Tipo de conexiones

En cuanto a las conexiones se identificarán: los remaches (roblones), tornillos (Imágenes 16-17)² y cartelas, son otra partes constitutivas que establece temporalidades y por supuesto refiere a aspectos tecnológicos, pues este componente también cuenta con particularidades que lo hacen relevante dentro de la historia. También, se pueden estudiar con mayor profundidad a través de la aplicación de análisis instrumentales para reconocer sus propiedades mecánicas (Imagen 15)³ y sus modificaciones a través del tiempo.

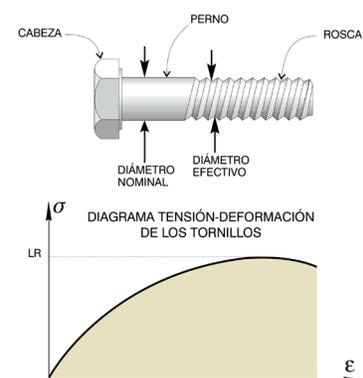


Imagen 15. Diagrama de resistencia a la deformación
Fuente. Andrade, 2020

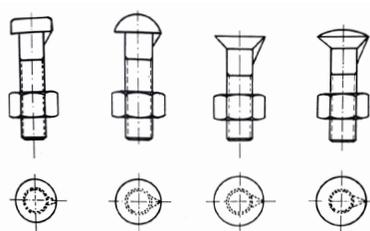


Imagen 16. Diferentes pernos
Fuente. Kienert, 1972

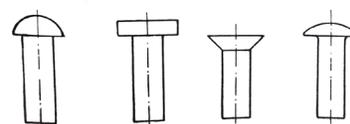


Imagen 17. Diferentes remaches
Fuente. Kienert, 1972

Sin embargo, la intención de este apartado es definir los aspectos que se deben revisar para la identificación a través de la observación *in situ*, así como el registro y las posibles procedencias, temporalidades, reparaciones o agregados posteriores a su origen.

Los remaches o roblones son un componente de sujeción o sistema de unión entre los perfiles, se usaron en gran medida durante el siglo XIX, siendo una de las características de los sistemas constructivo con estructuras metálicas, sin embargo, también se utilizaron los tornillos.

² G. Kienert, *Construcciones metálicas, remachadas y soldadas, Productos siderúrgicos de construcción organos de enlace. Juntas tipo* (Bilbao: Urmo, 1972), 65p y 73p

³ Imagen tomada de Luís Andrade, *Estructuras de acero, Conceptos, técnicas y lenguaje*, (Brasil: Zigurate, 2020), 68p.

En cuanto a los tipos de remaches y tornillos existe una diversidad, los que se encuentran comúnmente son: remaches de cabeza redonda y tornillos de cabeza hexagonal, tienen una resistencia adecuada para soportar los esfuerzos generados sobre la estructura metálica, sumado a su composición química. De ahí la relevancia de su caracterización a través de la aplicación de ensayos mecánicos.

Cabe aclarar que la soldadura se utiliza hasta el siglo XX, se introduce su uso hasta 1910,⁴ no es un tipo de conexión que se localice en las estructuras decimonónicas como una característica de origen. Se aclara, que sí se llegara a localizar dicho material éste sería parte de un agregado o reparación posterior, de igual manera existe una variedad de soldaduras con propiedades físico, químicas y mecánicas, características de su época.

Ahora bien, la cartelas son otro tipo de conexión y son las placas que se encuentran en los puntos de unión entre perfiles que a su vez están sujetas con tornillos o remaches, según sea el caso. Existen de diversas formas y su selección dependerá del uso-función en relación a los perfiles y esfuerzos que se generen en los puntos de unión, como compresión, tensión. (Imágenes 18⁵-19⁶)

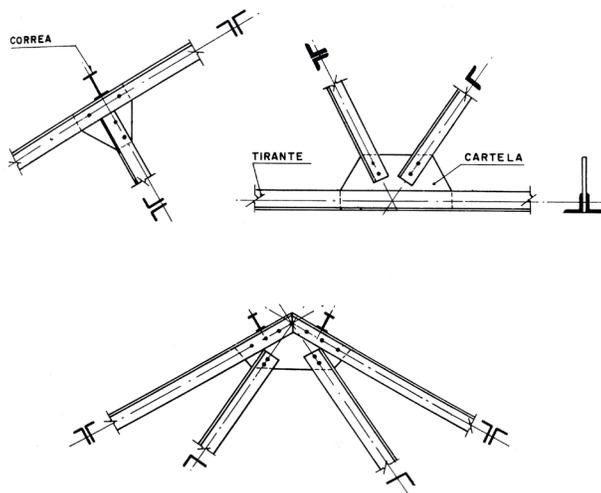


Imagen 18. Detalle de conexiones y perfiles
Fuente. Hernández, 1978

⁴ Álvaro Picazo, "Medios de unión de estructuras metálicas", *I Jornada Nacional de Investigación en Edificación, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Universidad Politécnica de Madrid*, (2007).

⁵ Imagen tomada de Mariano Hernández, *El hierro en la construcción*, (Barcelona: CEAC, 1978), 75p.

⁶ J. Stanley Rabun, *Structural Analysis of Historic Buildings, Restoration, Preservation and Adaptive Reuse Applications for architects and Engineers* (New York: Jhon Wiley, 2000), 411p.

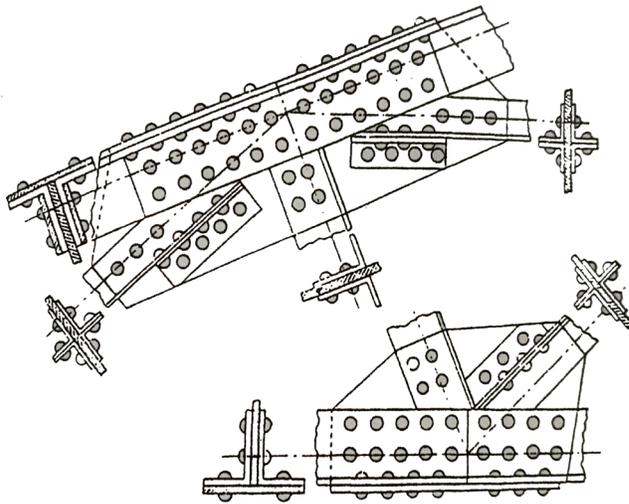


Imagen 19. Cartelas, remaches en perfiles de acero
Fuente. Stanley, 2000.

Para el caso de El Buen Tono, se identificaron a nivel de piso por lo menos nueve tipos de cartelas (C1-C9) (Imagen 20), la disposición de los remaches depende de los esfuerzos mecánicos en las zonas de unión. Para el caso de estudio no se logró registrar con precisión estas características ya que se requería de infraestructura mayor como andamios, para tener acceso a la armadura y conocer el sistema de conexiones.

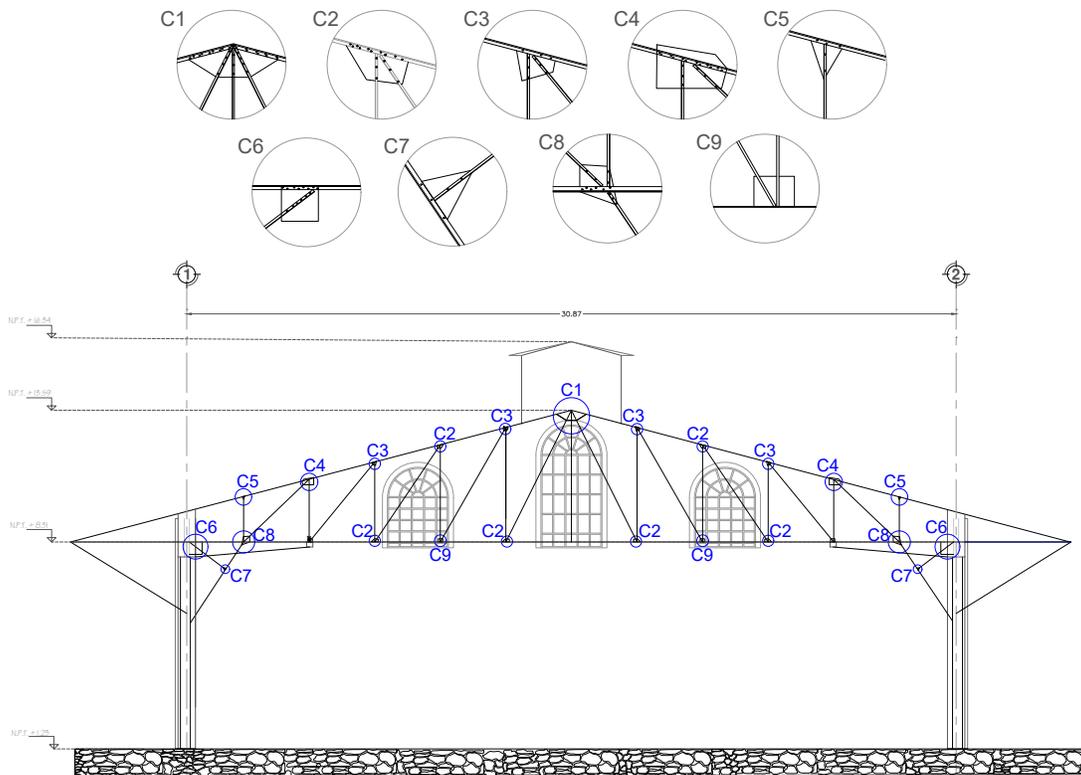


Imagen 20. Levantamiento arquitectónico, identificación de cartelas, Edificio B, El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2019

2.1.4 Tipo de revestimiento

Los revestimientos son películas de protección ya sea polímeros sintéticos (Imágenes 21-23), pigmentos anticorrosivos (anódico) o pigmentos catódicos. De igual manera, cada película de protección referirá a temporalidades, los pigmentos se presentaron en perfiles anteriores al siglo XX, tema que nos ocupa. Mientras, que los polímeros sintéticos son posteriores al siglo XX.

Uno de los pigmentos usados como revestimiento antes de la revolución industrial fue el óxido de plomo (acabado en color anaranjado, imagen 21). Por esta razón, se sugiere realizar calas estratigráficas para reconocer los posibles revestimientos o acabados sobre las superficies metálicas, ya que la probabilidad de encontrar restos de este revestimiento en estructuras decimonónicas es alto.



Imagen 21. Restos de óxido de plomo, en columna del Pabellón mexicano, París 1900
Autor. Ruiz, 2023



Imagen 22. Polímero sintético, Puebla
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 23. Polímero sintético
Autor. Ruiz, 2022

2.1.5 Otras características

Finalmente, otro tipo de información a identificar durante el análisis de la morfología de una estructura metálica es localizar alguna marca de la casa productora (Imágenes 24-27), lo cual establece una temporalidad y procedencia, pero, dado el estado de conservación no siempre se localiza esta información. De ahí la importancia de utilizar un método de análisis para establecer los fechamientos de un objeto de estudio.

Para el caso de El Buen Tono, en los perfiles a los que se tuvo acceso no se reconoció alguna marca, entonces, fue fundamental aplicar la Herramienta 2 aquí descrita, aunado al desarrollo del sistema analítico.



Imagen 24. "Mazieres Pres Bourges", Estado de México
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 25. "Schwartz & Meurer Constructeurs a Paris", Puebla
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 26. "Arthur Koppel S.A. México", City Express, Puebla
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 27. "Monterrey México", columna al interior de un edificio en CDMX.
Autor. Ruiz, 2023

2.3 Temporalidad

Con base en la descripción presentada sobre la morfología y partes constitutivas que conforman una estructura metálica, se reitera la importancia de los recorridos *in situ* y el realizar diagnósticos como una de las actividades principales. Pues al reconocer las características formales y compositivas de una estructura metálica se puede inferir o establecer temporalidades. Así como construir su historia de vida e identificar las cualidades de factura, las marcas por uso-función y las reparaciones.

En este sentido se deben considerar 4 ejes para establecer la periodicidad del componente férrico (Imagen 28): temporalidad por construcción del espacio arquitectónico, temporalidad por fabricación del componente (casa productora), temporalidad por patente (componentes) y temporalidad por la naturaleza del material (hierro colado, hierro forjado y acero).

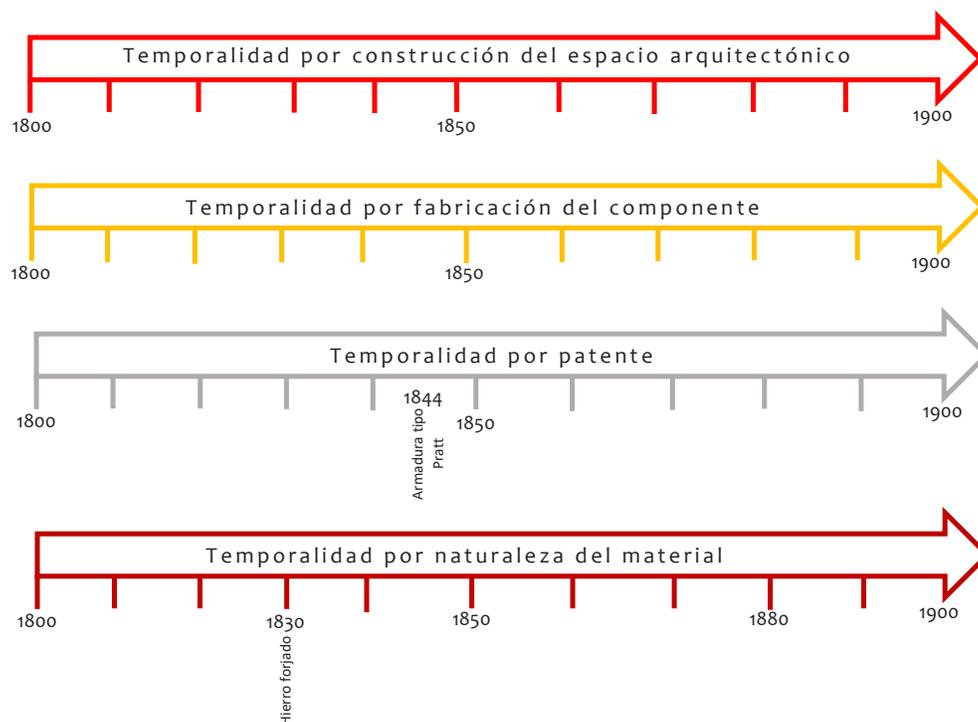


Imagen 28. Análisis para la periodicidad de una estructura metálica
Autor. Ruiz, 2023

La arquitectura que alojó a la fábrica El Buen Tono se rehabilitó en 1929, ya que originalmente se construyó para establecer una destilería que inauguró en 1910, entonces, posiblemente su construcción se situó a finales del siglo XIX principios del XX, al igual que su estructura metálica, siendo esta de procedencia extranjera ya que en México no se produjo acero hasta entrado el siglo XX.

Por el contrario, la patente de su armadura nos sitúa para 1844 y por la naturaleza del material: acero, nos establece para finales del siglo XIX y principios del XX, ubicándonos en el periodo de producción de los primeros aceros estructurales, que además corresponde a la época de uso del horno de solera abierto de P. Martin-W. Siemens, tecnología para el procesamiento de hierro a acero.



"Las transformaciones, alteraciones y
evidencias físicas son parte de la historia
de vida del caso de estudio"

Patricia Ruiz, 2023

Fotografía tomada por Patricia Ruiz, 2022

Herramienta 3

Identificación de patologías estructura metálica



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

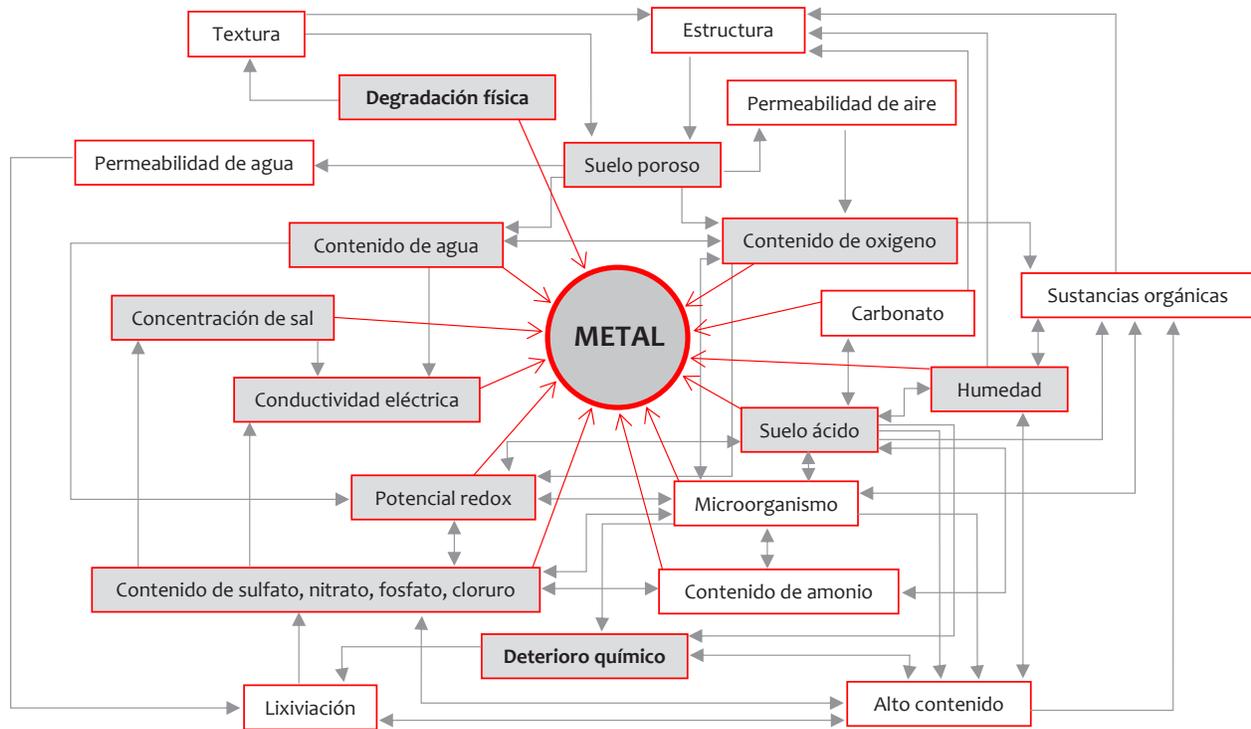
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURA METÁLICA

La Herramienta 3 consiste en identificar patologías que entenderemos como las alteraciones y deterioros. Se tomará como alteraciones todas las marcas, huellas presentes sobre la superficie de la estructura metálica, así como aquellas identificadas en su microestructura (nivel microscópico), estas no ponen en riesgo su pérdida parcial o total, además se considerará información relevante para entender las transformaciones dadas a lo largo del tiempo y a la época de construcción.

