



**Remodelación de zona de hornos de temple en planta de Industrias Metálicas Corsan S.A**

Dayana Gutiérrez Pérez

Informe final de Semestre de industria presentado como requisito para optar al título de:  
Ingeniera Mecánica

Asesor

Silvio Andrés Salazar Martínez, MsC

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Medellín  
2022

**Referencia**

- [1] D. Gutierrez Pérez, “Remodelación de zona de hornos de temple en planta de Industrias Metálicas Corsan S.A”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica Universidad de Antioquia, Medellín, 2023.

Estilo IEEE (2020)



Centro de Documentación de Ingeniería

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio César Saldarriaga Molina.

**Jefe departamento:** Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar la consecución de este trabajo en primer lugar a mis padres, Dora Isabel y Álvaro, quienes me han acompañado en cada una de las etapas de mi vida y estuvieron siempre presentes contribuyendo con todo aquello que estuvo en sus manos, a lo largo de toda mi carrera profesional, siendo testigos de mis pequeños y grandes triunfos, así como de mis derrotas, pues de no ser por ellos y su apoyo constante, no habría podido lograr llegar a la instancia en la que me encuentro hoy. De la misma manera, quiero mencionar a mi abuela materna Amparo Silva, y agradecerle el hecho de haber creído en mí desde el primer momento, y que hoy representa un orgullo para mí poder decirle que seré su primera nieta en convertirse en profesional.

## **Agradecimientos**

Quiero iniciar agradeciendo a mi familia, quienes durante toda mi carrera profesional me brindaron su apoyo en tantas maneras y estuvieron presentes para brindar una palabra de aliento en los momentos en los que más los necesité. También, agradecer a mis compañeros de carrera y aquellos que se convirtieron en amigos, con quienes enfrenté tantas situaciones que se transformaron en retos, que fueron un gran apoyo emocional y con los que viví momentos inolvidables que contribuyeron a mi crecimiento a nivel profesional y como persona. Del mismo modo, agradecer a mis profesores de la UdeA, por transmitir sus conocimientos y formarme como profesional, al tiempo que contribuyeron en la formación de mi carácter y mi desarrollo personal. Por último, quiero agradecer a Industrias Metálicas Corsan S.A y todo su personal, por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas académicas en sus instalaciones y tener la posibilidad de poner a prueba todo aquello que aprendí a lo largo de mis años de estudio como Ingeniera mecánica, mientras que me acogieron como un miembro más de su familia y que además de cumplir con un requisito académico, tuve la oportunidad de evidenciar muchas de las valiosas posibilidades que tiene la vida para ofrecerme por medio de la carrera que escogí.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
ABSTRACT .....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	10
II. OBJETIVOS.....	12
A. Objetivo general .....	12
B. Objetivos específicos.....	12
III. MARCO TEÓRICO.....	13
Know How de una compañía .....	13
Tratamientos Térmicos.....	14
1. Cementado .....	14
2. Temple .....	15
3. Revenido.....	19
4. Atmósferas controladas .....	20
Descripción general del Horno CHR de Corsan .....	21
IV. METODOLOGÍA .....	23
V. RESULTADOS .....	25
Alcance del Proyecto.....	25
Ejecución del proyecto .....	31
VI. ANÁLISIS .....	47
VII. CONCLUSIONES .....	49
REFERENCIAS .....	51
ANEXOS.....	53

## LISTA DE TABLAS

TABLA I.....	27
TABLA II.....	29
TABLA III.....	29
TABLA IV .....	31
TABLA V.....	31
TABLA VI .....	32
TABLA VII.....	32
TABLA VIII.....	32
TABLA IX .....	33
TABLA X.....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de un <i>Know How</i> . .....	13
Figura 2. Temperaturas de austenización para el temple. ....	16
Figura 3. Temple ordinario.....	17
Figura 4. Variación general de temperatura y núcleo de una pieza. ....	18
Figura 5. Enfriamiento. ....	19
Figura 6. Hornos basculantes de temple de Corsan. ....	21
Figura 7. Zona de temple y revenido de Corsan. ....	26
Figura 8. Condiciones de la plataforma de seguridad. ....	26
Figura 9. Generación de vapores por el temple de clavos.....	27
Figura 10. Distribución de hornos de temple. ....	30
Figura 11. Avances de fabricación de sistema de extracción.....	35
Figura 12 Avances de fabricación de la plataforma de seguridad.....	36
Figura 13. Desmontaje de la plataforma. ....	37
Figura 14. Resultado del desmontaje de la estructura. ....	37
Figura 15. Montaje inicial de plataforma de seguridad.....	38
Figura 16. Ubicación del equipo extractor. ....	39
Figura 17. Inicio de instalación de quemadores. ....	39
Figura 18. Inicio de instalación de tablero eléctrico. ....	40
Figura 19. Fabricación de módulo de tanques de la plataforma.....	40
Figura 20. Construcción de escaleras de acceso a la plataforma. ....	41
Figura 22. Instalación de campanas de extracción. ....	41
Figura 23. Instalación de cajones de carga de producción. ....	42
Figura 24. Inicio de instalación de pasamanos en plataforma.....	42
Figura 25. Chimenea para liberación de humos. ....	43
Figura 26. Ducto para concentración de vapores. ....	44
Figura 27. Red de alimentación de combustibles.....	44
Figura 28. Quemadores de hornos de temple.....	45
Figura 28. Horno de revenido. ....	45
Figura 29. Ventilador para refrescar los operarios.....	46
Figura 30. Ductos para refrescar los operarios.....	46

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>TTT</b>	Temperatura, tiempo, transformación de austenita.
<b>m</b>	Metros
<b>kW</b>	Kilowatts
<b>kg</b>	Kilogramos
<b><math>A_{C1}</math></b>	Temperatura a la que comienza a formarse austenita durante el calentamiento
<b><math>A_{C3}</math></b>	Temperatura a la cual se completa la transformación de ferrita en austenita a lo largo del calentamiento
<b><math>M_s</math></b>	Temperatura a la cual empieza la transformación de austenita a martensita en el transcurso del enfriamiento
<b><math>Fe_3C</math></b>	Cementita o carburo de hierro
<b>C</b>	Carbono
<b>Fe</b>	Hierro
<b>PhD</b>	Philosophiae Doctor
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia

---

## RESUMEN

La compañía Industrias Metálicas Corsan S.A se dedica a la fabricación y comercialización de productos derivados del acero, y para su transformación incluye diferentes procesos como la trefilación y variedad de tratamientos térmicos, entre otros. Una de las áreas de mayor volumen en la compañía es el área de puntillería, en donde se fabrican diferentes variedades de clavos, y el proceso de temple y revenido desempeñan un papel fundamental para la obtención de clavos de acero. Actualmente, la zona de hornos de temple presenta algunas dificultades relacionadas con el sistema de extracción, el estado de los equipos y de la plataforma de seguridad, y con el objetivo de solucionarlas al tiempo que se incrementa su disponibilidad, se plantea su remodelación, incluyendo la proyección de hornos adicionales para una mayor capacidad de producción. En el presente trabajo se pretende llevar a cabo el proyecto para la remodelación de esta zona, considerando los distintos subsistemas que intervienen en el proceso, los respectivos requerimientos ambientales y de seguridad, así como la intervención de diferentes proveedores.

***Palabras clave* — Tratamientos térmicos, hornos, remodelación, puntillería, diseño.**



---

ABSTRACT

The company Industrias Metálicas Corsan S.A is dedicated to the manufacture and marketing of products derived from steel, and for its transformation includes different processes such as wire drawing and variety of thermal treatments, among others. One of the largest areas in the company is the Nail Making, where different kind of nails are fabricated, and the tempered and annealing process plays a fundamental role in obtaining steel nails. Currently, the area of tempering furnaces presents some difficulties related to the extraction system, the state of the equipment and the safety platform, and in order to solve them while increasing their availability, it is proposed to remodel, including the projection of additional furnaces for enhanced production. In the present work is intended to carry out the project for the remodeling of this area, considering the different subsystems involved in the process, the respective environmental and safety requirements, as well as the intervention of several suppliers.