Por el contrario, los deterioros serán aquellos daños que sí atentan y ponen en riesgo la permanencia y conservación de los componentes, algunos se pueden identificar organolepticamente otros, a través de la aplicación de análisis instrumentales y/o evaluación estructural. El diagnóstico del estado de conservación de un inmueble se hace a través del pleno conocimiento del espacio, como se ha mostrado a lo largo de este trabajo, leer y entender el discurso del espacio, sus fábricas y componentes, de igual manera sucede con el reconocimiento de sus alteraciones y deterioros.

Particularmente, para el caso de los componentes de naturaleza metálica se debe considerar varios aspectos interconectados en función de la degradación física o química. Como se comentó en la herramienta 1, es prioritario observar durante el primer acercamiento al lugar de estudio, pues a través de la visión se identificará información clave, como pueden ser los factores de alteración-deterioro. Entre los principales actores que promueven las transformaciones físicas-químicas en el metal se encuentra: la humedad, el oxígeno, el tipo de suelo (ácido o alcalino), la presencia de agua (ríos, mantos acuíferos, etc), el contenido de sal en el suelo, los tipos de sales, pues en combinación se forman los ambientes idóneos para la mineralización del metal, es decir la formación de productos de corrosión.



Esqm. 1 Factores de alteración-deterioro
Fuente: Scott, 2009

En el esquema 1 planteado por David Scott¹ se muestran algunos factores que inciden en el estado de conservación del material metálico, que hay que considerar durante la inspección *in situ* y la recolección-sistematización de información.

Como parte de este apartado se describen los tipos de alteraciones y deterioros que puede contener una estructura metálica, esta información se desarrolló con base en fuentes bibliográficas, los datos de la inspección *in situ* del caso de estudio y la práctica profesional, así como de los ensayos aplicados a la estructura de acero de El Buen Tono, se precisará la correlación con los datos expuestos en las herramientas anteriores.

¹ David Scott, Eggert Gerhard, Iron and steel in art, Corrosion, Colorants Conservation (Great Britain: Archetype Publications, 2009) 95p.

3.1 Alteraciones

Las alteraciones se definen como todas las marcas, huellas presentes sobre la superficie de la estructura metálica, así como aquellas identificadas en su microestructura (nivel microscópico), estas no ponen en riesgo su pérdida parcial o total, además se considerará información relevante para entender las transformaciones dadas a lo largo del tiempo y a la época de construcción. Para el caso de las estructuras férricas se clasifican tres tipos de alteraciones: físicas, químicas y mecánicas que a continuación se describen.

3.1.1 Alteraciones físicas

El origen de las alteraciones físicas serán por factores antropogénicos, uso del espacio y procesamiento de los perfiles metálicos. Se localizarán sobre la superficie, por un lado se pueden identificar de manera visual, siendo el primer acercamiento para determinar si será necesario aplicar análisis instrumentales que permitan conocer su microestructura y tener precisión de la alteración física identificada, entre ellas se encuentra: manchas y/o suciedad general, manchas por uso-función del espacio, manchas por agentes externos, revestimientos, faltantes y deformación .

Manchas-suciedad general: en espacios utilizados para la producción este tipo de alteración se define como partículas depositadas sobre la superficie, ajenas a la naturaleza del material y se clasifican en dos tipos: manchas por el uso-función del espacio productivo y manchas por agentes externos. Para su identificación es necesario conocer la historia de vida del caso del estudio.

Manchas por el uso-función del espacio: están relacionadas con la deposición de partículas, efecto de la etapa de producción alojada en el espacio arquitectónico. Un ejemplo con este tipo de manchas es el área de fundición del Museo Numismático Nacional (MNN), antigua Casa de Moneda de México (Imágenes 1-3). En dicha área se localizan componentes metálicos arquitectónicos y maquinaria de la etapa productiva en donde se llevó acabo la fundición de metales. Por tanto, se generaban gases diversos con partículas que se depositaron sobre los muros, muebles, maquinaria y todas las superficies presentes en el espacio. Actualmente, el lugar es de color negro dada la cantidad de hollín depositado, siendo una las características del espacio de producción.



Imagen 1. Sala de fundición (MNN)
Autor. Ruiz, 2012



Imagen 2. Sala de fundición (MNN)
Autor. Ruiz, 2012



Imagen 3. Sala de fundición (MNN)
Autor. Ruiz, 2012

Manchas por agentes externos: son aquellas partículas depositadas por agentes que no están relacionados con el proceso de producción, como puede ser concreciones de tierra, deyecciones de ave, manchas de pintura, aceite envejecido (Imágenes 4-6). La estructura de El Buen Tono posee diversas cantidades de partículas, concreciones de tierra causadas por el abandono y no como testigo del espacio de producción, también, presenta deyecciones de ave que a su vez puede generar la formación de productos de corrosión dada la acidez que contiene.



Imagen 4. Concreciones de suciedad en columna,
El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 5. Deyecciones de ave sobre columnas,
El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 6. Acumulación de grasa y tierra,
El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022

Revestimientos: son los acabados de superficie cuya finalidad es proteger el componente metálico de los cambios de intemperismo y evitar la formación de productos de corrosión (Imágenes 7-13), se pueden identificar de dos tipos: polímeros sintéticos o pigmentos anticorrosivos. Se presentan en los componentes por dos factores: como parte de su procesamiento y/o como parte de su historia de vida (mantenimiento).



Imagen 7. Acabado de columnas en sala de amonedación (MNN)
Autor. Ruiz, 2023



Imagen 8. Acabado en armadura de El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 9. Acabado de columnas en El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 10. Acabado de columnas (MNN),
Autor. Ruiz, 2023



Imagen 11. Acabado con óxido de plomo, Atencingo Puebla
Autor. Ruiz, 2021



Imagen 12. Acabado en perfiles del Museo del Chopo
Autor. Ruiz, 2021

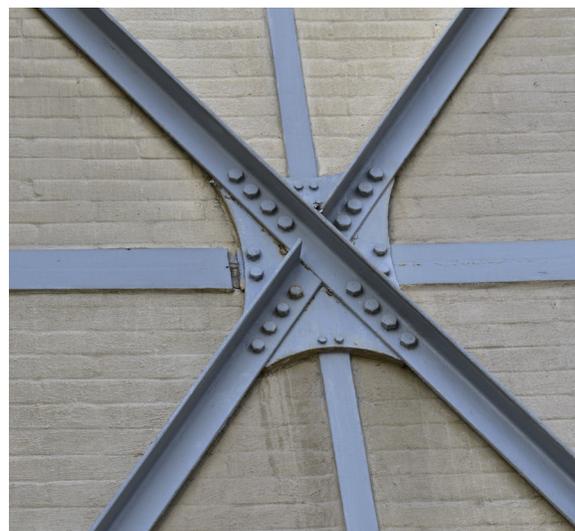


Imagen 13. Acabado en perfiles del Museo del Chopo
Autor. Ruiz, 2021

Faltantes: es la ausencia de alguno de los componentes o revestimientos, que forman parte de su morfología (Herramienta 2). Este tipo de alteración no comprometen la estabilidad y permanencia, se pueden identificar dos tipos: faltantes de componentes (conexiones, vigas, columnas, armadura, etc. Imágenes 14-16), faltantes de revestimientos, este último puede generar corrosión por aireación diferencial, convirtiéndose en un deterioro (Imagen 15).



Imagen 14. Faltante de placa, Atencingo Puebla
Autor. Ruiz, 2021



Imagen 15. Faltante de revestimiento, El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 16. Faltante de conexiones, Azcapotzalco CDMX
Autor. Ruiz, 2021

Deformación: son alteraciones (Imágenes 17-19) de su forma original causadas por una fuerza externa o un incremento de las cargas (estructurales), todo dependerá del sentido de la deformación y su ubicación.



Imagen 17. Deformación de columna, El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 18. Deformación de viga
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 19. Deformación de viga
Autor. Ruiz, 2022

3.1.2 Alteraciones químicas

La causa de las alteraciones químicas será principalmente por el intemperismo, el pH del ambiente o suelo (medios alcalinos y ácidos), el uso del espacio y la incidencia de la humedad, lo cual generará productos de corrosión a nivel superficial ((Imágenes 20-21). Se puede identificar a simple vista a través de la revisión de su morfología y componentes. Cabe puntualizar que en la sección de deterioros químicos se ahondará más en el tema, ya que de acuerdo a otros factores como mecanismo, morfología, ubicación y tipo de corrosión esta puede considerarse un deterioro.

Corrosión uniforme: la formación de los productos de corrosión son el resultado de la mineralización del metal, es un proceso natural en donde el material busca su nivel más bajo de energía, dada la cantidad de etapas de producción y energía aplicada durante su procesamiento para la fabricación (esfuerzos, energía) del componente metálico. El principal factor que acelera la corrosión es la humedad y los contaminantes que existan en el medio ambiente, generando un medio electrolito en donde el hierro cede electrones y en consecuencia se mineraliza.



Imagen 20. Corrosión uniforme, columna al interior de un edificio en CDMX
Autor. Ruiz, 2023



Imagen 21. Corrosión uniforme, componentes de un puente en Atencingo, Puebla
Autor. Ruiz, 2021

3.1.3 Alteraciones mecánicas

Este tipo de alteraciones equivale al envejecimiento natural del material, repercute en sus propiedades mecánicas y puede estar vinculado al deterioro mecánico, antrópico, así como a las alteraciones físicas y químicas. La forma de diferenciar si se trata de una alteración o un deterioro será a través de los análisis instrumentales, en conjunto con el análisis-cálculo de las cargas que soporta en su uso actual.

Por otro lado, esto resulta una particularidad del material ya que su naturaleza es envejecer en determinada forma de acuerdo a la tecnología y procesamiento de la época, cabe señalar que su permanecía esta calculada para durar aproximadamente 50 años. En este sentido, se vuelve necesario realizar evaluaciones de los componentes aquí estudiados, ya que se deben verificar sus propiedades mecánicas en relación a su uso actual.

En el caso de El Buen Tono, una de las muestras presenta alteración en la morfología de su microestructura debido a la radiación generada por el incendio del 2020, como se observa en las imágenes 22-23, resultado de ello hay una alteración en sus propiedades mecánicas, su esfuerzo de cedencia disminuyó por la precipitación de carburos dada por el aumento de temperatura, lo mismo sucedió en su resistencia a la deformación (consultar Herramienta 4).

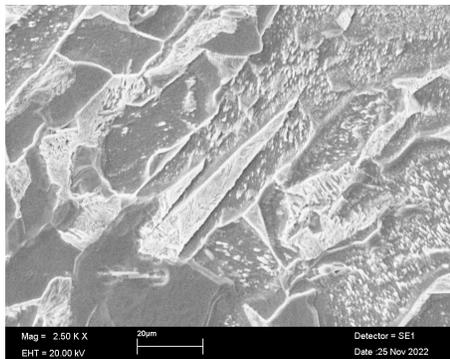


Imagen 22. Muestra 1 con alteración por incendio del 2020, El Buen Tono
Autor. Ramírez, 2022

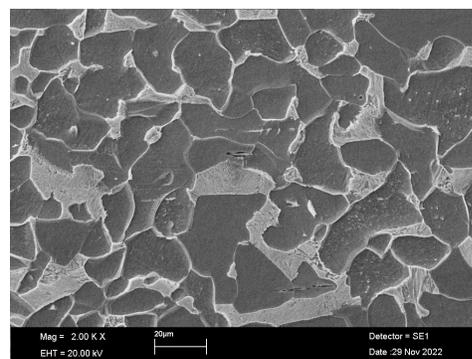


Imagen 23. Muestra 3 sin alteración, El Buen Tono
Autor. Ramírez, 2022

3.2 Deterioros

Como se explicó anteriormente, los deterioros serán aquellos daños que sí atentan y ponen en riesgo la permanencia y conservación de los componentes, algunos se pueden identificar organolepticamente otros, a través de la aplicación de análisis instrumentales y/o evaluación estructural. Se clasifican en tres tipos: los deterioros físico-mecánico pues al faltar algún componente de la estructura repercute en el comportamiento mecánico, ya que las cargas no se distribuyen correctamente. Por otro lado, se encuentran los deterioros químicos que son los productos de corrosión y finalmente los deterioros antrópicos resultado de la actividad humana.

3.2.1 Deterioros físico-mecánico

Este tipo de deterioro repercute en sus propiedades mecánicas, está vinculado con las alteraciones físicas-químicas, sí comprometen la estabilidad y permanencia. El dictamen debe ser realizado por un especialista en estructuras.

Pérdida de resistencia: de manera visual se puede identificar el desplome, separación del componente, indicativo de que ya no realiza su función. También se puede determinar con la obtención del límite de fluencia (Imagen 24) y la evaluación estructural realizada por especialistas en el tema quienes pueden emitir un dictamen (Herramienta 4).

Faltantes: es la ausencia de componentes o revestimientos, son parte de la morfología (conexiones, vigas, columnas, armadura, etc. Herramienta 2) y procesamiento de la estructura metálica. Este tipo de deterioro sí comprometen la estabilidad y permanencia de la estructura metálica. Se

pueden identificar en dos tipos: faltantes de componentes y faltantes de revestimientos.

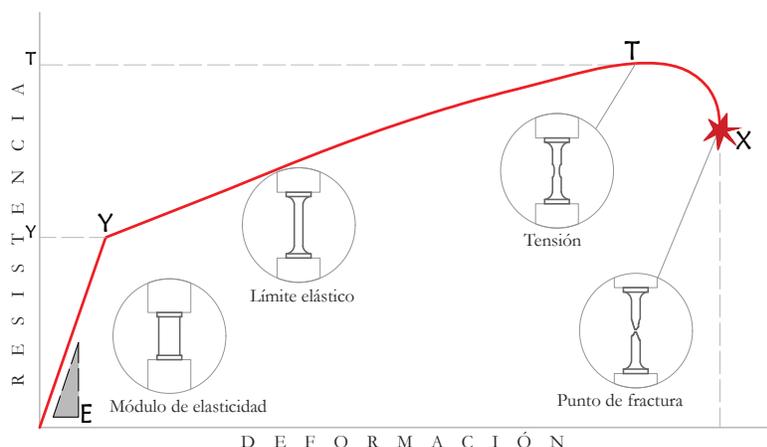


Imagen 24. Curva de resistencia a deformación
Autor. Costa, 2019

3.2.2 Deterioros químicos

Los deterioros químicos son los productos de corrosión, como se mencionó en párrafos anteriores es una manifestación natural del metal para llegar a su estado mineral. Existen diversos productos de corrosión: óxidos, hidróxidos, cloruros, silicatos, carbonatos, fosfatos, sulfuros. Cada formación dependerá del medio ambiente en que se localice el metal, su composición química, revestimientos, tipo de alteraciones.

A continuación, se muestra la tabla 1 con los principales productos de corrosión en hierro, los cuales se retoman de dos publicaciones². Resulta relevante mostrar al lector la diversidad de productos de corrosión que se pueden encontrar para no generalizar este tipo deterioro solo como "oxidación", pues identificar la naturaleza del material y sus tipos de corrosión son una prioridad dentro del proceso de evaluación y dictamen del estado de conservación.

² David Scott, Eggert Gerhard, *Iron and steel in art, Corrosion, Colorants Conservation* (Great Britain: Archetype Publications, 2009).

Joaquín Barrio, *Conservación y restauración de materiales metálicos* (Madrid: Síntesis, 2021).

Principales productos de corrosión de hierro					
Mineral	Fórmula	Nombre	Color y aspecto	Dureza-Mohs	
Óxidos	Wustita	FeO	Óxido de hierro (II)	Negro pulverulento	5
	Magnetita	Fe ₃ O ₄	Óxido de hierro (II, III)	Negro pátina estable del hierro	5.5
	Hematita/Maghemita	Fe ₂ O ₃	Óxido de hierro (III) o trióxido de <i>dihierro</i>	Rojo, café rojizo	6.5
	Goetita	α-Fe ₃ O(OH)	Oxihidróxido de hierro (III)	Pardo, pardo rojizo, pardo amarillento, amarillo ocre	5.5
Hidróxidos	Akaganeita	β-Fe ₃ O(OH, Cl)	Oxihidróxido de Fe (III)	Café amarillento, café herrumbre	n/a
	Lepidocrocita	γ-Fe ₃ O(OH)	Oxihidróxido de hierro (III)	Naranja rojo, pardo, amarillento o pardo negruzco	5
Cloruros	----	FeCl ₂	Cloruro de hierro (II)	Blanco verdoso	2-3
	----	FeCl ₃	Cloruro de hierro (III)	Verde oscuro o rojo púrpura cuando transmiten la luz sus cristales laminares	
Silicatos	Fayalita	(Fe ²⁺) ₂ SiO ₄	Silicato de hierro	Café, negro	6.5
Carbonatos	Siderita	FeCO ₃	Carbonato de hierro (III)	Pardo amarillento	4
	Vivianita	(Fe ²⁺) ₃ (PO ₄) ₂ · 8H ₂ O	Fosfato de hierro (III) hidratado	Verde azulado, negro	1.5-2
Fosfatos	Strengita (grupo mineral de la variscita)	FePO ₄ · 2H ₂ O	Fosfato de hierro (III) hidratado	Púrpura, violeta, rosa, rojo-melocotón, carmín, blanco verdoso, incoloro	3.5
Sulfuros	Pirita	FeS ₂	Sulfuro de hierro	Amarillo latón pálido dorado	6-6.5

Tabla 1. Productos de corrosión de hierro
Autor. Ruiz, 2022

Corrosión galvánica: se genera por la combinación de dos o más metales.

Corrosión por aireación diferencial: se presenta en zonas donde hay pérdida de revestimiento.

Corrosión por tensión / estrés: se presenta en zonas que sufrieron un esfuerzo mecánico o alteración física, por ejemplo, zonas con deformación por golpes, aplicación de soldadura, etc.

Corrosión filiforme (exfoliación): productos de corrosión que se forman debajo de los revestimientos.

Corrosión intergranular: corrosión en los bordes de los granos metálicos, se identifica únicamente a nivel microscópico.

Corrosión por biodegradación: ocasionada por una amplia variedad de microorganismos, solo aplica en aceros sumergidos.

Entonces, es fundamental realizar una evaluación para lograr identificar los tipos de corrosión presentes en los componentes de una estructura metálica a fin de generar un dictamen sobre su estado de conservación y en consecuencia establecer una plan de acción de conservación-restauración adecuado a las necesidades de este.

3.2.3 Deterioros antrópicos

Este tipo de deterioro es resultado de la actividad humana y se clasifican en tres tipos: vandalismo, abandono y falta de mantenimiento.