***Keywords*** — **Thermal treatments, furnaces, remodeling, Nail Making, desing.**

---

## I. INTRODUCCIÓN

Industrias Metálicas Corsan S.A es una empresa del sector metalmeccánico ubicada en la ciudad de Medellín, fundada en el año 1946 y dedicada a la producción y comercialización de diferentes elementos derivados del acero como alambres, clavos y tornillos. En este orden, es una compañía que cuenta con una variedad de procesos de transformación en aras de obtener las distintas propiedades que caracterizan cada uno de los productos a partir de la materia prima denominada alambrón, entre algunos de ellos se encuentran los procesos de trefilado, tratamientos térmicos como templado, revenido y recocido, así como el galvanizado de alambre.

Una de las áreas de mayor producción en la empresa es la de puntillería, que constituye la fabricación de una amplia gama de clavos con diferentes calibres y longitudes, y entre ellos, la variedad de clavo de acero, en la que interviene el tratamiento térmico denominado temple y revenido. Este tratamiento se realiza con la intención de modificar las propiedades mecánicas del material y en última instancia, dar una apariencia superficial determinada.

La actual zona de hornos de temple se encuentra ubicada en una plataforma metálica y presenta una serie de problemas técnicos que causan que su operación no sea eficiente, al tiempo que implica diferentes riesgos a nivel ambiental y de seguridad, tanto para los operarios de los hornos, como para los operarios de la planta en general. Entre los problemas más significativos se pueden enumerar deficiencias en el sistema de extracción, irregularidades en la plataforma que dificultan el tránsito sobre ella y finalmente, problemas operativos con los hornos. Por tales motivos, se plantea la remodelación de la zona, en donde se evalúan dos posibilidades iniciales: trasladar la zona de temple o modificar la zona actual.

En cuanto a los ítems a desarrollar en el proyecto y la inclusión de diferentes proveedores para las respectivas cotizaciones, se consideraron principalmente los siguientes aspectos: la modificación del sistema de extracción, el desmonte de la plataforma de seguridad actual y la fabricación de una nueva, el mantenimiento general de los hornos de temple y posibles mejoras en sus componentes, así como la automatización del proceso.

---

Las alternativas planteadas se evaluaron a partir del presupuesto requerido para las distintas actividades o modificaciones que implicaba cada una de ellas, en conjunto con un análisis de los recorridos que harían los productos al interior de la planta, para considerar los gastos generados a partir del transporte de los clavos de una zona a otra, al igual que se evaluó el retorno de la inversión necesaria y el tiempo requerido para el desarrollo del proyecto. En base a estos parámetros, se estructuró el proyecto que posteriormente se presentó ante la junta directiva de la compañía para la obtención del presupuesto y la posterior ejecución.

Finalmente, se optó por modificar la zona actual de hornos de temple, para lo cual se seleccionaron los proveedores más adecuados para cada uno de los ítems considerados, se planteó el cronograma del proyecto y se inició su ejecución, proyectando el montaje e instalación para las últimas dos semanas de diciembre del presente año. En el presente trabajo, se muestran los aspectos más relevantes en el planteamiento, análisis y desarrollo del proyecto.

---

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Proponer la remodelación de la zona de hornos de temple en la planta de Industrias Metálicas Corsan.

### *B. Objetivos específicos*

- Plantear un montaje de tipo modular de los diferentes sistemas requeridos en el proceso de temple para la adecuación del espacio destinado para su remodelación.
- Analizar los recorridos y movimientos necesarios para la fabricación de clavos de acero.
- Evaluar la intervención de diferentes proveedores para los diferentes subsistemas involucrados en el proceso de temple.
- Mejorar las condiciones de extracción de los humos generados en el proceso de temple.
- Mejorar las condiciones de salud y seguridad en el trabajo de los operarios de los hornos, y el personal de la planta en general.
- Incrementar la disponibilidad de los hornos de temple y la producción de clavos de acero, al tiempo que se reducen los costos de fabricación.
- Definir el cronograma de actividades para la ejecución del proyecto en la planta de Industrias Metálicas Corsan.
- Establecer la alternativa más adecuada para la remodelación de la zona de hornos de temple.

### III. MARCO TEÓRICO

#### *Know How de una compañía*

El término "*Know how*" es un neologismo del inglés que significa "saber hacer" y que a nivel empresarial hace referencia a un conjunto de conocimientos técnicos y de gestión que se hacen imprescindibles al momento de llevar a cabo alguno de los procesos de la empresa y que, además, no son susceptibles a protegerse por medio de una patente. Este término puede aplicarse tanto a la parte estratégica como a las partes operativas y técnicas de la organización, y puede considerarse un activo intangible [1], [2].

El *Know how* de una compañía se construye a partir de los siguientes elementos principales (ver Figura 1): el fundamento teórico y técnico, que provee la referencia de los conceptos y buenas prácticas dentro de una actividad o industria en especial; los procesos de negocio definidos, para señalar las particularidades del negocio y por último, una buena base de conocimiento, que se construye a partir de las personas que conozcan la estructura y el funcionamiento de la actividad o proceso en particular [2].

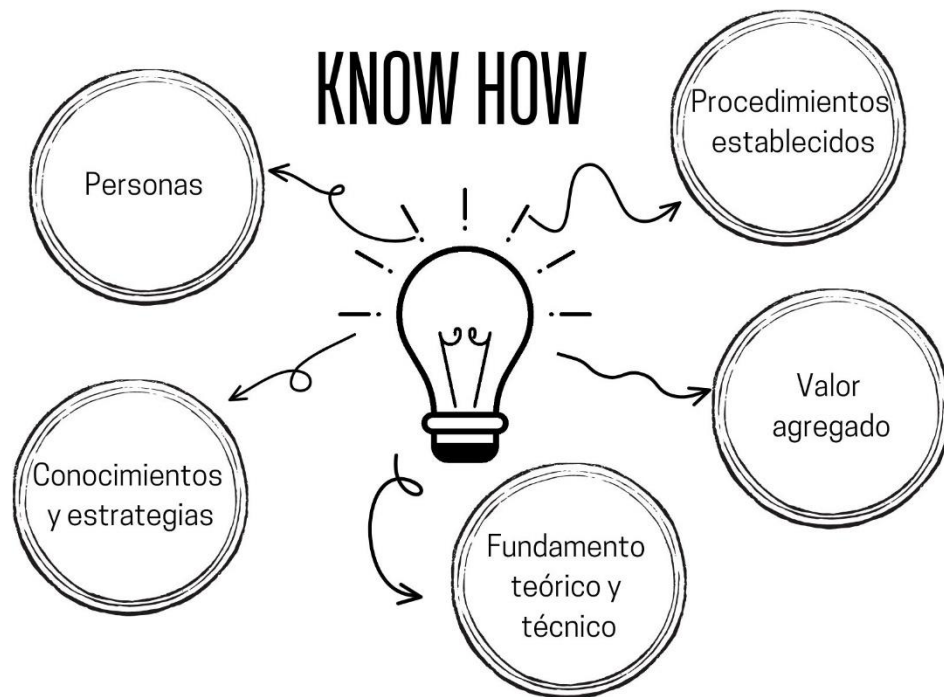


Figura 1. Elementos de un *Know How*.

---

De manera adicional, el *Know how* produce una ventaja competitiva sostenible, es decir, agrega un elemento diferenciador para la empresa que lo tiene sobre sus competidores. En este orden, dos características que son imprescindibles en un *Know how* son la susceptibilidad a ser replicado y escalonado por las personas de la compañía tomando como base las necesidades de negocio. De ahí, se tiene entonces que la replicabilidad hace referencia a la capacidad de realizar aquello que ya se hizo de buena manera una vez, en diferentes momentos y contextos y poder hacerlo una y otra vez sin deteriorar el resultado del producto de una manera significativa. Mientras que, con escalabilidad, se entiende como la capacidad de ejecutar al mismo tiempo la replicabilidad y la calidad de un servicio o producto generando economías de escala en cuanto a los costos y la utilización de recursos [2], [3].

Desde este punto, se puede comprender entonces que una de las bases del proyecto actual está relacionada con la protección y potencialización del *Know how* que se tiene en Industrias Metálicas Corsan para la fabricación de puntillería de acero en diferentes calibres y longitudes.

### *Tratamientos Térmicos*

Los tratamientos térmicos se hacen con el objetivo de modificar las propiedades mecánicas y en algunos casos, superficiales de los materiales. Dependiendo de las exigencias y requerimientos que deban cumplir los materiales, así como de su composición química y la forma y tamaño de las piezas, se determinan los periodos de calentamiento y enfriamiento, las temperaturas y condiciones bajo las cuales van a realizarse [4].

#### *1. Cementado*

El proceso de cementación es un tratamiento térmico que se realiza con la intención de modificar la composición de las piezas a nivel superficial, aumentando el contenido de carbono en esta zona. Con esta capa, se consigue una superficie de alta dureza que proporciona resistencia al desgaste y se aumenta el límite a la fatiga. Este proceso se realiza en aceros cuyo porcentaje de carbono no supera el 0.35%, motivo por el cual el núcleo de las piezas conserva la capacidad de absorber energía de impacto. La cementación se realiza a una temperatura superior a  $A_{C3}$ , manteniendo el acero en contacto con el medio cementante para permitir que el carbono se difunda en la red cristalina del hierro  $\gamma$  [5]–[7].

Normalmente, se implementan tratamientos térmicos complementarios, una de estas variantes es la cementación con temple directo, en la que se mantiene la temperatura por encima de la temperatura  $A_{C3}$ , que es la temperatura a la cual se completa la transformación de ferrita en austenita en el transcurso del calentamiento [8], durante el proceso de cementado y difusión, y el temple se realiza desde la temperatura de cementación en el medio deseado (agua, aceite, etc.) a partir de las características del acero [7]. No obstante, se tienen otras variaciones para este proceso, de las cuales se mencionan algunas a continuación:

- Cementación, homogeneización de temperatura y temple directo.
- Cementación con temple único sin afino de núcleo.
- Cementación con temple único y afino del grano del núcleo.
- Cementación, transformación isotérmica y temple.

## 2. Temple

El temple en los aceros tiene el propósito de endurecer y aumentar la resistencia mecánica de los mismos. Este proceso consiste en un calentamiento general del acero a una temperatura más elevada que la crítica superior, es decir, superior al punto  $A_{C3}$ , que representa el fin de la disolución de ferrita *proeutectoide* en austenita (ver Figura 2), posteriormente, se realiza un enfriamiento rápido en un medio de conveniencia para el material tratado, que puede ser aceite, agua, entre otros, este enfriamiento produce la transformación de la austenita en martensita, que a su vez implica la obtención de alta dureza y resistencia mecánica. La formación de martensita se ve afectada por la temperatura de temple, el sostenimiento de esta y la forma de enfriamiento, de manera que, si la temperatura es muy elevada, se produce una martensita de agujas gruesas a causa de la falta de gérmenes, algo que también se presenta cuando el tiempo de sostenimiento es muy largo.

La velocidad de enfriamiento depende de cada tipo de acero y debe ser superior en todos los casos a la velocidad crítica. El enfriamiento súbito produce un aumento en las tensiones térmicas y de transformación que se generan en el acero, por lo que generalmente, luego del proceso de temple, el tratamiento térmico se complementa con un revenido a una temperatura alrededor de los 200 °C, con el fin de aliviar estas tensiones sin tener afectaciones sensibles en la dureza. De

manera simultánea, el acero pierde sensibilidad al envejecimiento gracias a que la austenita residual se transforma en martensita y bainitas [5], [9].

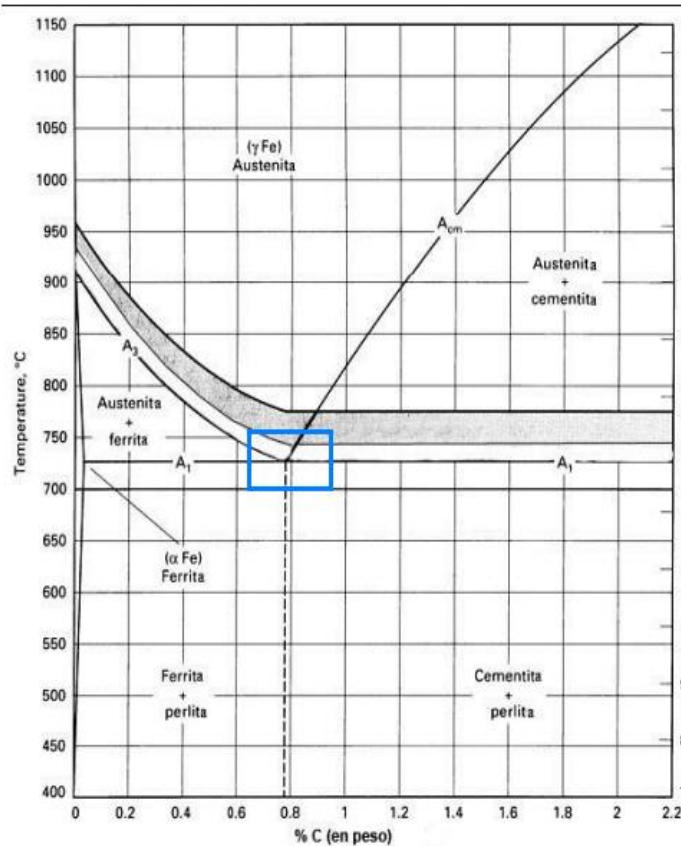


Figura 2. Temperaturas de austenización para el temple.

Nota: Fuente [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_anio/metalografia/10-Temple\\_y\\_Revenido\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/10-Temple_y_Revenido_v2.pdf). Cátedra: Metalografía y Tratamientos Térmicos, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires.

Existen diferentes tipos de temple, y algunos de ellos tienen una mayor complejidad en cuanto a los tiempos del proceso, los deltas de temperatura y los medios utilizados durante las diferentes etapas. Sin embargo, el temple ordinario es el tratamiento más ampliamente usado y se aplica en piezas que no estarán sometidas a exigencias muy grandes y en herramientas que deben alcanzar penetración en el temple [10]. Este último tratamiento, no suele implementarse en piezas con mucha complejidad geométrica o de materiales con mucha sensibilidad a la distorsión, ya que pueden producirse fisuras como consecuencia del enfriamiento brusco. Una representación general del temple ordinario, así como el respectivo diagrama T.T.T puede observarse en la Figura 3, en donde se presenta durante el calentamiento, la formación de austenita comienza alrededor de los



800°C ( $A_{C1}$ ), y posteriormente se completa la transformación de la ferrita en austenita, proceso denominado austenización, cerca de los 900°C ( $A_{C3}$ ), mientras que durante el enfriamiento, se muestra que en el transcurso del enfriamiento, la transformación de la austenita en martensita se da en temperaturas cercanas a los 400 °C ( $M_s$ ) [8].