Falta de mantenimiento/abandono: este deterioro se evidencia cuando el terreno, espacio arquitecto o conjunto arquitectónico

carece de limpieza de maleza y control de accesos, pues al notarse estas características se convierte en un espacio idóneo para realizar allanamiento y prácticas delictivas, que dañan en mayor grado el inmueble. Además, de los factores de intemperismo aunado a la actividad humana, aumentan el grado de deterioro. (Imágenes 25-31)



Imagen 25. El Buen Tono edificio-B, se observa zona limpia, libre de maleza
Autor. Ibáñez, 2005



Imagen 26. El Buen Tono edificio-B se observa zona sin mantenimiento, con maleza
Autor. Ruiz, 2019



Imagen 27. El Buen Tono edificio-B, zona con mantenimiento, limpieza de maleza
Autor. Ibáñez, 2005



Imagen 28. El Buen Tono edificio-B nave con falta de mantenimiento
Autor. Ibáñez, 2005



Imagen 29. El Buen Tono edificio-C, sin limpieza de maleza y diversos deterioros en arquitectura
Autor. Ruiz, 2019



Imagen 30. El Buen Tono edificio-B, falta de mantenimiento, presencia de maleza y pérdida de componentes
Autor. Ruiz, 2019



Imagen 31. El Buen Tono edificio-B, deterioros diversos en cubierta
Autor. Ruiz, 2022

Vandalismo: este deterioro se genera por el anterior y afecta no solo la morfología de la estructura metálica, daña principalmente el espacio arquitectónico en mayor o menor medida. El robo de componentes tales como: puertas, material pétreo, mutilación de componentes, acumulación de basura, incendios, etc. (Imágenes 32-35). Pues al ser un inmueble abandonado, se genera un espacio para prácticas delictivas y allanamiento.



Imagen 32. El Buen Tono edificio-B, grafitis
 Autor. Ruiz, 2022



Imagen 33. El Buen Tono edificio-B, pérdida de cubierta a causa del incendio del 2020
 Autor. Ruiz, 2020



Imagen 34. El Buen Tono edificio-B, presencia de hollín generado por incendio del 2020
 Autor. Ruiz, 2020

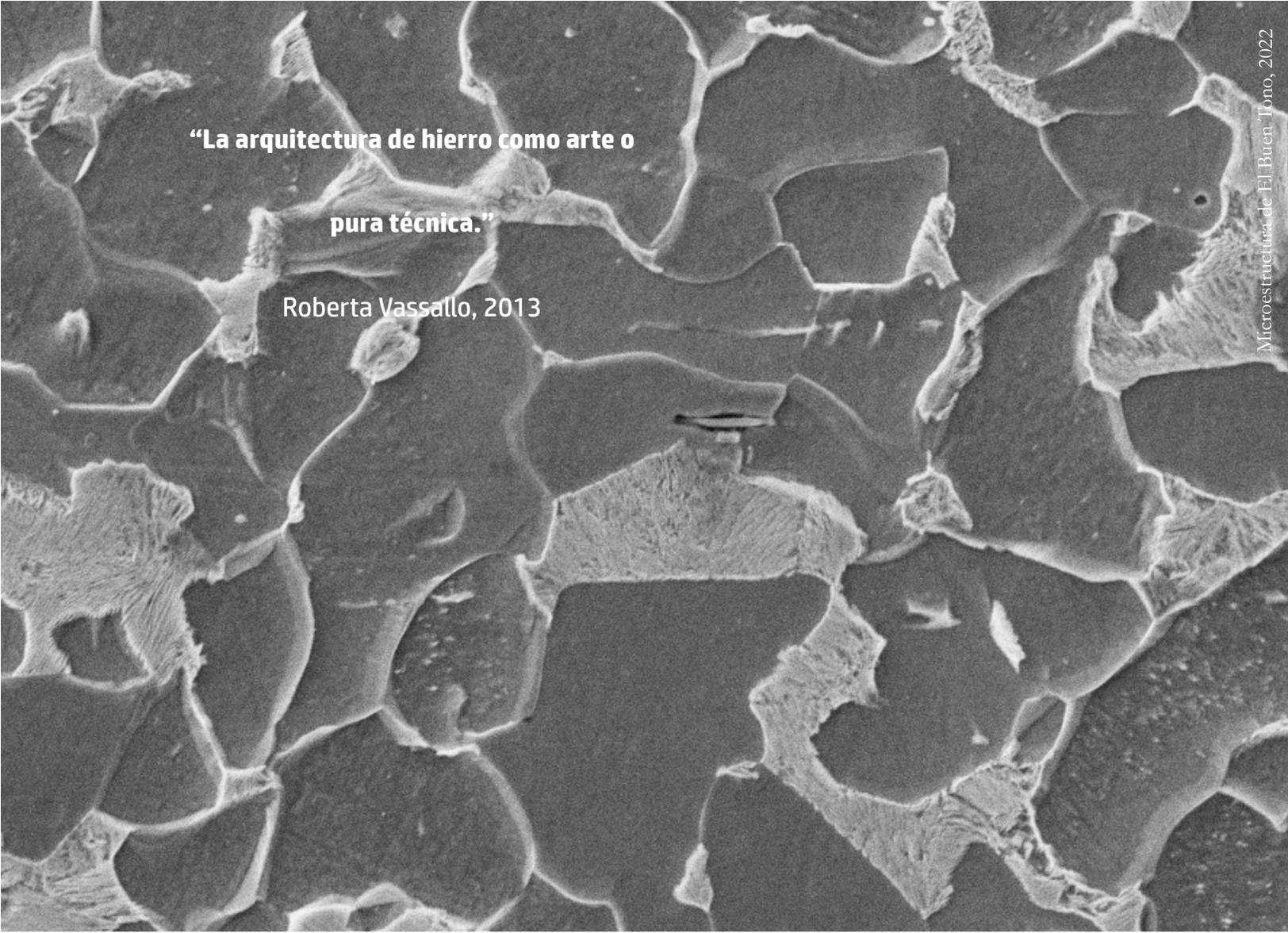


Imagen 35. Fotografía del incendio del 2021 en El Buen Tono
Fuente. El Sol del Bajío, Celaya

En resumen los deterioro antrópicos fueron la principal causa de deterioro del espacio arquitectónico de El Buen Tono, ya que se dio el robo de puertas, ventanas, roturas de componentes, robo de material pétreo, falta de mantenimiento, acumulación de basura y cascajo, crecimiento de maleza, robo de malla ciclónica, presencia de grafitis, así como la provocación de dos incendios uno en 2020 y otro en 2021 (Imagen 33)³.

A manera de cierre es fundamental realizar el diagnóstico del estado de conservación a partir del conocimiento de la morfología para identificar las alteraciones, los deterioros, así como diferenciar su impacto o daño sobre la materialidad y comprender los mecanismos.

³ Imagen tomada de El Sol del Bajío <https://www.elsoldelbajio.com.mx/local/incendio-fue-provocado-y-no-afecta-obra-del-hub-7552414.html> acceso el 20 de diciembre 2021.

A scanning electron micrograph (SEM) showing the microstructure of iron. The image displays a complex, interconnected network of dark, irregular shapes against a lighter background, representing the grain structure of the metal. The grains vary in size and shape, with some showing clear boundaries and others appearing more fused. The overall appearance is highly textured and porous.

“La arquitectura de hierro como arte o
pura técnica.”

Roberta Vassallo, 2013

Microestructura de El Buen Tono, 2022

Herramienta 4

Aplicación de análisis instrumentales



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

APLICACIÓN DE ANÁLISIS INSTRUMENTALES

Para llegar a esta Herramienta significa que se ejecutaron las anteriores, ya que en este punto se aplican los análisis instrumentales solo con el previo conocimiento del lugar de estudio. Ya que tiene la finalidad de resolver dudas concretas que surgieron durante la aplicación del sistema analítico, además, de aportar conocimiento para complementar la historia de vida, los rasgos tecnológicos, corroborar patologías y por supuesto, tener mayor entendimiento de la naturaleza (comportamiento, envejecimiento) del material (estructura metálica) y determinar los procesos de restauración que aseguren su conservación a largo tiempo. Subrayo, la necesidad de gestionar los protocolos de autorización para realizar la aplicación de análisis instrumentales o en su defecto la toma de muestras, según se requiera.

Dado que esta investigación se enfoca en las estructuras de acero, en este capítulo se exponen los ensayos: análisis químico mediante espectrómetro de emisión óptica ensayo de dureza, difracción de rayos X y microscopio electrónico de barrido. Cada uno se aplicó en las muestras del caso de estudio: fábrica El Buen Tono, específicamente en la estructura del edificio B-central, con esto se quiere mostrar la diversidad de análisis a utilizar y lo que cada uno aporta, pero, no significa que se deben aplicar todos, si no, justamente determinar cuáles se requieren para confirmar las hipótesis, dudas o algún dato en específico que se necesite para la propuesta de conservación y/o restauración. Ya que cada análisis tiene un fin en específico, se puntualizará y explicará con los resultados obtenidos del metal analizado de la fábrica El Buen Tono. Deseo subrayar lo importante de realizar los procedimientos de manera paralela con ingenieros químicos metalúrgicos, tanto para la ejecución de análisis como para la interpretación.

4.1 Gestión - autorizaciones

El estudio de los bienes culturales, patrimonio cultural o monumento histórico, en la mayoría de las ocasiones están bajo el resguardo de alguna instancia gubernamental o un particular, en el mejor de los casos puede estar registrado en el *Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles*, del INAH. Esto implica, respetar protocolos para acceder o solicitar información, otras de las instancias que atiende la conservación de patrimonio es el Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura (INBAL). Es importante resaltar la necesidad de gestionar las autorizaciones de acceso e informar a la instancia a cargo sobre el desarrollo de la investigación, pues una de las responsabilidades como arquitectos restauradores, es la conservación, difusión y divulgación del patrimonio cultural.

El caso de estudio: la fábrica El Buen Tono, está catalogada por el INAH, lo cual marcó la vía de acción para la gestión de autorizaciones. Debido a que esta investigación busca resaltar la importancia de conservar y/o restaurar un componente metálico del espacio arquitectónico, de interpretar el contenido de información, de resaltar su relevancia como documento histórico, así como realizar análisis instrumentales que complementen el conocimiento, pues con base en ellos se obtiene un mayor entendimiento e interpretación de la materialidad y del espacio construido. Por tanto, debe reportarse ante las autoridades inmediatas ya que sin su previa autorización se incurre en un delito, así mismo, se tiene la obligación de compartir los resultados de la investigación en beneficio de la conservación, estudio, salvaguarda del patrimonio cultural.

4.2 Ensayos de caracterización

Llevar a cabo análisis instrumentales es otra de las tareas que implica organización, pleno conocimiento del objeto de estudio, estructura metálica, así como la planeación para su aplicación, ya que es necesario argumentar la necesidad y las razones por la cuáles se realizan dichos análisis. También, su ejecución debe generarse en conjunto con diversas áreas-disciplinas, arquitectos restauradores, restauradores de bienes muebles, ingenieros químicos, ingenieros químicos metalúrgicos, historiadores, a fin de obtener la mayor cantidad de información que responda las dudas establecidas al inicio de la investigación, los resultados ayudarán a determinar el plan de acción para su conservación y/o restauración.

En este sentido, existen dos tipos de ensayos: destructivos y no destructivos. La diferencia entre ellos es que los primeros requieren la toma de material del objeto de estudio (muestra), mientras que los otros no requieren muestra, pero sí de un equipo portátil para realizar los ensayos *in situ*, aunque no todos se podrán ejecutar. La aplicación de los análisis con muestra se realizan en laboratorio y permiten estudiar su microestructura, sus propiedades mecánicas y su composición química, algo a destacar es que aportan mayor precisión en los resultados así como imágenes con varios aumentos para la lectura metalográfica, obtener el límite elástico, plástico y de ruptura, información imprescindible para la evaluación estructural.

Por el contrario, los ensayos no destructivos tienen limitantes en la obtención de resultados, ya que no permiten realizar una evaluación minuciosa de sus propiedades mecánicas, por ejemplo no se pueden llevar a cabo los ensayos de dureza y compresión, siendo estos los que aportan información clave para la evaluación estructural (consultar los resultados obtenidos en las muestras analizadas de El Buen Tono).

Los ensayos, también se diferencian en dos tipos: cualitativo y cuantitativos (Tabla 1), los primeros dan lectura de microestructura, granos, estratigrafías, es decir cualidades físicas a nivel microscópico. Mientras que los cuantitativos dan porcentajes y cantidades de elementos químicos o composiciones químicas, los resultados de ambos se complementan para su interpretación y la obtención de una evaluación del material de estudio.

Para concluir, la aplicación de ensayos para datar las estructuras metálicas decimonónicas son de suma importancia ya que marcan la diferencia entre las estructuras férricas, además, para el periodo que se estudia el reconocer los porcentajes de carbono y su composición química permite identificar posibles procedencias, modos de producción, temporalidad, modificaciones, así como las alteraciones y envejecimiento del material, durante la transición de finales del siglo XIX a principios del siglo XX, momento clave para el estudio del material base hierro.

Ensayo	Objetivo	Tipo de análisis
Análisis químico mediante espectrómetro de emisión óptica	Identificar la composición de la aleación, elementos químicos y sus porcentajes	Cuantitativo
Ensayo de compresión	Determina el porcentaje de resistencia a fuerzas que compactan o aplastan el material	Cuantitativo
Ensayo de dureza	Permite conocer límite elástico, plasticidad y resistencia a la deformación	Cuantitativo
Difracción de rayos X	Analizar la disposición atómica del material, permite conocer la composición elemental, proporciona información de los materiales	Cuantitativo
Microscopio Electrónico de Barrido	Microfotografías que permiten ver la microestructura, tamaño de grano, límite de grano	Cualitativo

Tabla 1. Se muestran algunos de los ensayos que se pueden aplicar a las estructuras metálicas
Autor. Ruiz, 2023

4.2.1 Toma de muestras

Este tipo de ensayos implica la toma de muestras del objeto de estudio, para cortar vigas de acero hay que seguir una secuencia de pasos, no es sencillo llevarlo a cabo ya que requiere cuidado. Previo a la toma de muestras y con base en los resultados de las herramientas anteriores, se sigue el siguiente procedimiento:

- 1. Selección de perfiles:** se tomara muestra en aquellos perfiles que no pongan en riesgo la estabilidad estructural.
- 2. Registro en planta:** se registrará la ubicación de la toma de muestras en una planta arquitectónica y se complementará con fotografías.
- 3. Delimitación del perímetro a cortar:** se marcará en centímetros el área a cortar, para ello se colocará una cinta masking - tape con el tamaño del área.
- 4. Registro fotográfico:** se tomaran fotografías en dos encuadres, el primero debe contener el componente en vista frontal o lateral de tal manera que se aprecie su forma, el segundo encuadre será un detalle de la zona a cortar.
- 5. Inicio del corte:** se sugiere tener diversas herramientas para alternar su uso, arco con segueta, Dremel con diferentes discos de corte, roto-martillo, arco de joyero.
- 6. Evitar calentar la muestra:** es indispensable cuidar el no calentar la muestra durante la fricción por el corte, ya que esto puede alterar los resultados de los ensayos aplicados. Para ello, se deben considerar dos acciones, la primera realizar el corte en intervalos de tiempo y a una velocidad lenta, la segunda es aplicar constantemente agua.
- 7. Etiquetar las muestras:** y llevarlas al laboratorio para su análisis.

4.2.2 Ensayos de caracterización: estructura metálica de la fábrica El Buen Tono.

La ciencia aplicada a la restauración resulta una línea imprescindible durante el estudio y análisis de objetos históricos, además de contar con especialistas en el estudio de materiales para llevar a cabo una correcta aplicación de los ensayos y la interpretación de los resultados, como fue el caso de las muestras tomadas de la fábrica El Buen Tono.¹

Particularmente, para el caso de estudio se determinó llevar a cabo ensayos destructivos para obtener las propiedades del material base hierro ubicado en el periodo decimonónico. Con base en el marco teórico, se sabe que existen pocas investigaciones especializadas en el estudio de materiales históricos, particularmente de estructuras metálicas del siglo XIX: hierro, hierro colado, hierro forjado y acero.

Por ello, el realizar la aplicación de ensayos permitió reconocer, evaluar y determinar con base en un sustento científico las propiedades mecánicas y características físicas que presentan algunos de los componentes del caso de estudio ya mencionado.

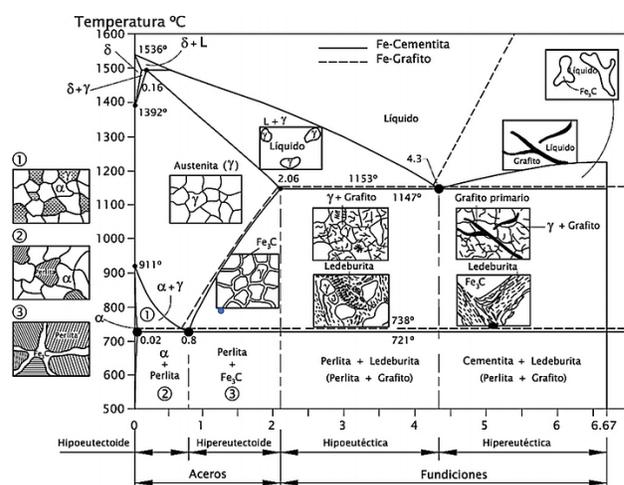


Imagen 1. Diagrama de fases acero
Fuente. w³areametalurgia.com

Los resultados señalan que los componentes están hechos con acero de tipo: hipereutectoide (Imagen 1), acero estructural A1010 y A1025. A continuación se presentan los resultados de los análisis realizados en 3 muestras tomadas en la estructura metálica de El Buen Tono: análisis químicos, ensayo de dureza, metalografía, difracción de rayos X.

¹ El desarrollo de este capítulo se realizó con la asesoría del Dr. Julio Alberto Juárez Islas, la Dra. Ana Laura Ramírez Ledesma y Helios López Miranda.

4.2.2.1 Muestra 1

Muestra M1. Columna del edificio-B

Descripción: columna conformada con perfiles en "C", sometida a esfuerzo de compresión, con revestimiento en color gris, tiene agregados de metal unidos con soldadura en dirección transversal, a su vez presenta un colado de concreto y un muro de tabique rojo recocido que corresponden a un agregado posterior a su construcción. A continuación se muestra la localización del componente en donde se tomó la muestra, se presenta el registro fotográfico y localización en planta arquitectónica (Imágenes 2-5).