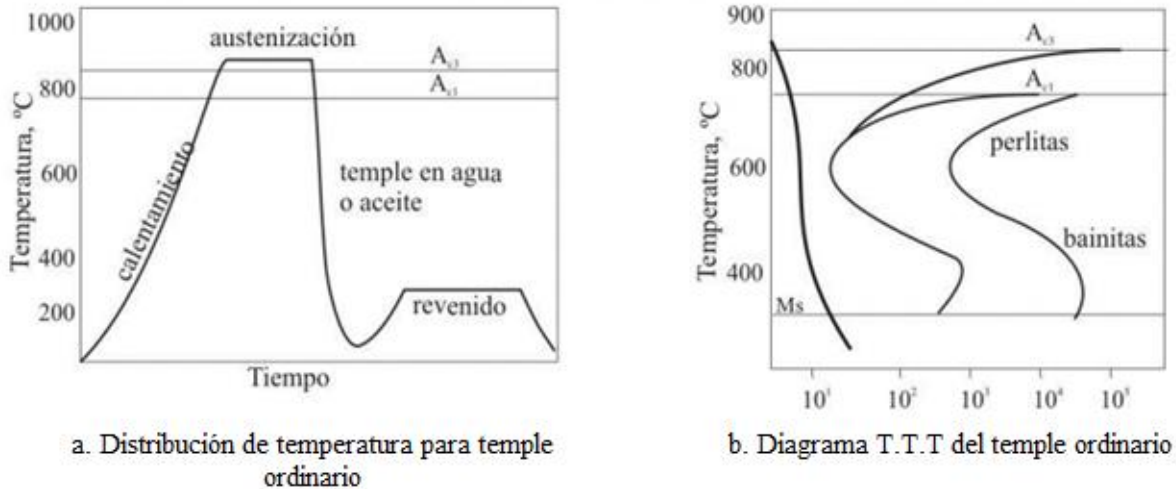


Figura 3. Temple ordinario.

Nota: Fuente [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_anio/metalografia/10-Temple\\_y\\_Revenido\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/10-Temple_y_Revenido_v2.pdf). Cátedra: Metalografía y Tratamientos Térmicos, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires.

- **Pre calentamiento:** En los aceros, el calentamiento origina tensiones térmicas que aumentan el peligro de agrietamiento o deformación de las piezas, como un reflejo de que su conductividad térmica es pequeña a bajas temperaturas. Por este motivo, es necesario realizar un pre calentamiento lentamente. Por ejemplo, para aceros de construcciones mecánicas y herramientas, puede pre calentarse entre 400 y 600°C cuando la temperatura del tratamiento es inferior a 900°C, o entre 600 y 700°C cuando es superior a 900°C, mientras que para aceros rápidos, que poseen una menor conductividad, es necesario realizar un pre calentamiento de dos etapas, la primera de ellas entre 300 y 400°C y después, a 850°C [9].
- **Calentamiento y sostenimiento:** La temperatura utilizada para el calentamiento depende del material y el medio de temple, de manera general se usa entre 20 y 30°C por encima cuando se temple en aceite en lugar de agua. Por su parte, el tiempo de calentamiento necesario para producir la disolución de los constituyentes y austenizar por completo se ve

determinado por la geometría de la pieza y su estructura previa, este periodo incluye tres etapas, que se presentan en la Figura 4:

- Tiempo para que la superficie de la pieza alcance la temperatura del horno.
- Tiempo para que la temperatura se distribuya al interior de la pieza hasta alcanzar la temperatura del horno en su centro.
- Tiempo verdadero de sostenimiento o mantenimiento para preparar la estructura adecuada para el temple.

Por otra parte, el tiempo de permanencia a temperatura es el que transcurre entre el momento en el que la temperatura es uniforme en toda la pieza y la homogeneización de la austenita [9].

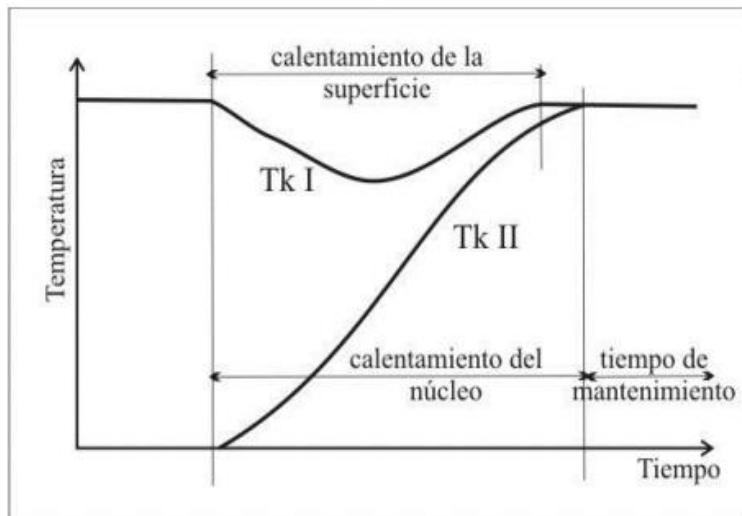


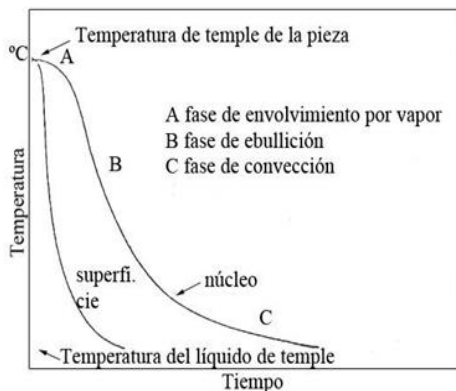
Figura 4. Variación general de temperatura y núcleo de una pieza.

Nota: Fuente [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_anio/metalografia/10-Temple\\_y\\_Revenido\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/10-Temple_y_Revenido_v2.pdf). Cátedra: Metalografía y Tratamientos Térmicos, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires.

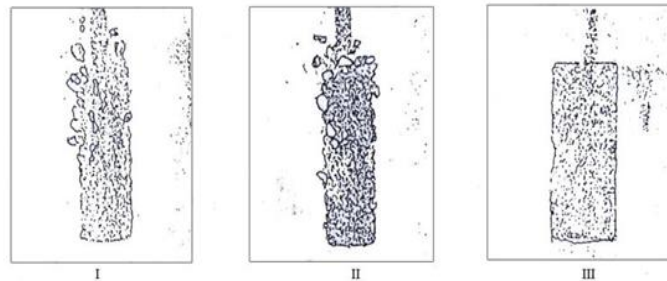
- **Enfriamiento:** La variación de la temperatura al interior de las piezas durante el enfriamiento se representa por medio de las curvas características de temple, y son diferentes entre la superficie y el núcleo de la pieza (ver Figura 5) [9]. Durante el enfriamiento ocurren tres fases:
  - Recubrimiento de vapor: Las piezas quedan rodeadas de vapor y el enfriamiento se produce por conducción y radiación a través de esta capa, por lo que se hace muy

lentamente a causa de que los vapores son malos conductores térmicos. A mayor temperatura del líquido de temple, más duradera es esta fase.

- Ebullición: Una vez que la temperatura en las piezas ha descendido lo suficiente, se producen una gran cantidad de burbujas que son arrastradas por convección y reabsorbidas por el líquido circundante. De esta manera, se extrae el calor a una alta velocidad y no se presentan riesgos de agrietamiento, gracias a que se mantiene la estructura austenítica. Esta etapa es la de mayor influencia en el temple y debe garantizar el endurecimiento.
- Convección y conducción: Comienza una vez que la pieza se ha enfriado a una temperatura cercana a la temperatura de ebullición del líquido, el proceso de enfriamiento continua de una manera más lenta que durante la ebullición.



a. Curvas típicas de enfriamiento.



b. Fases durante el enfriamiento.  
 A. Recubrimiento de vapor; B. Ebullición; C. Convección

Figura 5. Enfriamiento.

Nota: Fuente [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_anio/metalografia/10-Temple\\_y\\_Revenido\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/10-Temple_y_Revenido_v2.pdf). Cátedra: Metalografía y Tratamientos Térmicos, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires.

### 3. Revenido

Por lo general, los aceros después del temple quedan con una elevada dureza, pero con una gran fragilidad a causa de los átomos de *C* atrapados en la red cristalina del *Fe*. Para corregir este efecto, se utiliza un revenido, que es un tratamiento térmico en el que se produce un calentamiento del material a una temperatura más baja que su temperatura crítica inferior ( $A_{C1}$ ) [5], [9]. El revenido

---

involucra la precipitación y coalescencia de varios carburos de  $Fe$  y otros elementos aleantes, dependiendo del tipo de acero. En este procedimiento se pueden presentar distintas etapas de acuerdo con las temperaturas utilizadas durante su realización [5], [9]:

- Calentamiento a temperaturas entre 150-200°C, produce oscurecimiento de la martensita, que se transforma de martensita  $\alpha$  (tetragonal) a martensita  $\beta$  (cúbica).
- A partir de los 200°C. En aceros de alto porcentaje de  $C$  se puede producir un endurecimiento por encima del efecto de ablandamiento en la martensita con una adecuada dispersión y suficiente precipitación de carburos.
- Se da en aceros en los que queda austenita retenida después del temple, es decir, principalmente en los aleados, y cuando se supera el punto  $M_s$  en el revenido, la austenita se comienza a transformar en bainita y se puede manifestar una resistencia al ablandamiento si la cantidad de austenita es elevada.
- Temperaturas cercanas a los 280°C, se disuelven los carburos y se produce la formación de  $Fe_3C$ .
- Temperaturas mayores a 450°C, se produce retardo de ablandamiento y dureza secundaria en aceros aleados, como resultado de la difusión del carbono.

#### 4. *Atmósferas controladas*

Durante la realización de los diferentes tratamientos térmicos, la presencia de oxígeno del aire y otros gases oxidantes pueden producir oxidación de las capas superficiales junto con la formación de la llamada cascarilla, que envuelve todo el material y si se presenta en grandes cantidades, puede separarse con mucha facilidad. Este óxido genera pérdidas de material y permite que se presenten irregularidades superficiales, dificultando a su vez el control de las tolerancias dimensionales. De forma similar, otro efecto indeseado en un tratamiento térmico es la descarburación a nivel superficial, que representa una pérdida de carbono en las zonas periféricas de las piezas y que puede disminuir la resistencia del material [5], [11].

Desde este punto, se da la aplicación de las atmósferas controladas, que hacen referencia a que, durante el tratamiento térmico, la cámara del horno y el material se encuentran rodeados o protegidos por un gas o mezcla de gases determinados, cuyas características responden a las

necesidades de cada proceso y producto. Entre los métodos más tradicionales para este proceso, se encuentran los generadores exotérmicos, endotérmicos y de disociación del amoníaco, cuya característica en común es el nitrógeno [5].

#### *Descripción general del Horno CHR de Corsan*

Los hornos que se tienen en la planta de Corsan están constituidos por una base de ladrillo refractario duro en la superficie y blando al interior, cuentan con una retorta giratoria fabricada en lámina de AISI SAE 310, en cuyo interior se alojan las puntillas y tornillos para el tratamiento térmico de temple y poseen un sistema de tipo basculante para la descarga de las puntillas (ver Figura 6). Adicionalmente, tienen una potencia de 45 kW y una capacidad máxima aproximada de 90 kg por hora.



Figura 6. Hornos basculantes de temple de Corsan.

El calentamiento en este tipo de hornos se da por combustibles gaseosos, en donde se utiliza el gas natural y resistencias eléctricas. No obstante, el proceso de temple también implica un consumo adicional de nitrógeno, utilizado para la generación de la atmósfera protectora y de propano, usado para mejorar las características superficiales de las puntillas.

- **Encendido del horno:** El horno debe llevarse a una temperatura de 400°C en un periodo de 7 horas, en el que se realizan incrementos de 50°C cada hora. Posteriormente, se lleva a los 600°C en dos horas, con aumentos de 100°C y finalmente, se ajusta a la temperatura de trabajo.
- **Apagado del horno:** La temperatura se debe disminuir hasta los 300°C y desde este punto, mantenerlo por un tiempo de dos horas. Después, se apagan las resistencias eléctricas y finalmente, se apaga el motor de rotación de la retorta.

Por otra parte, con la intención de preservar las características y propiedades del horno, se recomienda que la temperatura no supere los 950°C durante el proceso. Además, se tienen ciertos cuidados durante el proceso de temple como verificar la entrada de los gases cada 8 horas de trabajo y el mechero frontal cada 2 horas.

---

#### IV. METODOLOGÍA

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados para el proyecto, a continuación, se describen las actividades más importantes que se llevaron a cabo para su ejecución:

- 1. Evaluación del proceso actual:** Se desarrolló una evaluación del proceso que se realizaba para el temple y revenido de los clavos de acero, en el cual se analizaron las características más críticas y condiciones más inseguras de este, con el fin de establecer los puntos a atacar y elementos por mejorar, todo esto con el fin de plantear un proyecto para dar solución.
- 2. Planteamiento de alternativas:** Se pensó en dos alternativas posibles para el proyecto, una que abarcaba el traslado de la zona actual, mientras que la segunda posibilidad consistía en remodelarla. En ambas opciones se consideró una ampliación a futuro y se evaluaron las condiciones que debían cumplirse para este objetivo.
- 3. Análisis de las alternativas:** Una vez que se establecieron las dos posibles respuestas para estructurar el proyecto, se definieron los frentes o subsistemas en los que se dividiría el proyecto y se procedió con la búsqueda de proveedores y contratistas. De acuerdo con las necesidades del proyecto, se planteaba tener al menos dos proveedores por ítem. Adicionalmente, se realizó un análisis de los recorridos o movimientos que deberían realizarse al interior de la planta para la producción de clavos de acero considerando ambas alternativas, ya que la modificación de las distancias y los espacios que intervienen en la producción está directamente relacionada con la variación entre los tiempos y los consumos energéticos que se requieren en el proceso productivo, lo cual se traduce en última instancia en un impacto en los costos de producción.
- 4. Visitas y selección de proveedores:** Luego de realizar la búsqueda de diferentes proveedores, se programaron visitas técnicas y reuniones posteriores en las que cada proveedor, estudió el requerimiento planteado y realizó una propuesta económica que se fue ajustando por medio de discusiones conjuntas entre Corsan y las empresas contratistas. Una vez que se reunieron todas las cotizaciones, se evaluaron los tiempos de fabricación,

---

tiempos de entrega y métodos de pago, se realizó una selección tentativa de los proveedores de acuerdo con cada ítem del proyecto.

- 5. Presentación del proyecto a la junta:** Con los proveedores definidos parcialmente, se realizó una aproximación al presupuesto total que sería requerido para el desarrollo del proyecto contemplando ambas alternativas, se analizó el impacto de este en los costos de producción del clavo y finalmente, se realizó una proyección para la tasa de retorno de la inversión. Con estos datos, se planteó el proyecto en primera instancia a las gerencias de la compañía, incluyendo la Gerencia de Operaciones y Gerencia General, en donde tomó fuerza la alternativa que incluía la remodelación de la zona actual. Con su consentimiento, se presentó el proyecto ante la junta directiva en busca de obtener la aprobación del presupuesto necesario para la ejecución.
- 6. Ejecución:** Después de obtener la aprobación del presupuesto necesario para ejecutar el proyecto, se procedió a establecer detalladamente las condiciones para su desarrollo con los diferentes proveedores, abarcando los sub-equipos de trabajo, los tiempos de intervención entre un proveedor y otro, definiendo los cronogramas, y el alcance que cada uno de estos tendría dependiendo del ítem. Al mismo tiempo, se coordinó con el área de producción y gerencia de operaciones, cuál sería la fecha más adecuada para el desarrollo del proyecto, considerando que se requería una parada en la producción y completa disponibilidad de la zona, junto con las zonas aledañas para su montaje.



---

## V. RESULTADOS

### *Alcance del Proyecto*

En un principio, el proyecto se había planteado como una ampliación importante de la zona de temple y revenido de la compañía, la cual implicaba directamente el traslado de esta a un área diferente de la planta. Sin embargo, durante la evaluación de las posibilidades que se tenían y las implicaciones económicas y a nivel productivo, fue necesario reestructurar el proyecto de manera que pudieran mejorarse significativamente las condiciones actuales, y se pudieran incluir de forma progresiva y en un futuro, hasta dos hornos adicionales. Es por ello que, se optó por realizar una remodelación del área en la que se consideraran aspectos como la plataforma de seguridad, el sistema de extracción, el sistema de combustión de los hornos y el estado de sus demás componentes, la red de gas natural, propano y nitrógeno, la acometida eléctrica y, por último, el control y la automatización del proceso.