Imagen 2. Interior edificio-B, El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2019



Imagen 4. Registro general de la muestra (M1)
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 3. Localización de la toma de muestra 1 (M1)
Autor. Ruiz, 2022

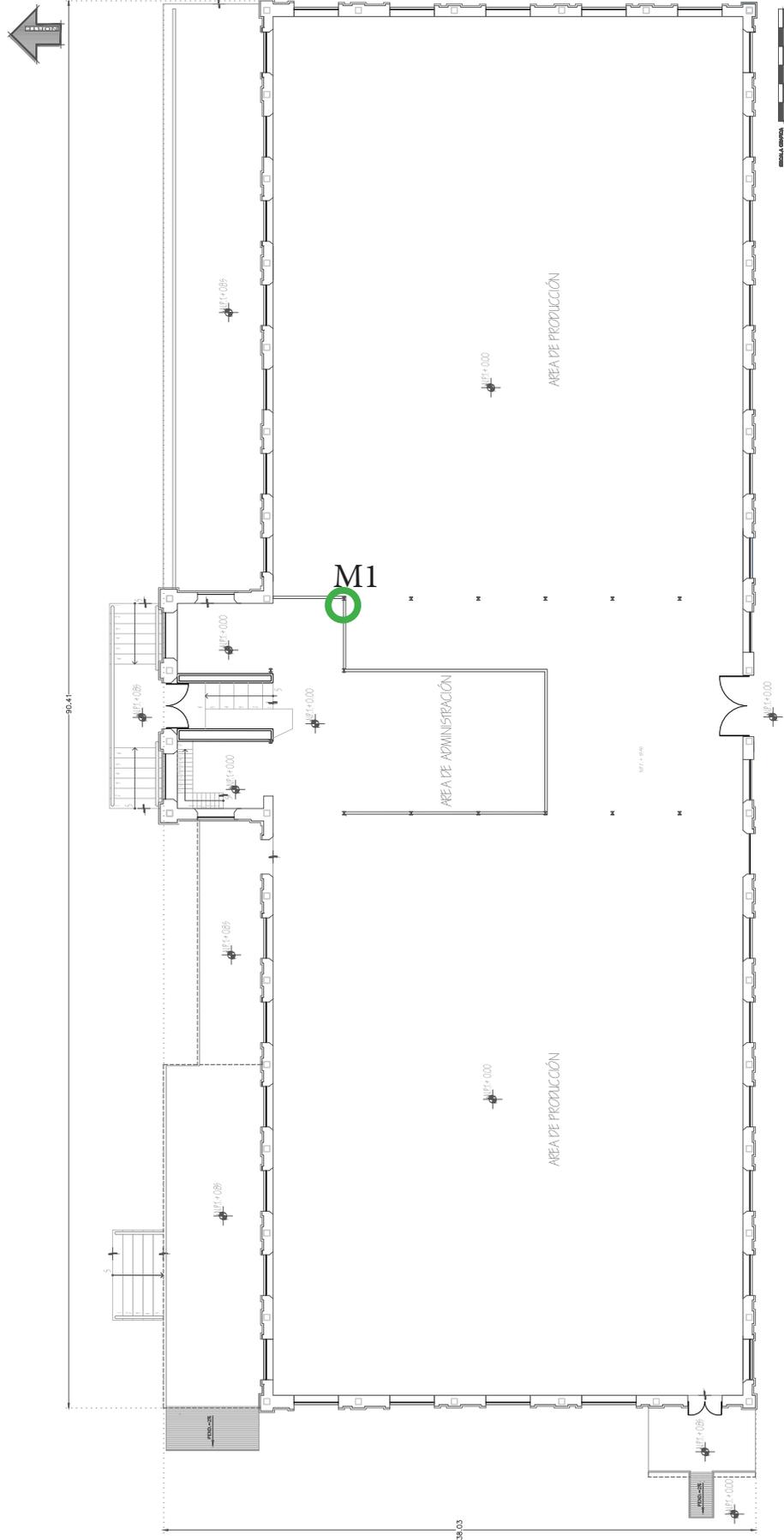


Imagen 5. Planta arquitectónica edificio-B central, ubicación de la toma de muestra 1 (M1)
Autor. Ruiz, 2020

Resultado de ensayos:

Composición química: se tomaron tres lecturas que permitieron obtener un promedio de 0.13 de contenido de carbono (C) y 0.45 de contenido de manganeso (Mn), además de las trazas de otros elementos como se observa en la tabla 2. Con base en estos resultados el material corresponde a un grado de acero 1010 de acuerdo al AISI/SAE¹.

No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	Pb	Fe
Porcentaje %																
1	0.1541	0.0510	0.4446	0.0054	0.0273	0.0065	0.0315	0.0164	0.0087	0.0119	0.0564	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0052	99.2
2	0.1403	0.0401	0.4485	0.0058	0.0258	0.0067	0.0314	0.0164	0.0082	0.0115	0.0576	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0053	99.2
3	0.1233	0.0244	0.4579	0.0059	0.0257	0.0068	0.0314	0.0159	0.0081	0.0109	0.0574	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0054	99.2
	0.1392	0.0385	0.4503	0.0057	0.0263	0.0066	0.0315	0.0162	0.0083	0.0114	0.0571	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0053	99.2

Tabla 2. Composición química-M1

A continuación se muestran las microfotografías por orden de aumento de menor a mayor (imágenes 6-7) en donde se puede apreciar el contenido de perlita y granos de ferrita, ambos alterados por un efecto de radiación.

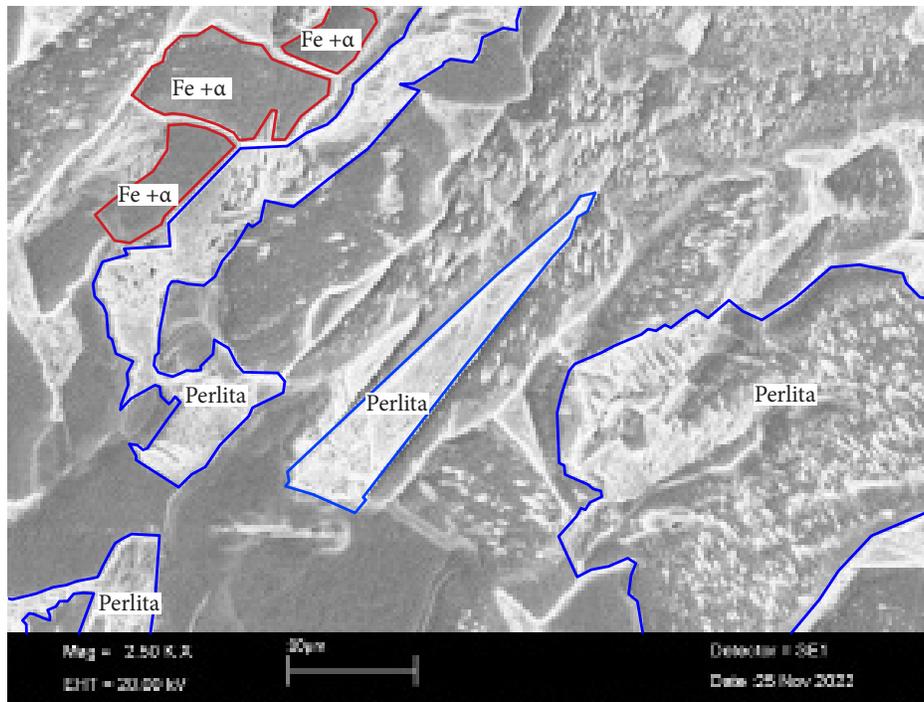


Imagen 6. Microestructura M1
Autor. Ramírez, 2022

¹ American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del hierro y el acero / Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

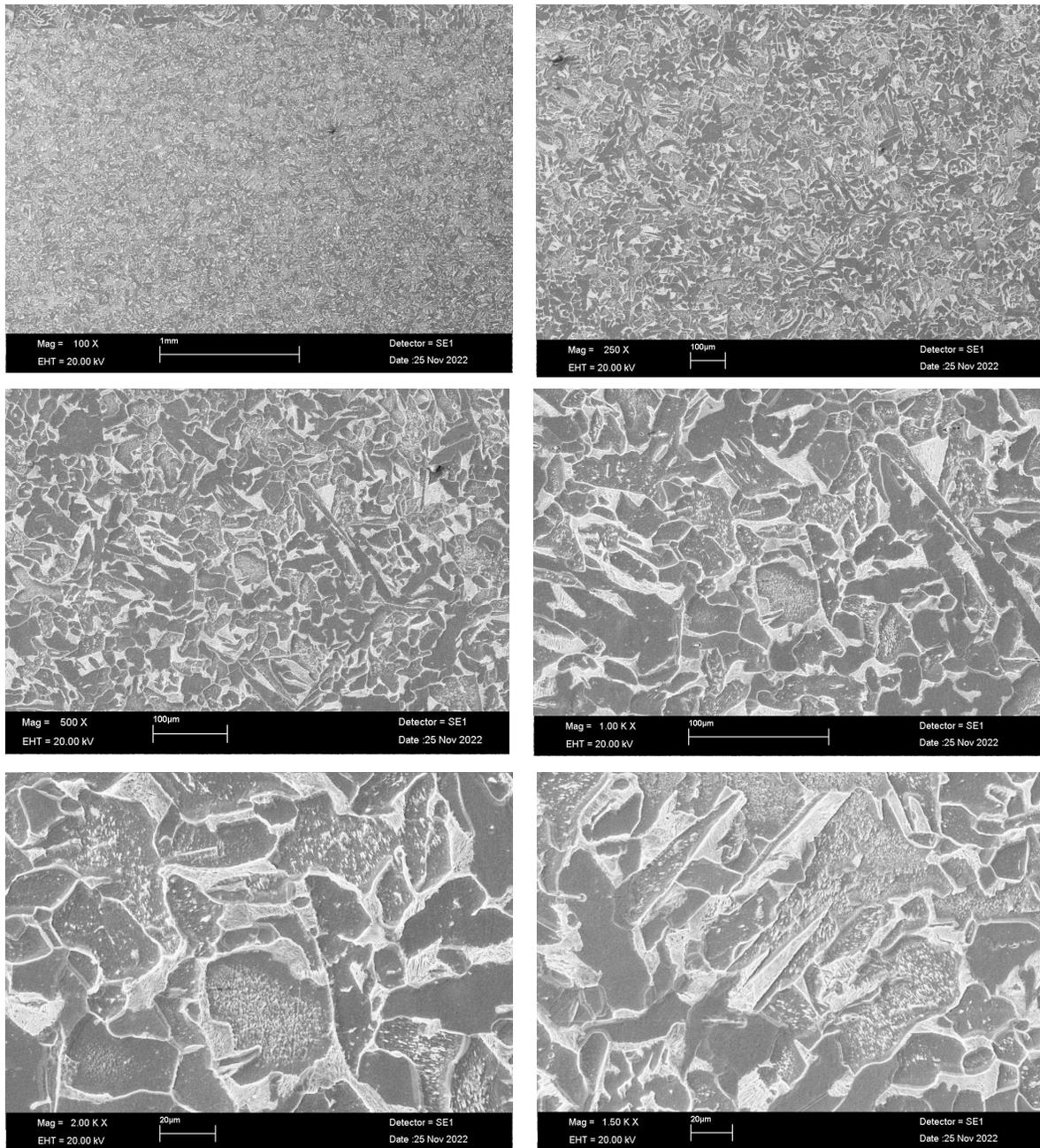


Imagen 7. Microestructura M1

Autor. Ramírez, 2022

Microestructura: los granos de perlita y ferrita están deformes como resultado de la radiación generada por el incendio de 2020, lo que implicó una alteración en sus propiedades mecánicas, su esfuerzo de cedencia disminuyó por la precipitación de carburos dada por el aumento de temperatura, lo mismo sucedió en su resistencia a la tensión y dureza.

Los resultados de la propiedades mecánicas son las siguientes:

Dureza (Hardness Rockwell): 90

Esfuerzo de cedencia (Yiel Strength): 159.22MPa

Última resistencia a la tensión (Tensile strength): 304.2MPa

Tamaño de grano: 0.04mm

% de Perlita: 15.48

4.2.2.2 Muestra 2

Muestra M2. Tornapunta del edificio-B, fachada norte

Descripción: componente conformado con perfiles de "lados iguales", sometido a esfuerzo de tracción, tiene revestimiento. La tornapunta y el resto de componentes que conforman la pendiente del techo corresponde a un agregado de la rehabilitación del espacio que alojó a la fábrica El Buen Tono, como se describió y observa en las imágenes 26 (La Internacional) y 32 (El Buen Tono) de la Herramienta 1. A continuación se muestra la localización del componente en donde se tomó la muestra, se presenta el registro fotográfico y su ubicación en planta arquitectónica (Imágenes 8-12).



Imagen 8. Componente en donde se tomó la muestra 2 (M2)
Autor. Ibáñez, 2005



Imagen 9. Componente en donde se tomó la muestra 2 (M2)
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 11. Registro general de la muestra M2
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 10. Localización de la toma M2
Autor. Ruiz, 2022

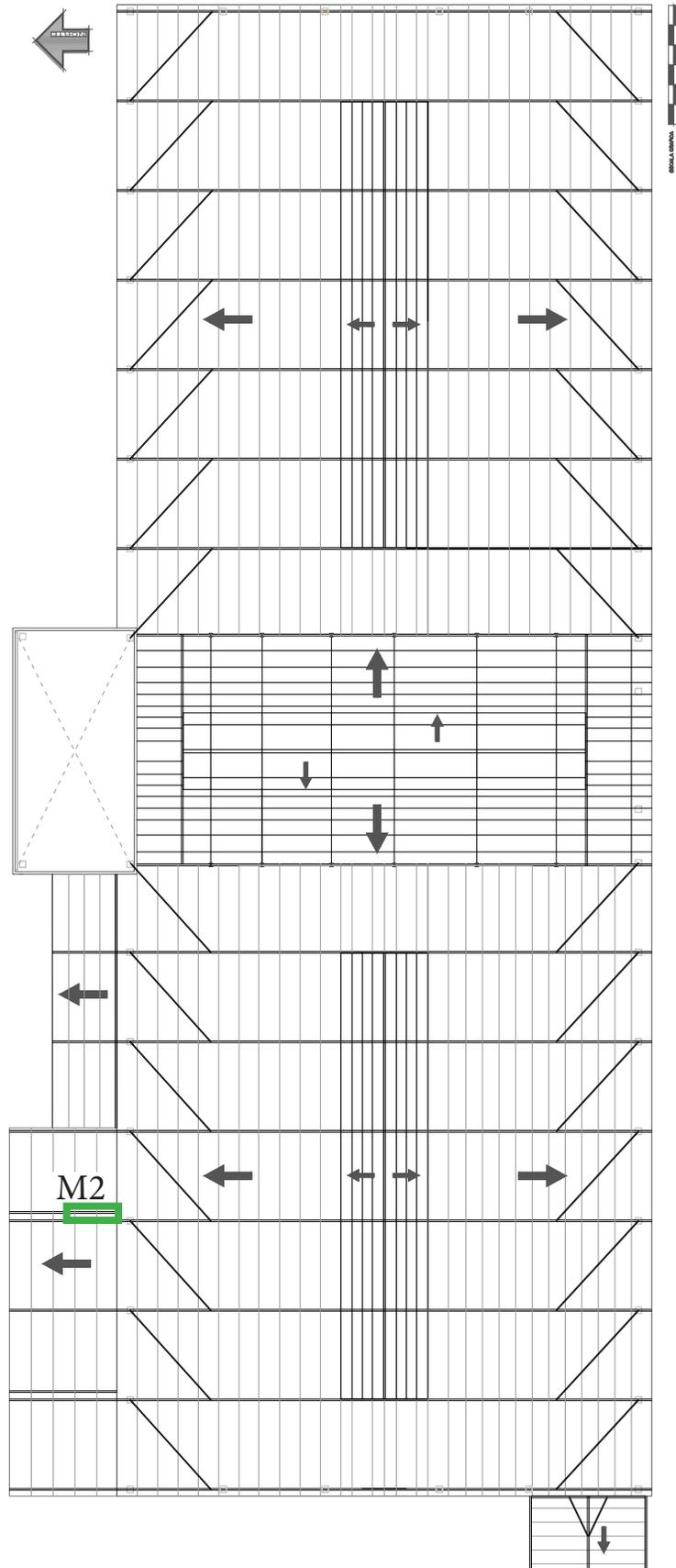


Imagen 12. Planta de techos edificio-B central, ubicación de la toma de muestra 2 (M2)
Autor: Ruiz, 2020

Resultado de ensayos:

Composición química: se tomaron tres lecturas que permitieron obtener un promedio de 0.25 de contenido de carbono (C) y 0.57 de contenido de manganeso (Mn), además de las trazas de otros elementos como se observa en la tabla 3. Con base en estos resultados el material corresponde a un grado de acero 1025 de acuerdo al AISI/SAE.

No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	Pb	Fe
Porcentaje %																
1	0.2653	0.0868	0.560	0.0262	0.0293	0.0045	0.0316	0.0210	0.0184	0.0145	0.0331	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0052	98.9
2	0.2438	0.0726	0.577	0.0255	0.0317	0.0045	0.0315	0.0209	0.0185	0.0141	0.0330	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0053	98.9
3	0.2477	0.0732	0.575	0.0261	0.0289	0.0045	0.0315	0.0212	0.0172	0.0143	0.0333	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0053	98.9
	0.2523	0.0775	0.571	0.0259	0.0300	0.0045	0.0315	0.0211	0.0180	0.0143	0.0331	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0053	98.9

Tabla 3. Composición química-M2

A continuación se muestran las micrografías por orden de aumento de menor a mayor (imágenes 13-14) en donde se puede apreciar el contenido de perlita, granos de ferrita, carburo de Fe₃, inclusiones no metálicas tales como sulfuro de manganeso (MnS),

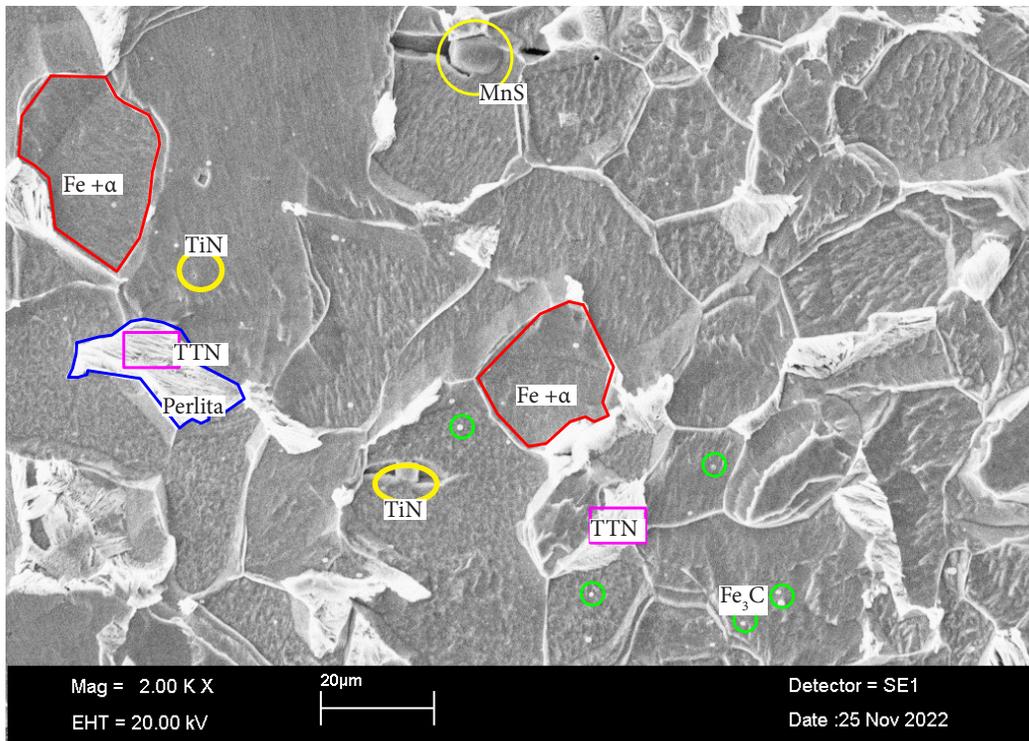


Imagen 13. Microestructura M2
Autor. Ramírez, 2022

nitruro de titanio (TiN), su microestructura corresponde a un tratamiento térmico normalizado (TTN).

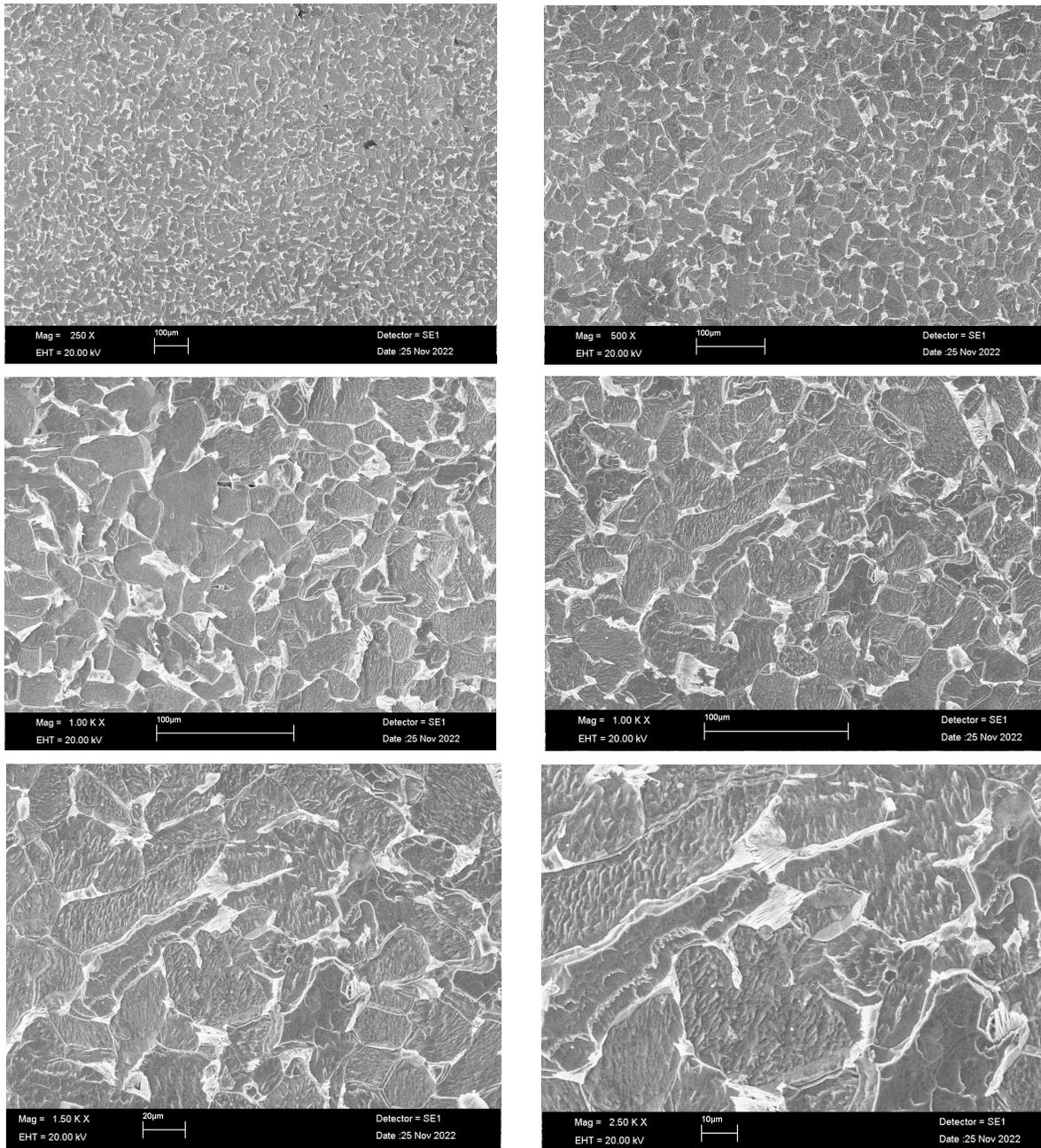


Imagen 14. Microestructura M2
Autor. Ramirez, 2022

Microestructura: corresponde a un tratamiento térmico normalizado, por el envejecimiento natural del material disminuyó el esfuerzo de cedencia y aumento en

su dureza, las características microestructurales se relacionan con el incremento en las propiedades mecánicas.

Los resultados de la propiedades mecánicas son las siguientes:

Dureza (Hardness Rockwell): 150

Esfuerzo de cedencia (Yiel Strength): 175.35MPa

Última resistencia a la tensión (Tensile strength): 507MPa

Tamaño de grano: 0.02mm

Porcentaje de perlita: 31.58

4.2.2.3 Muestra 3

Muestra M3. Tornapunta del edificio-B. fachada sur

Descripción: componente conformado con perfiles de "lados iguales", sometido a esfuerzo de tracción, sin revestimiento y cubierto de productos de corrosión ya que están expuestos al intemperismo, lo cual también permitió el robo y daño generado por agente antrópico. A continuación se muestra la localización del componente en donde se tomó la muestra, se presenta el registro fotográfico y su ubicación en planta arquitectónica (Imágenes 15-18).



Imagen 15. Fachada sur del edificio-B, El Buen Tono
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 16. Componente en donde se tomó
la muestra 3 (M3)
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 17. Registro general de la muestra 3 (M3)
Autor. Ruiz, 2022



Imagen 18. Fachada sur del edificio-B central, ubicación de la toma de muestra 3 (M3)
Autor. Ruiz, 2020

Resultado de ensayos:

Composición química: se tomaron tres lecturas que permitieron obtener un promedio de 0.26 de contenido de carbono (C) y 0.56 de contenido de manganeso (Mn), además de las trazas de otros elementos como se observa en la tabla 4. Con base en estos resultados el material corresponde a un grado de acero 1025 de acuerdo al AISI/SAE.

No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	Pb	Fe
Porcentaje %																
1	0.2869	0.0819	0.566	0.0290	0.0281	0.0102	0.0314	0.0260	0.0127	0.0149	0.0908	<0.0000	0.0021	<0.0000	0.0052	98.8
2	0.2782	0.0726	0.566	0.0280	0.0285	0.0100	0.0314	0.0259	0.0132	0.0148	0.0903	<0.0000	0.0021	<0.0000	0.0053	98.8
3	0.2428	0.0699	0.564	0.0263	0.0263	0.0100	0.0313	0.0255	0.0141	0.0147	0.0892	<0.0000	0.0020	<0.0000	0.0053	98.9
	0.2693	0.0748	0.565	0.0278	0.0276	0.0101	0.0314	0.0258	0.0134	0.0148	0.0901	<0.0000	0.0021	<0.0000	0.0052	98.8

Tabla 4. Composición química-M3

A continuación se muestran las microfotografías por orden de aumento de menor a mayor (imágenes 20-19) en donde se puede apreciar el contenido de perlita, granos de ferrita, carburo de Fe₃, inclusiones no metálicas, su microestructura corresponde a un tratamiento térmico normalizado (TTN).

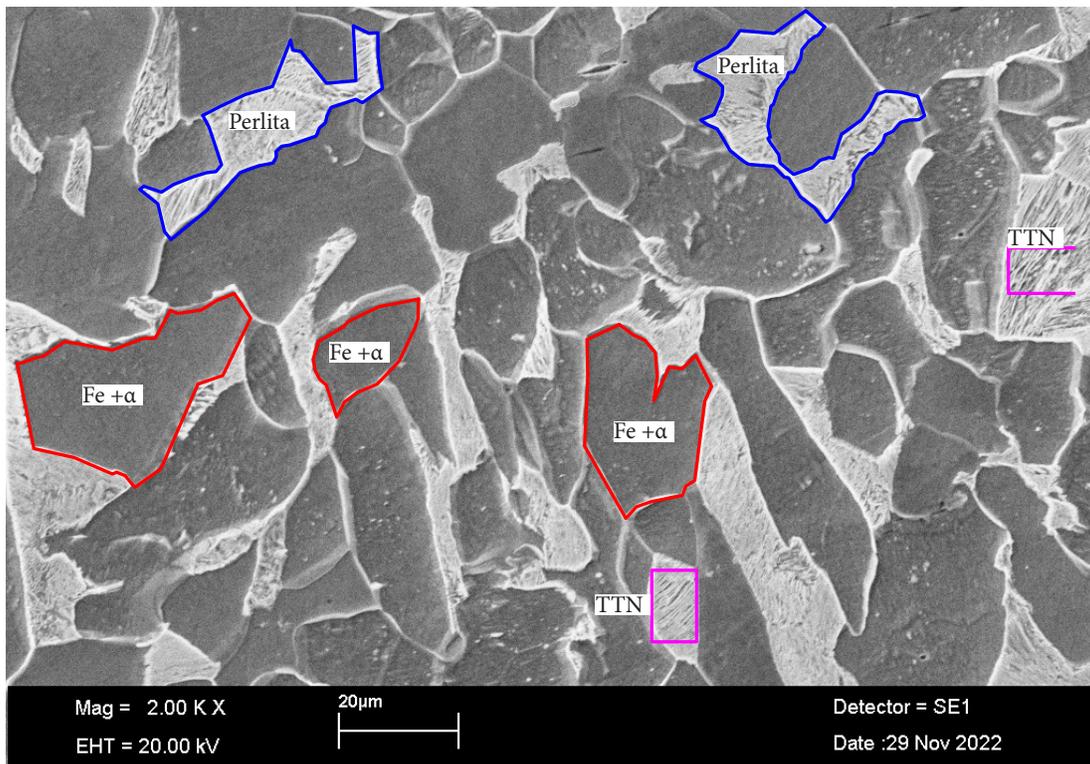


Imagen 19. Microestructura M3
Autor. Ramírez, 2022

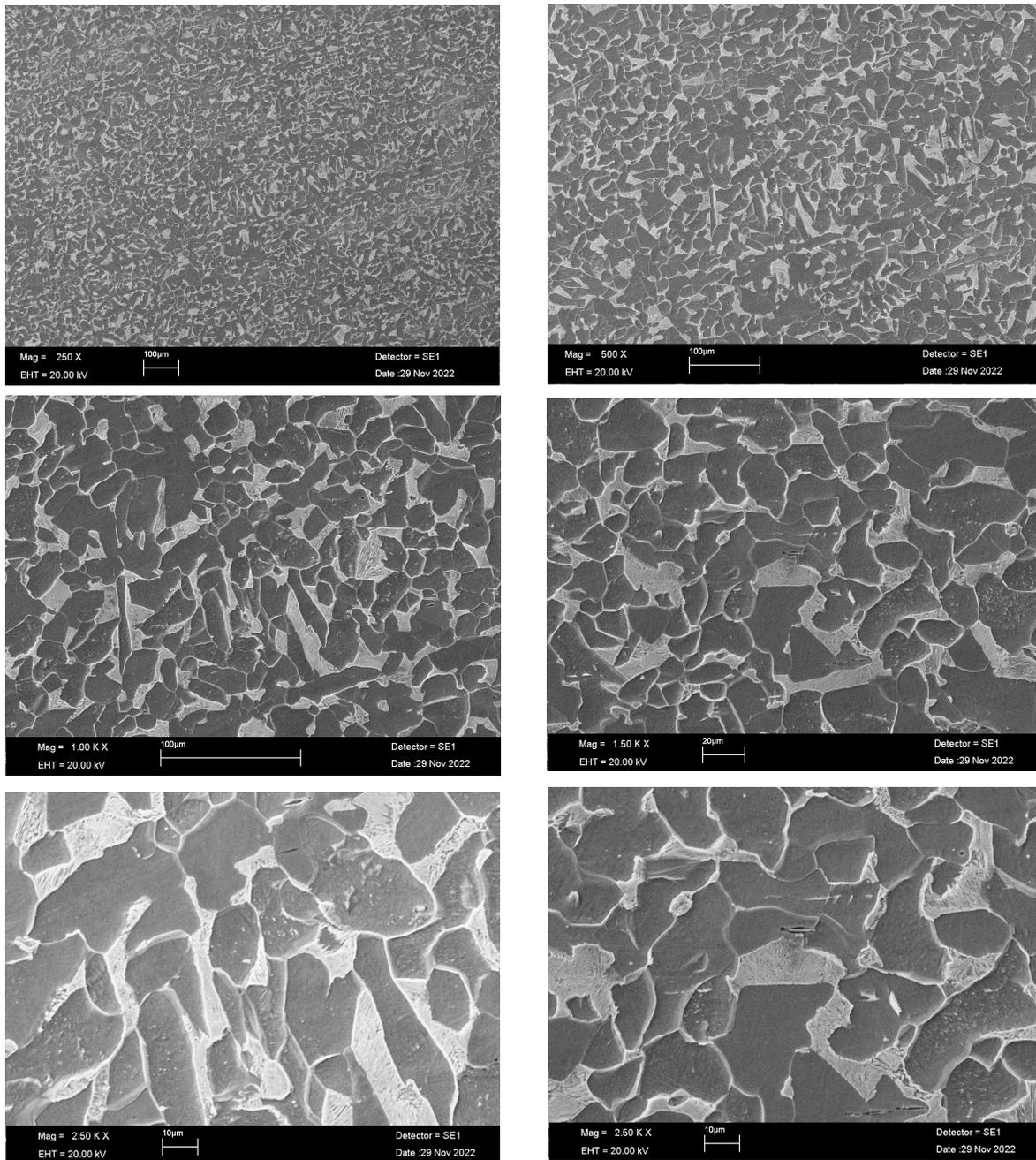


Imagen 20. Microestructura M3
Autor. Ramírez, 2022

Microestructura: se observan granos equiaxiales sin embargo por el envejecimiento natural del material disminuyó el esfuerzo de cedencia y aumento en su dureza.

Los resultados de la propiedades mecánicas son las siguientes:

Dureza (Hardness Rockwell): 150

Esfuerzo de cedencia (Yiel Strength): 175.35MPa

Resistencia a la deformación (Tensile strength): 507MPa

Tamaño de grano: 0.02mm

Porcentaje de perlita: 33.89

A manera de conclusión, en esta apartado se logro caracterizar el material de la estructura metálica del caso de estudio, también se determinó el grado de acero con base en la composición química experimental y a la tabla 32 del ASM Handbook, *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys*. La microestructura de los tres aceros esta compuesta de ferrita y perlita, con diferentes morfologías y tamaños de grano. En cuanto a las propiedades mecánicas estas se encuentran envejecidas por efecto natural y en consecuencia proyecta alteración en los parámetro o porcentajes establecidos por normativa, como se observó en cada caso.

Deseo subrayar, que las características microestructurales se encuentran relacionadas con el incremento en las propiedades mecánicas, información relevante para el diseño de del proyecto de conservación-restauración. Además, con los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas se puede llevar acabo los cálculos correspondientes para conocer las cargas que sostiene cada uno de los componentes y evaluar su restitución *versus* eliminación o implementar un sistema para su conservación, lo cual demuestra la necesidad de colaborar con ingenieros estructuristas y continuar con investigaciones interdisciplinarias.

"La documentación, como área de conocimiento, se encarga de perfeccionar el proceso de comunicación de las ideas"
Resolución de Zabrze, 2009



Herramienta 5

Plan de acción:
conservar o restaurar



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PLAN DE ACCIÓN: CONSERVAR-RESTAURAR

Solo con el previo conocimiento del sitio se puede determinar que acciones se llevarán acabo. Todo el sistema analítico marca pautas para entender el porqué conservar y/o restaurar una estructura metálica, qué acciones se pueden llevar acabo para resaltar las cualidades de su significado cultural, pero, principalmente lograr la habitabilidad del espacio. “El arquitecto restaurador, debe privar como prioridad absoluta el edificio histórico, la conservación de su expresión estética, sus espacios originales, sus texturas y su volumetría. A estas debería de subordinarse, el diseño, su funcionalidad y su estética.”¹

El resultado de esta Herramienta, reflejará el nivel de entendimiento del significado cultural del sitio, pues será el punto clave para diseñar un plan de acción apegado a las particularidades y necesidades de la arquitectura, de su contexto y la sociedad inmediata. Para el caso de una arquitectura que presenta una estructura y armadura de acero como lo es El Buen Tono, se propone encaminar las acciones de conservación-restauración para resaltar las monumentalidad de la tecnología del siglo XIX-XX, ya que contiene un discursos técnico-tecnológico como parte de un contexto geográfico, histórico y por supuesto social.

Es imposible realizar acciones de conservación y/o restauración sin el previo reconocimiento del sitio, pues la carencia de información se hace evidente en el momento de presentar el proyecto escrito, el levantamiento arquitectónico, los metrajes, las acciones planteadas, el cronograma de trabajo, los materiales propuestos y por supuesto los costos.

A continuación se exponen diferentes acciones a considerar como parte de la conservación, tales como: conservación integral, conservación preventiva y conservación curativa. De igual manera se presentan las posibles acciones de restauración: acciones de

¹ Ricardo Prado, "José Villagrán García (Septiembre 1901-Julio 1982), Comentario", en *Teoría de la restauración dos grandes teóricos mexicanos, José Villagrán/Enrique del Moral, conferencias*, Carlos Cejudo, Ricardo Prado (México: ENEAGONO, 2018), 34p.

restitución-eliminación, acciones de limpieza y aplicación de revestimientos. Se consideran las acciones de intervención en donde se debe tener un meticuloso cuidado para la toma de decisiones. La intención de las secciones de este capítulo es mostrar al lector y a los especialistas la diversidad de métodos, técnicas y materiales para poner en práctica las acciones ya mencionadas, ya que no existen recetas, pues cada caso de estudio es único y presenta necesidades particulares en relación a su estado de conservación.