Los elementos recientemente mencionados son los de mayor criticidad en el proyecto, pues se presentaban los siguientes inconvenientes: En primer lugar, la plataforma de seguridad exhibía gran cantidad de deformaciones en su estructura al tiempo que presentaba acumulaciones de residuos y aceite en las zonas dispuestas para el tránsito del personal (ver Figura 7 y Figura 8), por lo que implicaba un gran riesgo durante la operación; en segunda instancia, el sistema de extracción tenía un funcionamiento deficiente, ya que durante las horas de operación de la zona de temple, el resto de la planta se contaminaba y la visualización era difícil, adicionalmente, se hizo necesario que los operarios de las máquinas aledañas a la zona de temple, utilizaran filtros de aire como una medida preventiva a la contaminación del ambiente a causa de los humos generados en el temple de los clavos de acero (ver Figura 9).

En tercer lugar, se realizó una evaluación del estado de los hornos y se plantearon optimizaciones en sus componentes, especialmente en sus quemadores, dado que son equipos de mucha antigüedad y que no se encontraban en las condiciones más adecuadas, además de que las poleas de los sistemas de transmisión presentaban desgastes y desajustes, la estructura metálica poseía deformaciones, así como el recubrimiento térmico interior presentaba un gran deterioro, esto sumado al hecho de que los hornos representan el punto clave entre el acabado final para los clavos de acero y el cumplimiento o no de los estándares de calidad; y por último, se planteó el

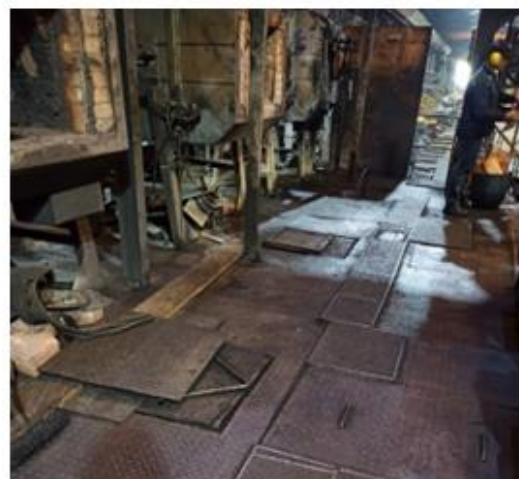
control y la automatización del proceso, ya que el templado y revenido de los clavos dependía completamente del criterio del operario de cada turno, de manera que fácilmente podían presentarse inconvenientes de calidad o inconsistencias en la producción entre un turno y otro.



Figura 7. Zona de temple y revenido de Corsan.



a. Deformaciones



b. Acumulación de residuos

Figura 8. Condiciones de la plataforma de seguridad.



Figura 9. Generación de vapores por el temple de clavos.

Desde este punto, se realizó la búsqueda de diferentes proveedores para cada una de las actividades a desarrollar en el proyecto, con la intención de tener por lo menos dos cotizaciones por ítem y en base a las condiciones y tiempos de entrega, así como los costos, escoger el proveedor más adecuado. A continuación, se presenta la TABLA I con los proveedores que participaron en el proceso de cotizaciones:

TABLA I  
 PROVEEDORES PARTICIPANTES EN PARA EL PROYECTO

<b>Ítem</b>	<b>Proveedores</b>			
<b>Plataforma de Seguridad</b>	Soluciones Mecalectic	Procemaq	Industrias Rogo	Meiker
<b>Sistema de Extracción</b>	Industrias Rogo		VECAM	
<b>Sistema de combustión</b>	Soluciones Mecalectic		Termaltec	
<b>Sistema de automatización</b>	Soluciones Mecalectic	Termaltec	SCADA Automatización	
<b>Mantenimiento general hornos</b>	Soluciones Mecalectic		MTR	
<b>Red de gas</b>	Tecnigás		Constru SegurGas	

---

No obstante, luego de realizar las cotizaciones correspondientes y establecer las condiciones necesarias para llevar a cabo cada una de las actividades, se realizó un presupuesto estimado para ambas alternativas con el fin de presentar el proyecto ante la junta directiva y obtener la aprobación de este junto con la asignación de recursos para su ejecución. Para esta presentación se consideraron los costos de producción asociados, que incluían la tercerización de una parte de la producción de clavos de acero, dado que hoy en día la compañía no tiene la capacidad de templar toda la demanda que se tiene de este producto, pues solamente se tienen en funcionamiento dos de los cuatro hornos, al tiempo que se consideró una parada en la zona de temple de aproximadamente tres semanas para la alternativa en la que se planteaba la reforma, esto debido a que sería necesario el desmontaje de toda la estructura que se tenía incluyendo la plataforma y el sistema de extracción. Del mismo modo, se hizo una proyección de las posibles ventas que podrían incrementarse, en base a diferentes clientes que no han podido atenderse por la misma situación anteriormente mencionada.

En la TABLA II se puede apreciar el presupuesto aproximado para ambas alternativas, incluyendo las actividades que se realizarían en cada una, así como se presentan las posibles pérdidas asociadas al paro de producción. Por su parte, en la TABLA III; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** , se presenta la tasa de retorno para el proyecto, calculada desde la inclusión de la producción mensual, el costo actual de temple y el costo proyectado, que representa aquel que se tendría con la reforma a realizar, basándose en el aumento de la confiabilidad, disponibilidad de los equipos y, en consecuencia, su producción.

TABLA II  
 PRESUPUESTO APROXIMADO PARA EL PROYECTO

ITEM	Opción 1: Traslado del proyecto	Opción 2: Reforma zona actual
Plataforma de seguridad	\$70.000.000	\$70.000.000
Sistema de extracción	\$108.000.000	\$108.000.000
Puente grúa	\$66.000.000	
Tablero de control	\$54.000.000	\$54.000.000
Reforma red de gas	\$24.000.000	\$15.000.000
Traslado	\$36.000.000	N.A
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$358.000.000</b>	<b>\$247.000.000</b>
Pérdidas por paro de producción	N.A	<i>Producción no procesada</i>
		<i>Costos fijos</i>
		<i>Ganancias</i>
		36000
		\$15.200.000
		\$43.200.000
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$358.000.000</b>	<b>\$305.400.000</b>

TABLA III  
 RETORNO DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

ITEM	Opción 1: Traslado del proyecto	Opción 2: Reforma zona actual	Unidades
<b>COSTO TOTAL</b>	\$358.000.000	\$305.400.000	[\$]
<b>Producción Mensual</b>	72000	72000	[kg/mes]
<b>Costo Actual de Temple</b>	\$1.269	\$1.269	[\$/kg]
<b>Costo proyectado</b>	\$963	\$963	[\$/kg]
<b>Ahorros</b>	\$306	\$306	[\$/kg]
<b>Ahorros mensuales</b>	\$22.032.000	\$22.032.000	[\$]
<b>Ahorros anuales</b>	\$264.384.000	\$264.384.000	[\$]
<b>ROI</b>	<b>16,2</b>	<b>13,9</b>	<b>[meses]</b>
	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>[años]</b>

Por otra parte, se realizó un análisis de los movimientos y recorridos necesarios para la producción de clavos de acero que se tenían y que podrían tenerse en caso de que se trasladara la zona de temple. Para ello fue necesario conocer detalladamente el proceso de fabricación con cada una de sus etapas y realizar un estimado de los metros recorridos en su ejecución, incluyendo las fases de despacho y almacenamiento. Cada una de las etapas, junto con su recorrido en metros, así

como su secuencia, se realizaron partiendo desde un Layout de la compañía realizado en *AutoCAD 2022*, y se presentan en el Anexo 2. En base a estos recorridos, se descartó la alternativa de trasladar la zona, ya que implicaba aumentar el recorrido en aproximadamente en 130 m, lo que traería consigo un consumo de gas y energía muchísimo mayor dado que sería necesario realizar el desplazamiento de los clavos en proceso con la ayuda del montacargas y los puentes grúas de la compañía.