5.1 Aspectos a considerar para conservar una estructura metálica

La conservación es la disciplina encargada de mantener y vigilar la permanencia de los bienes culturales, patrimonio cultural y/o monumentos históricos de una sociedad para heredarlos y transmitirlos a las generaciones futuras. Su labor consiste en cuidar-estudiar las evidencias materiales, inmateriales y sus transformaciones, a través del trabajo interdisciplinar y la aplicación de diversas herramientas para su interpretación, como se ha ido presentado en esta investigación.

En este sentido, se abordarán tres definiciones fundamentales para el plan de acción de conservación de un inmueble histórico, con la finalidad de lograr preservar la mayor cantidad de la historia de vida del espacio en cuestión: conservación integral, conservación preventiva y conservación curativa.

5.1.1 Conservación integral

La conservación integral es el conjunto de acciones que permitirán la permanencia y perdurabilidad de un bien cultural, tanto en sus cualidades materiales como inmateriales. Se caracteriza por generar colaboraciones con diferentes áreas de estudio con la finalidad

de lograr entender el discurso, su significado cultural, pues cada área aportará datos específicos que detonarán su unicidad. Particularmente, para las estructuras metálicas se propone el trabajo interdisciplinar por lo menos con cinco disciplinas: historia, arquitectura, restauración, metalurgia, ingeniería, otras.

5.1.2 Conservación preventiva

La conservación preventiva tiene como objetivo minimizar o eliminar los factores que ponen en riesgos al inmueble o bien cultural, los cuales fueron previamente identificados. En este sentido, implica realizar acciones indirectas al objeto de estudio, es decir, se actúa sobre los factores externos o áreas circundantes. Como parte del plan de acción y con la finalidad de obtener resultados satisfactorios, las acciones planteadas deben realizarse en determinados periodos de tiempo a partir de la identificación y evaluación de los posibles factores de deterioro.

En el caso de la fábrica El Buen Tono, antes de su adquisición por el gobierno del estado de Guanajuato, la conservación preventiva tuvo que estar encaminada en realizar la limpieza periódicas de la maleza, la colocación de la malla ciclónica, vigilancia, alumbrado-instalación eléctrica, pues con dichas acciones se hubiera minimizado el daño generado durante el periodo de abandono, ya que la carencia de las acciones de mantenimiento aunado a los agentes antrópicos fueron los principales agentes de deterioro.

En 2020 a causa de un agente antrópico se provocó un incendio en la torre principal del edificio-B, dañando gran parte de la estructura, después, en 2021 se repitió el suceso pero en la fachada oeste del mismo edificio, sin embargo dicha zona correspondía a un agregado posterior, es decir, no era de la arquitectura del siglo XIX. Aunque hay daños visibles en la estructura metálica, así como en los componentes y espacios arquitectónicos,

a nivel microscópico también se identificaron alteraciones en la microestructura de metal (revisar Herramienta 4) por efecto de la radiación.

Entonces, a partir de dichos sucesos el gobierno del estado de Guanajuato adquirió el predio para llevar el proyecto nombrado como "el Hub del conocimiento", buscando la habitabilidad del conjunto arquitectónico. Desde entonces se ejecutan las acciones de conservación preventiva² que han minimizado el deterioro del inmueble, fue en 2023 cuando se inició el proyecto de rehabilitación.

5.1.3 Conservación curativa

La conservación curativa esta relacionada con todas aquellas acciones aplicadas de manera directa sobre un bien, con el objetivo de detener los procesos de deterioro. Entre las acciones se encuentra: colocación de puntales, aplicación de impermeabilizante, fumigación, aplicación de herbicida para eliminar presencia de plantas, limpieza de bajadas de agua pluvial.

5.2 Aspectos a considerar para restaurar una estructura metálica

A lo largo de esta investigación se ha recorrido y explicado la complejidad del estudio de las estructuras metálicas. Entonces, tomar decisiones para un proyecto de restauración implicada diseñar un plan de acción que permita una restauración integral. En este sentido, consideramos tres puntos principales a evaluar durante la toma de decisiones: las acciones de restitución-eliminación de los componentes, las acciones de limpieza y la

² A lo largo de esta investigación se realizaron varias visitas *in situ* en donde se pudo constatar que antes de la adquisición del conjunto arquitectónico presentaba daños por agentes antrópicos y una vez adquirido por el gobierno del estado estos fueron eliminados dadas las acciones de conservación preventiva que se realizaron

aplicación de revestimientos.

Las acciones de restitución-eliminación de los componentes se determinará únicamente con la previa evaluación de especialista, arquitecto restaurador, ingeniero estructuristas e ingeniero químico metalúrgico, pues se dará la restitución de una pieza de la estructura solamente cuando ésta ya no cumpla su función, es decir que sobrepasó su límite de fluencia. En cuanto a las acciones de limpieza, éstas se determinarán con base en la morfología, características físicas de la estructura, el contexto en donde se localice, así como el estado de conservación. Finalmente, la aplicación de revestimiento estará ligado al estado de conservación, cualidades físicas, contexto, ya que de acuerdo al intemperismo o condiciones climáticas en donde se localice la estructura, ésta presentará necesidades determinadas que tienen que considerarse durante la elección del sistema de aplicación de revestimiento.

Destaco, que el sentido de este apartado es acercar al lector a procesos de restauración básicos que debe considerar y evaluar durante la creación del proyecto de restauración, ya que se requiere reflexionar detenidamente y de manera particular para cada caso de estudio.

5.2.1 Acciones de restitución-eliminación

El proceso de restitución-eliminación se determinará con base en la aplicación total del sistema analítico aquí propuesto. Pues se necesita conocer la morfología, el discurso arquitectónico, las características técnico-constructivas-tecnológicas, y solo con la previa evaluación se determinará si alguna de las piezas que conforman a la estructura debe ser restituida, pues esto será argumentado únicamente cuando la piezas sobrepasen su límite de fluencia. En caso de restituir, considerar que la pieza puede ser sometida a la aplicación

de análisis instrumentales a fin de caracterizar al componente y obtener información relevante respecto a su historia tecnológica.

5.2.2 Acciones de limpieza

Entre las acciones de restauración la limpieza es uno de los procesos en donde se debe tomar una decisión con base en un pleno proceso de evaluación, conocimiento y razonamiento meticuloso del componente férrico, pues con base en dicha información se marcará el nivel de limpieza a ejecutar, en donde se determinará qué residuos, partículas o materiales adheridos sobre la superficie ponen en riesgo su estabilidad y por tanto serán retirados, así como elegir las técnicas y métodos a aplicar. Se recomienda, como primer acercamiento para identificar las capas adheridas o estratos realizar calas estratigráficas para conocer los posibles recubrimientos que poseen y con base en los resultados determinar el tipo de limpieza a emplear.

Hay que recordar que de acuerdo al uso del espacio algunas partículas se adhieren y forman parte de las características históricas, como se mostró en el ejemplo del área de fundición del MNN. Pues, conocer la historia de vida del objeto de estudio a través de la materialidad es identificar su temporalidad, los momentos históricos y características de su procesamiento, así como su tecnología. "La limpieza es sin duda la fase de la restauración de los metales más trascendental, por lo que tiene de irreversible."³ Además, el resultado del proceso de limpieza ejecutado, tendrá consecuencias a futuro directamente sobre el buen estado de conservación o la generación de una problemática de deterioro.

Particularmente, para el caso de las estructuras férricas, el eje principal a considerar durante la toma de decisiones es buscar la seguridad total de su habitabilidad. Por tanto, es necesario vincular, considerar y conocer los principios marcados por la conservación-restauración, así como las normativas-estándares internacionales sobre materiales - limpiezas de aceros, como son: *American Society for Testing and Materials* (ASTM),

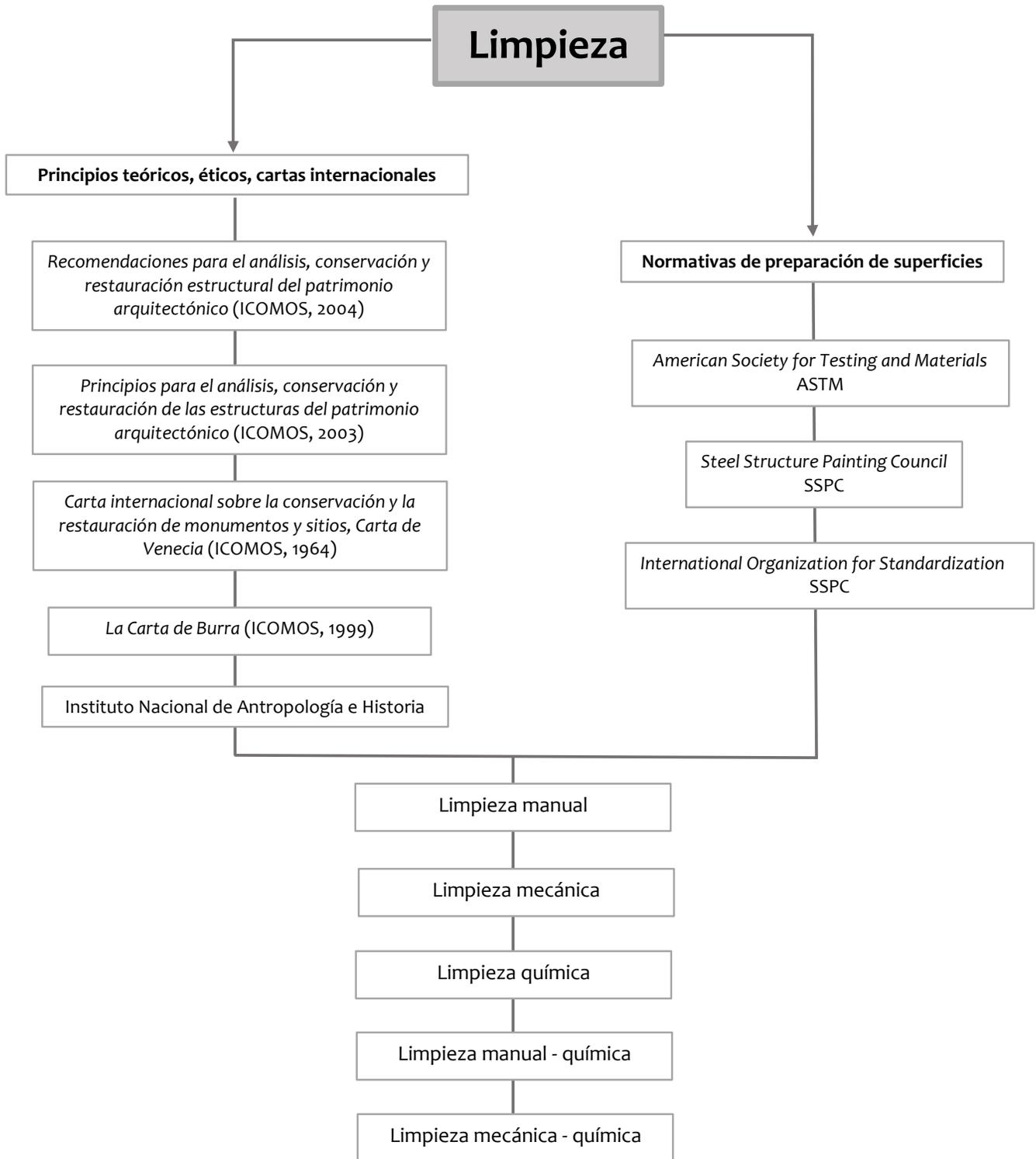
³ Joaquín Barrio, *Conservación y restauración de materiales metálicos* (Madrid: Síntesis, 2021), 39p.

Steel Structure Painting Council (SSPC), International Organization for Standardization (ISO), ya que establecen los requerimientos técnicos de preparación de superficies a fin de obtener un largo periodo con un buen estado de conservación, así como una adecuada adherencia de los revestimientos.

Con base en esta investigación, se determina que los materiales metálicos con función estructural no pueden ser intervenidos con técnicas aplicadas a bienes muebles metálicos, o técnicas tradicionales empleadas en el área de la restauración, como es el uso del ácido tánico, porque a diferencia de un objeto u ornamento, las estructuras férricas están en constantes esfuerzos como son compresión, tensión, aplicación de cargas, incluso pueden estar expuestas al intemperismo, además, de ser una estructura que contiene un discurso arquitectónico y esta vinculado en su totalidad a un sistema constructivo de una época determinada, que implica otros factores a evaluar.

En este sentido, se muestra el esquema 1 con las normativas internacionales y documentos con principios teóricos-éticos para la conservación de patrimonio cultural, que paralelamente se deben considerar para diseñar, proponer y elegir un proceso de limpieza.

Con base en la revisión de las normativas y el campo de la restauración se determinan los siguientes tipos de limpieza: manual, mecánica, química, manual-química, química-mecánica. La limpieza manual (Imágenes 1-2) consiste en hacer uso de materiales abrasivos, utilizando sólo la fuerza manual, no se utilizan herramientas eléctricas, entre los materiales se encuentra, bisturí, lijas, hisopos con abrasivos, cepillos de alambre, cepillos de plástico, por mencionar solo algunos.



Esqm.1 Aspectos a considerar para el proceso de limpieza
Autor. Ruíz, 2023



Imagen 1. Limpieza manual, bisturí
Autor. Ruiz, 2020

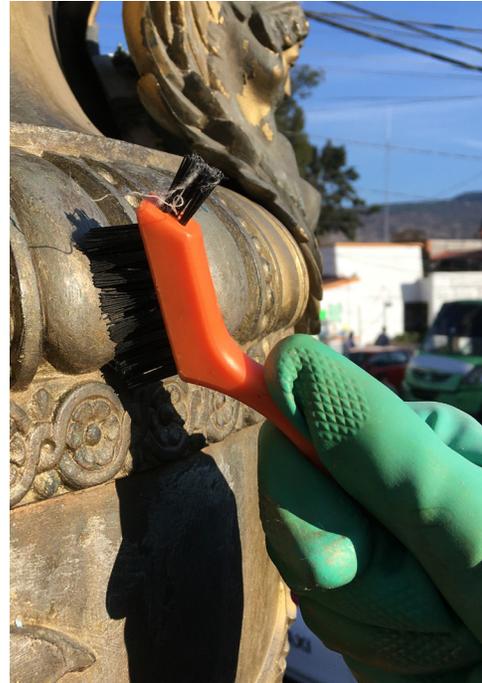


Imagen 2. Limpieza manual, cepillo de plástico
Autor. Ruiz, 2020

La limpieza mecánica (Imágenes 3-4) difiere de la anterior porque utiliza herramientas eléctricas para la aplicación de abrasivos, como pueden ser el Sand Blast, Mototool Dremel, Esmeril. Mientras que la limpieza química implica el uso de solventes orgánicos con diferentes niveles de solubilidad, ya sea en presentación líquida o en emulsión, cuando se emplea este tipo de limpieza es necesario realizar lavados acuosos para asegurar la eliminación total de los residuos. Finalmente, la limpieza manual-química y mecánica-química es la combinación de las técnicas descritas.

Continuando, el método de limpieza seleccionado se realizará con base en toda la evaluación previa del caso de estudio, pues cada uno presentará patologías y necesidades únicas. Además, tendrá que estar argumentado desde las políticas, normas y principios teóricos y éticos de la conservación restauración, por lo menos considerar lo establecido en los siguientes documentos:

- *Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico*, "La elección entre técnicas <<innovadoras>>



Imagen 3. Limpieza mecánica, Dremel
Autor. Ruiz, 2018

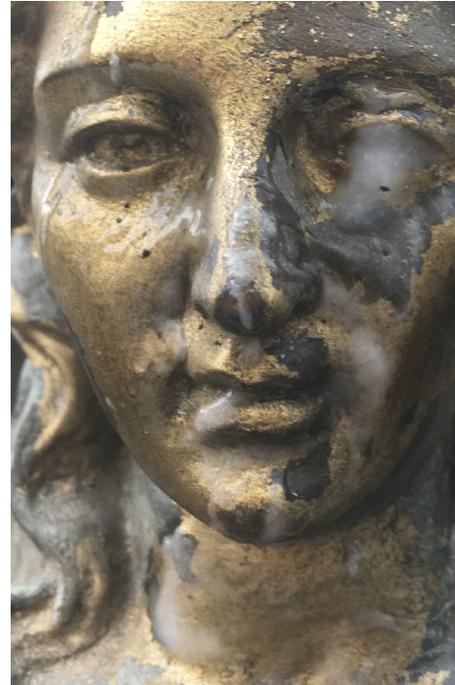


Imagen 4. Limpieza química, emulsión de disolvente orgánico
Autor. Ruiz, 2020

y <<tradicionales>> debe ser sopesada caso por caso; se dará preferencia a aquellas que resulten menos invasivas y más compatibles con los valores patrimoniales, teniendo siempre presentes los requisitos de seguridad y durabilidad."⁴

- *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*, "La práctica de la conservación requiere un conocimiento exhaustivo de las características de la estructura y los materiales."⁵

- *Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios (Carta de Venecia)*, "La restauración estará siempre precedida y acompañada de un estudio arqueológico e histórico del monumento."⁶

- *La Carta de Burra*, "la conservación es parte integral de una buena gestión

⁴ ICOMOS, Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico, traducción, Agnés Gonzáñez Dalmau, (Cataluña: ICOMOS, 2004)

⁵ ICOMOS, Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico, (Zimbabwe: ICOMOS, 2003).

⁶ ICOMOS, Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios (Venecia: ICOMOS, 1964).

de los sitios de significado cultural."⁷

- El Instituto Nacional de Antropología e Historia,"toda acción de conservación deberá respetar la integridad del patrimonio cultural, basándose en la comprensión y el respeto de su materia, factura, sistema constructivo, aspecto e imagen, valores, significados, usos, asociaciones y contexto, así como considerar a los actores sociales vinculados con dicho patrimonio"⁸

A manera de cierre de este apartado, la limpieza es de los procesos con mayor complicación ya que se deben tomar en cuenta varios aspectos para cubrir todos los requerimientos necesarios en materia de conservación y restauración. Por ello, es fundamental tener equipo de trabajo interdisciplinar y multidisciplinar, prueba de ello es el resultado de esta investigación.

5.2.3 Aplicación de revestimientos

Los revestimientos refieren a un sistema de películas aplicadas a las estructuras metálicas a fin de proteger del intemperismo y de los factores de deterioro, para estos componentes existen polímeros sintéticos (Imagen 5), pigmentos anticorrosivos (anódico) o pigmentos catódicos. Con base en el procesamiento o proceso productivo de las estructuras metálicas éstas tendrán acabados, justo con el análisis previo se determinará que partículas se eliminarán y cuáles no, así como las técnicas empleadas para su limpieza.

Es aquí, en donde se deben de considerar las normativas antes presentadas, ya que establecen cómo se debe preparar una superficie para lograr una óptima adherencia de los revestimientos y con ello un adecuado sistema de protección, evitando así algún tipo

⁷ ICOMOS, Carta de Burra (Burra: ICOMOS, 1964).

⁸ INAH, Lineamientos institucionales generales en materia en conservación del patrimonio cultural (México: INAH,2014)

de alteración o deterioro. Sin embargo, habrá que tomar en cuenta los principios teórico y éticos en materia de conservación-restauración.

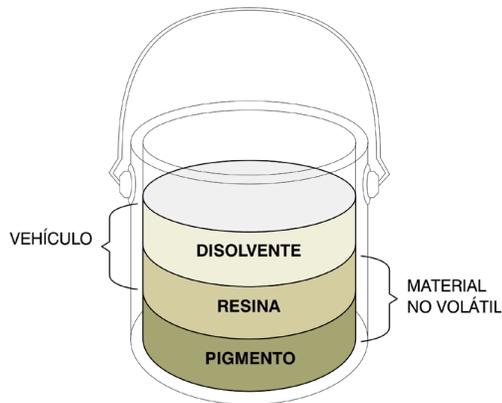


Imagen 5 Composición básica de una pintura
Fuente. Andrade, 2020

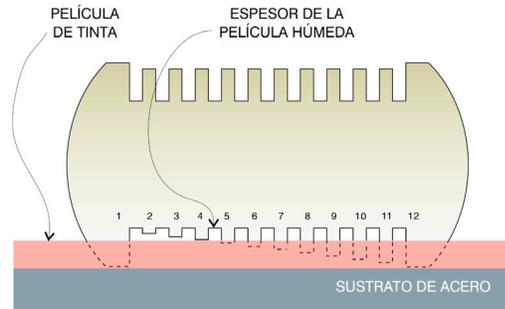


Imagen 6. Medidor de espesor de la película húmeda
Fuente. Andrade, 2020

Otro punto importante a considerar durante la aplicación de revestimiento es contar con técnicos especializados en aplicación de dicho acabado, ya que se requiere cubrir las superficies metálicas con capas homogéneas, además de cuidar el tiempo de curado para colocar la siguiente capa de revestimiento, ya que es un factor que repercute en la durabilidad y en su funcionalidad, como sistema de protección. También, hay que tomar en cuenta cuál será el sistema de protección a elegir, si se aplicará un primario y de qué tipo, bajo que condiciones climáticas estará sometido el revestimiento, así como el periodo de duración (ficha técnica) y el mantenimiento que requiere. Se sugiere verificar que durante la aplicación de las películas se obtenga una capa homogénea (Imagen 6) con grosor adecuado según la normativa.

C O N C L U S I O N E S

Esta investigación es resultado de un gran esfuerzo realizado a lo largo de varios años con disciplina, constancia, perseverancia y ganas por aprender y evolucionar mi pensamiento crítico para una mejor práctica profesional, así como ejercer mi labor de arquitecta restauradora desde la ética y el conocimiento.

En definitiva este trabajo me permitió desarrollar estrategias para solucionar inconvenientes y lograr mis objetivos, que desde mi ingreso a la maestría estuvieron enfocados en el estudio de una estructura metálica, uno de los retos fue la gestión de acceso y comunicación con los dueños de El Buen Tono, también el contar con el financiamiento para los continuos viajes a Celaya, la adquisición de herramientas para los cortes de metal (toma de muestras), los viáticos de los colegas que me apoyaron a registrar o me brindaron su acompañamiento, todo ello fue solventado con recursos personales al igual que mis estudios de maestría.

Continuo, cuando realicé mi primer recorrido *in situ* en 2019 no existía malla ciclónica o perímetro que resguardara al inmueble siendo posible mi acceso. A partir del primer incendio generado al interior de la fábrica en 2020, esta se resguardó y posteriormente fue adquirido por el gobierno del estado y quedó a cargo de la Secretaria de Desarrollo Económico Sustentable del estado de Guanajuato, dato que tuve que investigar a través de varias instancias municipales, contar con este dato me llevó un año de gestión, de ahí la perseverancia.

Reitero, que mi gran interés por el estudio de las estructuras metálicas me llevó a resistir las negativas y no perder de vista mi objetivo, "mi investigación", entonces al pasar un año sin poder acceder nuevamente a la fábrica, fue que a finales de 2022 determiné dirigirme directamente al secretario de Desarrollo Económico Sustentable del estado de Guanajuato, Lic. Ramón Alfaro, quien muy amablemente me brindó la ayuda, me



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C o n c l u s i o n e s

permitió el acceso y me facilitó el uso de las oficinas de la secretaria cercanas al inmueble a fin de poder llevar acabo mi trabajo en campo. Fue hasta entonces, que pude tomar las muestras para realizar los ensayos mecánicos que son parte del sistema analítico y que también requirieron su tiempo, ya que hay que agendar citas en los laboratorios para utilizar los equipos, con la previa preparación de la muestra.

En este sentido, mi investigación se convierte en una aportación para el campo de la conservación y restauración de patrimonio arquitectónico, del patrimonio industrial, así como de la arqueología industrial, la historia tecnológica de los materiales y la ingeniería, pues contiene una metodología razonada y meticulosa que articula varias áreas y procesos que se deben considerar, planear, solucionar y gestionar durante el análisis de un inmueble histórico, con las características ya mencionadas. A lo largo de este recorrido se argumentó la riqueza de contenido y conocimiento que se puede obtener al estudiar un componente del espacio arquitectónico, por supuesto en colaboración de equipos interdisciplinarios.

Diseñar un sistema analítico para la conservación-restauración de estructuras metálicas en arquitectura decimonónica, como principal objetivo, resulta de ayuda porque logra un análisis completo, una evaluación del estado de conservación y su significado cultural, el objetivo se logró aún con varios inconvenientes encontrados durante el desarrollo de la investigación.

Definitivamente, es necesario saber leer la morfología y conocer la naturaleza del material de una estructura metálica y no solo referir como estructuras de hierro, ya que existe una diferencia en su composición química y comportamiento mecánico entre los hierros colados, hierros forjados y aceros. Incluso para definir y aplicar los procesos de restauración hay que saber qué tipo de material se va atender, así como el conocimiento previo de los puntos que se expusieron en las distintas Herramientas.

Hago énfasis en la importancia de atender este tipo de estructuras de manera

integral. Si bien, queda claro la relevancia histórica del componente, hay que continuar con el desarrollo de su estudio como parte de una tipología arquitectónica como lo es la industrial. El hecho de entender su contexto geográfico, histórico, social y tecnológico, da pautas para comprender el comportamiento de los materiales, el sistema constructivo, así como diferenciar las alteraciones, deterioros y agregados. Sin olvidar, que todo el *corpus* de conocimiento tiene mejores resultados cuando se realiza de manera interdisciplinar, prueba de ello es este trabajo.

Dicho lo anterior, otro de los resultados obtenidos fue la diversidad de líneas de investigación aún por desarrollar. Por un lado, existen aquellas con enfoques históricos, el continuar con la investigación de archivo, particularmente del municipal y estatal para rastrear fuentes primarias ya que en esta investigación únicamente se hizo una breve consulta, pues el objetivo estuvo enfocado a las estructuras metálicas y no en la historia de la fábrica. Sin embargo, los pocos datos localizados funcionaron para desarrollar el breve contexto histórico que finalmente es parte del sistema de análisis.

Con respecto a las estructuras metálicas, aún queda mucho camino por investigar, por ejemplo aplicar el sistema analítico aquí propuesto en otros casos de estudio, pero que no pertenezcan a un espacio arquitectónico con actividades de producción, como pueden ser las estaciones de ferrocarril, tema de gran importancia dada la relevancia de este medio de transporte. También, diferenciar las propiedades mecánicas y de envejecimiento de los hierros de finales del siglo XIX, así como de los aceros de principios de siglo XX, ya que hay un espacio de tiempo en donde se usó hierro forjado y acero hasta la llegada del concreto armado. Hay que continuar diferenciando las patologías que un arquitecto restaurador puede localizar en los sitios, así como establecer procesos de restauración.

Otro punto es, empezar a emitir posturas teóricas para este tipo de componente arquitectónico, pues esta tesis únicamente expone aspectos a considerar para determinar

C o n c l u s i o n e s

acciones de conservación y/o restauración. Hasta cierto punto puede resultar una tarea complicada porque se propone tomar en cuenta y de manera paralela los principios teóricos establecidos por la conservación-restauración de patrimonio cultural, y por otro lado las normativas establecidas para el mantenimiento de estructuras de acero, las cuales garantizan su larga permanencia y buen estado de conservación, pues bien, se trata de un esqueleto metálico que debe garantizar la seguridad de las personas que lo habitan, sin olvidar que es patrimonio cultural del siglo XIX.

Esta investigación, es solo una pequeña muestra de la relevancia y necesidad de estudiar las estructuras férricas decimonónicas, pues son una línea innovadora para generar conocimiento sobre la arquitectura de la época, la tecnología, procesamiento y técnica de cada caso. También, el poder realizar un mapeo de las estructuras que aún existen en los espacios utilizados para la producción, pues no todas las industrias tuvieron el poder económico e importancia que caracterizó a la cigarrera El Buen Tono, en este sentido, las cualidades formales pueden diferir ya que va relacionado con el poder adquisitivo de la empresa.

Con los resultados obtenidos de los ensayos mecánicos del caso de estudio se puede hacer una comparación sobre el esfuerzo de cedencia y propiedades mecánicas establecidas en las normativas actuales, a fin de entender las propiedades mecánicas del pasado e identificar las razones de su comportamiento para su permanencia en el presente, para ello es necesario comprar las normativas ya que estas tienen costo y no están abiertas a consulta pública.

Otro factor a destacar es el estudio metodológico y minucioso de un material histórico, pues las aportaciones *versan* entorno a la historia de la arquitectura de hierro, pero muy pocas sobre análisis puntuales de estructuras metálicas de siglos pasados; sus componentes, acabados, conexiones, funcionalidad, patologías, caracterización.

Esta investigación es el reflejo de la colaboración y vinculación de metodologías de estudio como la arquitectura, la historia, la ingeniería de materiales, la conservación-restauración, la química, la ingeniería química, la metalúrgica. Pero también es el reflejo de una investigación con un espectro amplio que deja varios temas por desarrollar que no formaban parte de los alcances establecidos.

La aplicación del sistema analítico generó diversas ramificaciones de temáticas en donde se puede ahondar más, lo que implica tiempo, dinero, trabajo en campo, y por supuesto trabajo en equipo. Entre las líneas de investigación pendientes están:

- Investigación con enfoque histórico para continuar con la revisión del archivo municipal de Celaya, identificar posibles documentos de compra del conjunto arquitectónico, así como las posibles razones de su establecimiento en dicho municipio.
- Investigación con enfoque histórico-económico para conocer de dónde provenía la compra de hoja de tabaco, así como la importación o exportaciones del producto terminado y las estadísticas de producción.
- Investigación de la tecnología, proceso productivo de la cigarrera, así como el cambio que se dio de la destilería a la cigarrera. Identificar la maquinaria de producción con la que contaba, ubicar con precisión las etapas productivas en cada uno de los espacio arquitectónico.
- De acuerdo a las fuentes bibliográficas Ernesto Pugibet patentó varios mecanismo que fueron utilizados en la fábrica El Buen Tono establecida en la Ciudad de México, entonces, la pregunta a investigar sería si esos mecanismo fueron utilizados en la fábrica de Celaya o qué tecnología fue la que se utilizó.
- Investigar sobre el procesamiento de vigas, patentes, procedencias, es decir conocer el proceso productivos de dichos componentes, identificar las etapas

C o n c l u s i o n e s

productivas y construir la historiografía antes de la instalación de Fundidora Monterrey.

- Ahondar en el estudio de referencias fotográficas para conocer con mayor detalles las características, estado de conservación, cualidades formales, del conjunto arquitectónico, para tener acceso a las imágenes con alta calidad y ver los detalles. Para acceder a los archivos hay que pagar la cuota que establecen los archivos, entre ellos: Fototeca Nacional del INAH y fototeca de ICA.

- Evaluar los sistemas de revestimientos con diversos tipos de películas y en distintos contextos, considerando el uso del ácido tánico ya que es un material que constantemente se solicita ser aplicado en los proyectos de restauración de metales con una composición base hierro. Esto con la finalidad de corroborar los beneficios u obsolescencia en las estructuras metálicas arquitectónicas.

- Establecer los posibles niveles de limpieza en relación a los distintos contextos geográficos de las estructuras, así como a su funcionalidad. Pues en zonas costeras los niveles de humedad son altos, en consecuencia las patologías requieren estabilización y acciones de conservación-restauración invasivas.

Finalizo, reconociendo que la labor de los investigadores debe nutrirse de perseverancia y claridad de lo que se busca en el camino, pero sobre todo de compromiso por la labor profesional que uno decidió ejercer, prueba de ello es la conclusión de este trabajo que aporta al campo de conocimiento de Restauración del Patrimonio Arquitectónico que siempre estuvo acompañado por diferentes académicos, pero también invita a nuevos investigadores a desarrollar algunas de las líneas que este trabajo logró identificar y que requieren su desarrollo.

FUENTES CONSULTADAS

- Aguilar, Inmaculada, "La arquitectura industrial en la obra de Demetrio Ribes. Hacia una arquitectura racionalista" en *Fabrikart*, No. 5, (2006), consultada en <https://ojs.ehu.es/index.php/Fabrikart/issue/view/224>
- Alva, Ernesto. 2018. *Construyendo México*. EDOMEX: Secretaria de Educación del Gobierno del Estado de México/Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México A.C. consultado en <https://ceape.edomex.gob.mx/content/construyendo-mexico>
- ANSI WEBSTORE, *ASTM international*, consultado en https://webstore.ansi.org/sdo/astm?gclid=Cj0KCQjwv5uKBhD6ARIsAGv9a-y0CYbqgJ1zroiYcIjenN3EVEbFJ88V7LqR_pzxPZ5_bF4nGIqcxFMaAl4dEALw_wcB
- AIST, *The Making, Shaping and Treating*, consultado en <http://apps.aist.org/steelwheel/index.html>
- ASM Handbook, *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys* Vol. 1(ASM:1990).
- Amaro Galán, Erika Yesica, "Los Barcelonnettes en México, un ejemplo de espíritu empresarial (1821-1930)", *X Jornadas interesuelas/Departamentos de Historia, Escuela de Historia de la Facultad de Humanidades y artes, Universidad Nacional del Rosario. Departamento de Historia de la facultad de Ciencia de la Educación, Universidad Nacional de Litoral, Rosario*, (2005) consultado en <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdsa.academica.org/000-006/776.pdf>
- alacero, *Asociación Latinoamericana del Acero*, consultado en <https://www.alacero.org/es/page/quienes-somos/asociacion-latinoamericana-del-acero>
- Andrade Luís, *Estructuras de acero, Conceptos, técnicas y lenguaje*, (Brasil: Zigurate, 2020).



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

F u e n t e s c o n s u l t a d a s

- Barrio, Joaquín (coord.), *Conservación y restauración de materiales metálicos*, (Madrid: SINTESIS, 2021).
- Beatty Edward, "Globalization and Technological Capabilities: Evidence from Mexico's Patent Records ca. 1870-1911" en *Estudios de Económicos*, vol. 42- No. 2, diciembre (2015).
- Borrallo, Milagrosa, "El acero como material estructuras: Ventajas e inconvenientes". en *Revista De Edificación*, 27 (1998).
- Brandt Daniel A., *Metallurgy fundamentals* (United States of America: Goodheart Willcox, 1992).
- Caple Chris, *Conservation Skills, Judgement, Method and Decision Making* (London and New York: Routledge, 2000).
- Casillas, Alberto, *Guillermo Kahlo, fotógrafo de fundidora* (México: EK, 2017).
- Carta de Nizhny, Tagil*, 2003.
- Carta de Monterrey*, 2006.
- Camacho Thelma Morfín, "Los Álbumes de El Buen Tono: fotografía y catalicismo social" (México, 1894-1909), *Boletín Americanista*, año LXV 2. No. 71, Barcelona.
- Camacho Thelma Morfín, "Las Historietas de el Buen Tono (1904-1922). Un capítulo de la litografía industrial en México" (Tesis de doctorado: UNAM, 2005).
- Camino María, Rodríguez María, Saez María, "Técnica de construcción en hierro (ss XIX-XX): el sistema Polonceau, Construcciones singulares de Valladolid". *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, 1, 2015, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5574068>
- Chanfón Carlos, Vargas Ramón (coord.) *Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Mexicanos, El México Independiente, Afirmación del Nacionalismo y la modernidad* (México, UNAM:1998)
- Cigarette Rolling Machine, consultado en <https://windycitycigars.com/cigarette-rolling-machine-invented-in-1880/>

Coleccionista de vitolas de puros, consultado en <http://www.jaberni-coleccionismo-vitolas.com/1A.2-Cultivo-y-Elaboracion%20del%20Tabaco.htm>

Colección digitalizada de fundación ICA

Colección Museo Numismático Nacional, Antigua Casa de Moneda de México, visita realizada el 28 de abril del 2023.

Contreras Jannen, Peñuelas Gabriela, (coord.), *Problemática y diagnóstico de sistemas constructivos con metales: Estado del arte* (México: ENCRYM-INAH, CONACULTA, 2015).

Costa Virginia, *Modern Metals in Cultural Heritage, Understanding and characterization* (Los Ángeles: Getty Conservation Institute, 2019).

Criterios de Conservación de Patrimonio Arquitectónico del siglo XX, Documento de Madrid, 2011.

Dembo, Nancy, *La relación forma-función en el lenguaje estructural del siglo XX*, Universidad Central de Venezuela, (Caracas: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, 2003).

De Mier, Sebastian, *México en la Exposición Universal Internacional de París-1900*, París, J. Dumoulin, 1901, consultado en <http://asociaciondeescritoresmex.org/archivo/G/14/06.pdf>

Di Lorenzo Gianmaria, Formisano Antonio, Terracciano Giusy, Landolfo Raffael, “Iron alloys and structural steels from XIX century until today: Evolution of mechanical properties and proposal of a rapid identification method” en *Construction and Building Materials*, vol. 302, October 4, (2021), consultado en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821018924>

Donald Friedman, *Historical building construction, Desing, materials & technology* (New York: W.W.Norton&company, 2010).