Por último, durante el periodo de cotizaciones, se creó la necesidad de levantar los planos de la estructura metálica de los hornos de temple, ya que en la compañía no se contaba con esta información, la cual es de vital importancia al momento de realizar alguna reparación, reemplazo de algún repuesto o en última instancia, para la fabricación de algún componente desde cero o incluso un horno en su totalidad. El desarrollo de estos planos se hizo de forma complementaria con ayuda del software *Autodesk Inventor Professional 2021* y se presenta en el Anexo 1. En la Figura 10, puede apreciarse uno de los modelos que se realizó con la intención de darle visualización al proyecto frente a la junta directiva.



Figura 10. Distribución de hornos de temple.

*Ejecución del proyecto*

Partiendo desde la asignación del presupuesto, se procedió con la firma de los contratos con los proveedores seleccionados y con el establecimiento de los cronogramas para la ejecución de cada ítem, con esto, se definieron también equipos de trabajo entre los proveedores. Del mismo modo, con cada proveedor se establecieron ciertos ítems que se evaluarían durante la ejecución del proyecto, incluyendo la parte de fabricación y la parte del montaje. Las actividades definidas para cada uno de ellos se presentan a continuación:

TABLA IV  
 ACTIVIDADES PARA LA PLATAFORMA DE SEGURIDAD

<b>ITEM</b>	<b>1. DESMONTAJE Y MONTAJE DE PLATAFORMA DE SEGURIDAD</b>
<b>1.1</b>	Desmontaje plataforma de seguridad y estructuras auxiliares
<b>1.2</b>	Desmontaje sistema de extracción
<b>1.3</b>	Limpieza de zona y disposición de material
<b>1.4</b>	Diseño de plataforma de seguridad
<b>1.5</b>	Corte de material para plataforma
<b>1.6</b>	Ensamble módulo 1
<b>1.7</b>	Ensamble módulo 2
<b>1.8</b>	Ensamble módulo 3
<b>1.9</b>	Ensamble módulo 4
<b>1.10</b>	Ensamble módulo 5

TABLA V  
 ACTIVIDADES DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

<b>ITEM</b>	<b>2. SISTEMA DE EXTRACCIÓN</b>
<b>2.1</b>	Diseño de extractor centrífugo
<b>2.2</b>	Fabricación de campanas laterales y superiores
<b>2.3</b>	Fabricación de conductos y accesorios para campanas
<b>2.4</b>	Diseño de ventilador centrífugo encabinado para ventilación
<b>2.5</b>	Fabricación de conductos y accesorios para inyección

TABLA VI

ACTIVIDADES PARA EL SISTEMA DE COMBUSTIÓN

ITEM	3. SISTEMA DE COMBUSTIÓN
3.1	Quemador <i>pirojet</i> media velocidad 500,000 BTU (Cabezote, cañón, boquillas, cuadrantes, placas de orificios)
3.2	Sensor de llama
3.3	Electrodo de ignición
3.4	Ventilador
3.5	Tren de válvulas para sistema de gas

TABLA VII

ACTIVIDADES PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

ITEM	4. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
4.1	Diseño de sistema de potencia
4.2	Diseño de sistema de control PLC
4.3	Adquisición de materiales electrónicos
4.4	Tablero eléctrico
4.5	Ingeniería de programación
4.6	Instalación de acometida eléctrica

TABLA VIII

ACTIVIDADES PARA LÍNEAS DE GAS NATURAL, NITRÓGENO Y PROPANO

ITEM	5. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL, NITRÓGENO Y PROPANO
5.1	Desmontaje de líneas actuales
5.2	Diseño de líneas de gas natural, nitrógeno y propano
5.3	Adquisición de medidores e instalación
5.4	Señalización y demarcación de líneas
5.5	Instalación y conexión de líneas de gas natural, nitrógeno y propano



TABLA IX  
 ACTIVIDADES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS HORNOS

ITEM	6. MANTENIMIENTO DE HORNOS
6.1	Mantenimiento recubrimiento interno cerámico
6.2	Reemplazo de estructura metálica en mal estado
6.3	Fabricación de retorta
6.4	Mantenimiento sistemas de transmisión

En base a estas actividades, se estableció un cronograma (ver TABLA X), tomando como punto de partida, la parada de la planta que se daría a partir del 17 de diciembre, ya que era necesario que la zona de hornos de temple no estuviera en funcionamiento. Se evaluó la posibilidad de iniciar con el desmontaje del sistema de extracción y parte de la plataforma de seguridad antes de la parada de la planta, pero no fue posible dado que la acumulación de gases era muy grave, a pesar de que el funcionamiento que se tenía no era el óptimo. De la misma manera, se planteó como fecha de entrega para el proyecto el día 16 de enero, considerando una semana de puesta a punto de los equipos. No obstante, una vez que se inició con la etapa de montaje del proyecto, se encontraron imprevistos como por ejemplo con la limpieza de la zona, el filtrado del aceite para templar y el estado de los tanques y sus respectivos sistemas de recirculación, entre otros, motivos por los que fue necesario retrasar algunos de los ítems en ciertos días y alargar el tiempo de finalización del proyecto.

Tomando como base el cronograma, las primeras fases del proyecto consistieron en la fabricación de los elementos para el sistema de extracción y la plataforma de seguridad, para lo cual se realizaron visitas técnicas a los proveedores responsables de estos ítems, y se evaluó su progreso (ver Figura 11 y Figura 12). La idea era que pudiera adelantarse el proceso de fabricación mientras la planta aún estaba trabajando, y que una vez que se parara, iniciar con el desmontaje y montaje en el sitio. De la misma manera, mientras llegaba la fecha de inicio, se realizaron reuniones con los demás proveedores, en los que se revisaron también sus avances en cuanto a la programación necesaria para la automatización del proceso y la fabricación de los quemadores, así como se solicitaron materiales adicionales que se utilizarían para la instalación.

TABLA X  
 CRONOGRAMA PARA EL PROYECTO

PROGRAMACIÓN		SEMANAS											
ITEM	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Fabricación sistema de extracción	■	■	■	■	■	■	■					
2	Fabricación plataforma metálica		■	■	■	■	■	■					
3	Adquisición equipos electrónicos para el control			■	■	■	■	■					
4	Ingeniería de programación PLC				■	■	■	■					
5	Fabricación de quemadores				■	■	■	■					
6	Desmontaje sistema de extracción							■					
7	Desmontaje plataforma de seguridad y estructuras auxiliares							■	■				
8	Limpieza de la zona y disposición de chatarra								■				
9	Montaje plataforma de seguridad								■	■	■	■	
10	Montaje sistema de extracción								■	■	■	■	
11	Instalación de quemadores y tren de válvulas								■	■	■	■	
12	Desconexión y desmontaje líneas de gas natural, nitrógeno y propano									■	■	■	
13	Instalación nuevas líneas de gas natural, nitrógeno y propano									■	■	■	
14	Instalación de acometida eléctrica									■	■	■	
15	Puesta a punto												■
<b>TIEMPO EJECUCIÓN</b>		Sem Nov 2	Sem Nov 3	Sem Nov 4	Sem Nov 5	Sem Dic 1	Sem Dic 2	Sem Dic 3	Sem Dic 4	Sem Ene 1	Sem Ene 2	Sem Ene 3	Sem Ene 4
<b>ETAPA</b>		<i>Fabricación</i>								<i>Montaje</i>			



a. Ventilador



b. Ductos



c. Extractor

Figura 11. Avances de fabricación de sistema de extracción.



a. Bases



b. Apoyos plataforma



c. Pasamanos

Figura 12 Avances de fabricación de la plataforma de seguridad.