El Arte del Hierro Fundido, *Artes de México*, No. 72 (2004).

F u e n t e s c o n s u l t a d a s

El informador, *Periódico independiente de la vida regional*, Celaya Gto. , 29 de Septiembre 1929 Núm. 206. Tomo 5

El informador, Celaya Gto., 10 de Mayo 1930.

El informador, *Periódico independiente de la vida regional*, Celaya Gto., 1 de Febrero 1930 Núm. 223. Tomo 5.

Facebook Descubriendo Celaya

Figueroa Constancio, *Aceros y aleaciones, propiedades, aplicaciones y soldabilidad* (México: Gráfica Turriles, 1984).

FLPHTML5, *weltausstellung1900c*, consultado en <https://fiphtml5.com/immj/wdoy/basic/201-250>

Gómez Eulalio, *Celaya: Tu Corazón* (Celaya: Gobierno Municipal de Celaya, Sistema Municipal de Arte y Cultura de Celaya, 2012).

González-Varas Ignacio, *Conservación de Bienes Culturales, teoría, historia, principios y normas* (Madrid: Cátedra, 2006).

González Guillermo, “La Industria cigarrera del Buen Tono en Celaya” en *Voces Nuevas, historias viejas, apuntes para la historia de Celaya*, Estefanía Juárez, Guillermo González, Pablo Pérez (México: Instituto de Arte y Cultura de Celaya, 2018).

Haber Stephen, “Mercado interno, industrialización y banca, 1890-1929”, en (coord.) Sandra Kuntz, *Historia económica general de México: De la Colonia a nuestros días* (México: COLMEX, 2010).

Haber Stephen, "La industrialización de México: historiografía y análisis", en *Historia Mexicana* vol. 42 No. 3 (1993), consultado en <https://historiamexicana.colmex.mx/index.php/RHM/article/view/2236/1881>

Hobsbawm, Eric, *The Age of Capital 1848-1875*, traducido por Ángel García y Carlo A. Caranci (Londres: Weidenfeld and Nicholson, 1975).

- Hobsbawm, Eric, *The Age of the Revolution. Europe 1789-1848*, (Londres: Weidenfeld and Nicholson, 1962).
- Hernández Mariano, *El hierro en la construcción*, (Barcelona: CEAC, 1978).
- Holappa Lauri, "Historical overview on the development of converter steelmaking from Bessemer to modern practices and future outlook" en *Mineral Processing and Extractive Metallurgy: Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy*, vol. 128, No.1-2 (2019).
- Huisman Denis, *La Estética industrial* (Barcelona: oikus-tau, 1971).
- ICOMOS, *The Illustrated Burra Charter, Making good decisions about the care of important place*, (Brisbane: ICOMOS, 1992).
- ICOMOS, *Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico*, traducción, Agnés Gonzáñes Dalmau, (Cataluña: ICOMOS, 2004).
- ICOMOS, *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*, (Zimbabwe: ICOMOS, 2003).
- ICOMOS, *Carta de Burra* (Burra: ICOMOS, 1964).
- ICOMOS, *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*, (Zim-babwe: ICOMOS, 2003).
- ICOMOS, *Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios* (Venecia: ICOMOS, 1964).
- IMER, *La B grande de México*, consultado en <https://www.imer.mx/xeb/hace-99-anos/>
- INAH, *Lineamientos institucionales generales en materia en conservación del patrimonio cultural* (México: INAH, 2014).
- Instituto de Estudios Políticos Económicos y Sociales, Partido Revolucionario Institucional, *La Siderurgia en México* (México: PRI,1975).
- Iturburu F., *Siderurgia* (Bueno Aires: CAYMI, 1946).
- Katzman Israel, *Introducción a la arquitectura del siglo XIX en México* (México:

F u e n t e s c o n s u l t a d a s

- Universidad Iberoamericana, 2016).
- Kienert G., *Construcciones metálicas, remachadas y soldadas, Productos siderúrgicos de construcción organos de enlace*. Juntas tipo (Bilbao: Urmo, 1972).
- Knight Alan, "La revolución mexicana: su dimensión económica, 1900-1930", en *Historia económica general de México de la Colonia a nuestros días*, (Coord.) Sandra Kuntz (México: COLMEX, 2010).
- Kuntz Sandra, "De las reformas liberales a la Gran Depresión, 1856-1929", en (Coord.) Sandra Kuntz, *Historia económica general de México: De la Colonia a nuestros días* (México: COLMEX, 2010).
- Kuntz, Sandra, Speckman Elisa, "El Porfiriato", en *Nueva historia general de México* (México: COLMEX, 2019).
- LANMO-UNAM, ENES Morelia, Michoacán. *Espacio de trabajo interinstitucional para el estudio multidisciplinario de los discursos orales y las manifestaciones asociadas a ellos*.
- L' Exposition de París 1900, (Paris: Montgredien: 1900), consultado en <https://fliphtml5.com/immj/wdoy/basic/201-250>
- Lozada Guadalupe, "El Buen Tono" en *Relatos e historias de México*, Año 10, No. 111, (México: 2017).
- Ludlow Leonor, "Crecimiento económico y dependencia dentro del porfiriato", Estudios políticos vol. 4 No. 13-14, (1978) consultado en <https://doi.org/10.22201/fcpys.24484903e.1978.13-14.60559>
- Martínez Eleocadio "Convertirse en ex obreros, Cambios y continuidades en las identidades de los trabajadores de Fundidora de Monterrey" (Tesis de doctorado: COLMEX, 2008).
- Martínez, Lorenzo, *Acero: la ciencia desde México* (México: FCE, 1989).
- Martínez Patricia, *El Palacio de Hierro, Arranque de la modernidad en la Ciudad de*

- México* (Ciudad de México: UNAM, 2005).
- McCormac, Jack, *Diseño de estructuras metálicas* (México: Representación y servicio de ingeniería, S.A., 1983).
- Mediateca, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Meyer Jean, "Los franceses en México durante el siglo XIX", *Relaciones estudios de historia y sociedad* vol. I (1980), consultado en <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://sitios.colmich.edu.mx/relaciones25/files/revistas/002/JeanMeyer.pdf>
- Museums Victoria, *Fotografía en escala de grises del hombre frente a una máquina mecánica*, consultado en <https://unsplash.com/es/fotos/9Prj6M-JAaA>
- Navascués Palacio Pedro, Palacio, "Ingeniería, hierro y arquitectura en el siglo XIX", en *De Re Metallica: Ingeniería, hierro y arquitectura*, (coord.) Pedro Navascués Palacio y Bernardo Revuelta Pol (Madrid: Fundación Juanelo Turriano, 2016), consultado en https://issuu.com/juaneloturriano/docs/de_re_metallica-issuu
- Palmer Marilyn, Neaverson Peter, *Industrial Archaeology, principles and practice* (Nueva York: Routledge, 1998).
- Peña, Alberto. 2003. "Restauración del Palacio Municipal de Hierro Orizaba Veracruz. Un edificio prefabricado el siglo XIX" (Tesis de maestría: UNAM, 2003).
- Pérez Javier, "Inversiones francesas en la modernidad porfirista: mecanismos y actores" en *México Francia. Memoria de una sensibilidad común, siglos XIX-XX*, (Coord.) Javier Pérez, Chantal Cramaussel (México: BUAP, COLMICH, CEMCA, 2004).
- Picazo Álvaro, "Medios de unión de estructuras metálicas", *I Jornada Nacional de Investigación en Edificación, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Universidad Politécnica de Madrid*, (2007), consultado en <https://oa.upm.es/3786/>
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Celaya, Guanajuato, 2009.* <https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/>

F u e n t e s c o n s u l t a d a s

[datos_geograficos/11/11007.pdf](#)

Prado Ricardo, *Procedimientos de restauración y materiales, protección y conservación de edificios artísticos e históricos* (México: Trillas, 2000).

Prado Ricardo, *La teoría y la práctica en el proyecto de restauración* (México: ENEAGONO, 2009).

Prado Ricardo, "José Villagrán García (Septiembre 1901-Julio 1982), Comentario", en *Teoría de la restauración dos grandes teóricos mexicanos, José Villagrán/Enrique del Moral, conferencias, Carlos Cejudo, Ricardo Prado* (México: ENEAGONO, 2018).

Rabun J. Stanley, *Structural analysis of historic buildings, Restoration, preservation and adaptive reuse applications for architects and engineers* (New York: Jhon Wiley, 2000).

Rodríguez Claudia, "Fundación y desarrollo de la fábrica de cigarros El Buen Tono, S.A." en *Palabrade Clío, Revista de divulgación histórica*, Año 1, No. 1, (México: 2007).

Rodríguez Pérez Claudia, *Breve historia de la fábrica de cigarros "El Buen Tono, S.A."* consultado en http://www.palabradeclio.com.mx/src_pdf/BuenTono.pdf

Ruiz Diana, "Registro y documentación de la maquinaria de producción como medida de conservación del documento histórico. El caso de la prensa de acuñación denominada La Bailarina perteneciente a la colección del Museo Numismático Nacional, (Tesis de licenciatura: ENCRYM-INAH, 2018).

Saldierna, Elisa. 2013. "El hierro en los mercados porfirianos. Caso de estudio: mercado Hidalgo, Guanajuato, Guanajuato" (Tesis de maestría: UNAM, 2013).

Saloma Gutiérrez Ana María, Tres historias en torno a la industrialización del tabaco: España, México y Cuba. De la manufactura artesanal a la maquinización, en *Cuicuilco Revista de la Escuela Nacional de Antropología e Historia*, Vol. 10 No. 29, (México: 2003).

- Santa Ana Perla R., Santa Ana Lucía G, *Evolución de los sistemas constructivos y su repercusión en la arquitectura* (México: UNAM, 2020), consultado en, <https://arquitectura.unam.mx/libros.html>
- Scott David, Eggert Gerhard, *Iron and steel in art, Corrosion, Colorants Conservation* (Great Britain: Archetype Publications, 2009).
- Serrano Pablo Serrano, "Celaya Porfiriana" en *Relatos e Historia en México*, año XI No. 123, Noviembre (México: Raíces, 2018).
- Sobrino Julián, *Arquitectura de la Industria en Andalucía* (Andalucía: Instituto de Fomento de Andalucía, 1998).
- El Sol del Bajío* <https://www.elsoldelbajio.com.mx/local/incendio-fue-provocado-y-no-afecta-obradel-hub-7552414.html>
- Tello Berta, *Santa María la Ribera*. (México: Clío, 1998).
- UNE Normalización Española, *CTN41/SC8-Conservación, Restauración y Rehabilitación de Edificios*, consultado en <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/comites-tecnicos-de-normalizacion/comite/?c=CTN%2041/SC%208>
- Vassallo, Roberta, "La arquitectura del hierro en México durante el porfiriato" (Tesis de doctorado: IIE-UNAM, 2013).
- Vega Alicia, "El proceso de modernización de la cigarrera El Buen Tono (1884-1915). La interacción entre la ciencia y la tecnología" (Tesina de licenciatura: UAM, 2008).
<https://www.mexicoenfotos.com/mobile/photo.php?id=MX14747276177767>,
<https://www.elsoldelbajio.com.mx/local/inicia-el-martes-obra-de-el-buen-tono-7502686.html>

Agradecimientos

Gracias a mi casa de estudios, **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)** por otorgarme el privilegio de acceder al conocimiento y fortalecerme como investigadora, por teñir mi sangre - azul y hacer mi piel dorada. Al

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), por permitirme acceder al patrimonio cultural y fortalecer mi crecimiento profesionalmente.

A la **Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable del estado de Guanajuato** particularmente al secretario Lic. Ramón Alfaro por facilitarme el acceso al inmueble de el Buen Tono, así como otorgarme el apoyo necesario para el desarrollo de mi trabajo *in situ*, sin ello, esta investigación no hubiera sido posible. Extiendo este agradecimiento a las instancias estatales que me brindaron su ayuda y sumaron al desarrollo de mi investigación: Centro INAH-Guanajuato, particularmente a la Dra. Carolusa González Tirado, al cronista del municipio de Celaya Fernando Amate, al Hist. Pablo Pérez; al Coordinador del archivo general municipal Guillermo González, a la Arq. Claudia Muciño, a la Arq. Libia, cada uno de ellos apuntaló mi investigación desde su labor profesional.

A todos los **Académicos de la UNAM** que me apoyaron en la aplicación de ensayos, Dra. Ana Laura Ramírez, Dr. Julio Alberto Juárez Islas, a la M. en C. Eliezer Hernández Mecinas del laboratorio de ensayos mecánicos; la M. en C. Adriana Tejeda Cruz del laboratorio de difracción de rayos X; el Fis. Josué Esau Romero Ibarra, el Dr. Omar Novelo Peralta, la Dra. Lourdes Soledad Bazán Díaz y al Fis. Carlos Flores Morales de microscopía electrónica del Instituto de Investigaciones en Materiales. A mis compañeros del equipo de trabajo “Vanguard Metals Development” del Instituto de Investigaciones en Materiales: Esteban Aburto Perdomo, Gerardo Adrián Cruz Herrera, Daniel Ruíz Rodríguez y muy especialmente a Helios López Miranda por todo su apoyo brindado en la parte experimental del estudio.

Gracias a las instituciones que me dieron trabajo durante el tiempo como maestrante, porque gracias a esos contratos laborales logré solventar mis estudios y sostener esta investigación. Al Museo Dolores Olmedo Patiño, particularmente a Josefina García, a la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC-INAH): María del Carmen Castro, Lucía de la Parra y Sara Fernández, así como a la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) particularmente a Dulce Alvarado. Cada uno de los proyectos fortaleció mis principios éticos, profesionales



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

y de planeación en mi quehacer profesional, realmente agradezco la confianza depositada, el apoyo, la tolerancia, pero sobre todo por creer en mi.

Un agradecimiento especial a quienes fueron **mi luz** en este andar, al Dr. Ricardo Prado Núñez quien creyó siempre en mí y me brindó acompañamiento en este camino, por impulsarme a construir mis cimientos en este mundo de la restauración del patrimonio arquitectónico, pero sobre todo porque nunca cortó mis alas y me apoyo a fortalecer mi proceso de aprendizaje. A mi co-tutora la Dra. Ana Laura Ramírez por su calidad humana, por su apoyo, sinceridad, practicidad, a su lado la química se vuelve un mundo fascinante de átomos, curvas, microestructuras, gracias por ser una mujer que inspira, por ser un ejemplo de mujer guerrera y recordarme que siempre hay que darnos nuestro lugar como profesionales, gracias por tanto. A la Dra. Lourdes Cruz González por su tiempo, paciencia y conocimiento. Al Dr. Tarsicio Pastrana porque me permitió desarrollar, descubrir y compartir otra de mis facetas profesional. A la Dra. Diana Ramiro y a la Mtra. Yumari por instruirme y aclarar mis ideas como investigadora.

Extiendo este agradecimiento a la Dra. Raquel Beato King porque años atrás me instruyó, me sensibilizó y enseñó a leer historia a través del patrimonio cultural, sus consejos son uno de mis grandes tesoros, a la Mtra. María del Pilar Tapia porque desde el día que la conocí en la ENCRYM solo recibí ayuda, acompañamiento y orientación, gracias por ser mi maestra en este camino industrial. Al Dr. Andrés Sánchez por brindarme su amistad pues nunca imaginé conocerlo y ver que es un fantástico ser humano, siempre tu *fan*, gracias por compartir tu saberes. A la Arq. Marta Lameda Díaz Osnaya porque fue una pieza clave, gracias por escucharme y apoyarme.

Gracias **a Dios** por otorgarme vida, salud, valentía pero sobre todo un corazón lleno de amor, fortaleza, sentimientos mil y ética hacia mi profesión. Gracias infinitas a mi familia, especialmente **a mi madre** María del Carmen Portilla por su apoyo, su tolerancia y por las sesiones de capuchinos con pan, nunca tendré como pagar tanto amor, a mi sobrino Jorge Arturo por existir y enseñarme cosas en el día a día: el camino es duro pero sí se puede. Este logro es de mi familia y mis ancestros, lo que soy se lo debo a ustedes: "tesón puro". A mi abuela Amelia (†) por heredarme sus raíces oaxaqueñas que orgullosamente llevo día a día, a mi hermana Leticia (†) porque siempre te pienso para seguir. A mi Mtro. Esteban Jiménez (†) porque dejó huella en mi corazón, su conocimiento sobre industria, máquinas, tornillos y el cariño hacia el quehacer profesional, gracias por su conocimiento.

También agradezco **a mis amigos** por su apoyo y acompañamiento, porque cada uno de ellos sumó a mi proyecto de investigación para hacer posible este sueño. Berenice Mejía los viajes a Celaya siempre fueron una aventura ¡gracias tía! por enseñarme a ser valiente y ser una mujer correosa, ¡¡¡ya sabes, cosa casual!!!. A Mariana Eva gracias por becarme con tu cámara, a Manuel Torres por escucharme, apoyarme en momentos frágiles, por ser uno de los hombres con quien me he sentido realmente protegida y acompañada, gracias por el libro sobre conservación de metales, te costó un día en Madrid pero eso solo me demuestra tu amor. A Laura Martínez porque tu visión y consejos me han ayudado a descubrirme, a Joel Hernández por compartirme tus saberes y tu amistad. A Luis Ibáñez por compartirme tu conocimiento y obvio por las sesiones de postres, ¡azúcar mill!, a Iván Murillo por quererme poquito, escuchar mis largos audios y estar ahí siempre. A Angélica Granados por estar siempre, por tus oraciones y consejos, a Ixchel García por estar en el momento de mi reconstrucción.

A mi generación 2020-1: Fernanda, Andrés, Bárbara, Daniela, Héctor, Frank, Paulina, Citlalli, Estefy y Rodrigo, por ser los arquitectos más inclusivos que he conocido, fue fantástico coincidir con ustedes en este camino, por lo menos en las aulas del posgrado fueron increíbles, ya nos veremos en el trabajo en campo-obra.

Esta investigación no sólo fue un trabajo académico para obtener mi grado, se convirtió en un proyecto de vida que me permitió fortalecer amistades, despedirme de otras y conocer nuevas, pero sobre todo sentirme querida por todos ustedes, gracias por tanto **AMOR**, por ayudarme a realizar una investigación que llenó mi corazón de luz, alegrías, tristezas, coraje, felicidad, entusiasmo, pasión y esperanza.

Cierro un capítulo más en el mundo de los metales, los remaches, el aceite, las estructuras y la arquitectura industrial, acompañada de mis amistades, mi familia, mis jefas, mis maestros de vida, espirituales y de Academia, con nuevas amistades, nuevos retos, nuevas aspiraciones, más sueños, sin duda, la arquitectura industrial fue el mejor aliciente en tiempos pandémicos.

**Patricia Ruiz
2024**