Una vez que se paró la planta, se dio inicio al desmontaje del sistema de extracción, la plataforma de seguridad y estructuras auxiliares, para lo cual se utilizaron equipos de oxicorte, al tiempo que se hacía uso de uno de los puentes grúas de la compañía (ver Figura 13), para levantar la chatarra. El proceso de desmontaje tardó aproximadamente tres días, y una vez que se finalizó, se realizó una limpieza extensiva de la zona, ya que había muchos residuos de grasa y polvo acumulados (ver Figura 14).



a. Oxicorte de la plataforma



b. Chatarra retirada de la plataforma

Figura 13. Desmontaje de la plataforma.



a. Serpentes de tanques de aceite



b. Sistema de circulación de aceite y agua



c. Parte superior e interna de tanques de aceite de temple

Figura 14. Resultado del desmontaje de la estructura.

Después de haber realizado la limpieza, se procedió con el ensamblaje por módulos de la plataforma de seguridad, empezando por el módulo trasero ubicado detrás de los hornos y el módulo que rodeaba los hornos, para de esta manera permitir que los proveedores encargados de la instalación eléctrica, los quemadores y el sistema de extracción tuvieran una superficie de apoyo sobre la cual trabajar, como puede observarse en Figura 15.



a. Módulos al rededor de los hornos



b. Módulo trasero

Figura 15. Montaje inicial de plataforma de seguridad.

Por consiguiente, se realizó la ubicación del equipo extractor con ayuda de uno de los montacargas de la compañía, y se inició la instalación de los ductos que estarían conectados a las campanas para la extracción de humos (ver Figura 16). Del mismo modo, llegaron los quemadores y se procedió con su ubicación (ver Figura 17) y se iniciaron las instalaciones necesarias para el tablero eléctrico del proceso (ver Figura 18). Durante este proceso, los contratistas encargados de la plataforma de seguridad instalaron la parte de la plataforma que serviría como tapa para los tanques de aceite, que debía realizarse por construcción y tomando las medidas en campo, ya que la ubicación de los hornos y los tanques no se modificaría (ver Figura 19).



Figura 16. Ubicación del equipo extractor.



Figura 17. Inicio de instalación de quemadores.



Figura 18. Inicio de instalación de tablero eléctrico.



Figura 19. Fabricación de módulo de tanques de la plataforma.

El proceso de montaje de la plataforma continuó con la construcción de la escalera de acceso (ver Figura 20). Por su parte, el montaje del sistema de extracción continuó con la



instalación de las campanas que van sobre los hornos, destinadas para la extracción de los humos generados en el desfogue de estos y el calor que generan (ver Figura 21). Al mismo tiempo, se realizó la fabricación de los soportes para los cajones de carga de la producción y su posterior instalación sobre la plataforma, como se muestra en la Figura 22. Un paso de vital importancia ya que la ubicación de estos cajones determinaría la ubicación del ducto que se instalaría para el confort de los operarios en la zona.



Figura 20. Construcción de escaleras de acceso a la plataforma.



Figura 21. Instalación de campanas de extracción.

En el proceso de montaje de la plataforma de seguridad, se inició la instalación de los pasamanos (ver Figura 23) y en cuanto al sistema de extracción, se procedió con la ubicación del ventilador y el ducto destinado a la entrada de aire para refrescar a los operarios.



Figura 22. Instalación de cajones de carga de producción.



Figura 23. Inicio de instalación de pasamanos en plataforma.

De forma simultánea, se realizó la instalación y adecuación de la chimenea, destinada a la conducción de los humos del proceso al ambiente (ver Figura 24). La cual debía cumplir con las

regulaciones ambientales en cuanto a forma, distancia por encima del techo y terminación del conducto.

Al tiempo que se realizaron estos trabajos, los proveedores encargados de la acometida eléctrica y la potencia de la zona, así como de la instalación y adecuación de los quemadores trabajaron en paralelo. Frente a estos trabajos, se presentaron algunas interferencias entre las termocuplas y equipos de control de los hornos, y los ductos destinados a la extracción de los humos concentrados una vez que los clavos caen en el aceite (ver Figura 25.a ), por lo que fue necesario realizar una adaptación metálica que permitiera desplazar la boquilla de extracción y conectarla al ducto principal (ver Figura 25.b).



Figura 24. Chimenea para liberación de humos.

De la misma manera, se estuvieron realizando los trabajos relacionados con la desconexión y desmontaje de las líneas antiguas de gas natural, propano y nitrógeno, se instalaron las nuevas líneas de alimentación y sus respectivos medidores (ver Figura 26). Finalmente, se ubicaron los quemadores de los 4 hornos de temple, compuestos por cabezote, cañón, boquillas, cuadrantes y placas de orificios, como se muestra en la Figura 27 y el quemador del horno de revenido con su respectivo ducto para la conducción de los vapores generados en su interior (ver Figura 28).



a. Boquilla para extracción de humos en canastillas de temple.



b. Transición metálica.

Figura 25. Ducto para concentración de vapores.



a. Líneas de alimentación para gas natural, propano y nitrógeno.



b. Medidores.

Figura 26. Red de alimentación de combustibles.

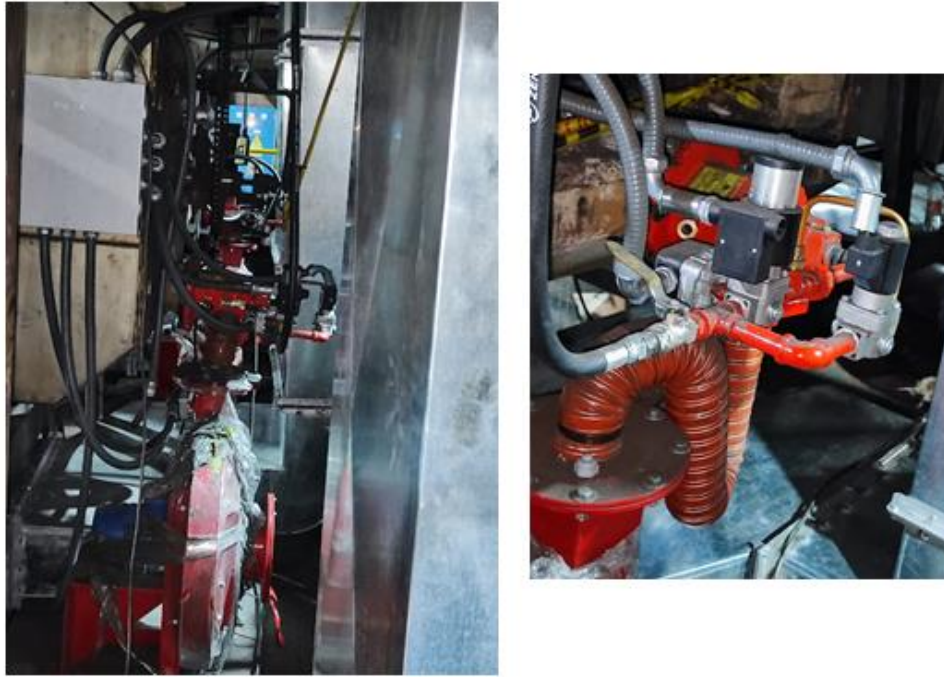


Figura 27. Quemadores de hornos de temple.

Desde este punto, el montaje del sistema de extracción continuó con la instalación del ducto destinado al confort de los operarios, para lo cual se ubicó en primera instancia el ventilador con su respectiva entrada a la zona (ver Figura 29) y luego se ubicó la parte que iría sobre la zona de operación (ver Figura 30).



a. Quemador



b. Ducto

Figura 28. Horno de revenido.



Figura 29. Ventilador para refrescar los operarios.



Figura 30. Ductos para refrescar los operarios.

Al momento de presentar el informe final, el proyecto continuo en su ejecución, esperando poder ser entregado en la tercera semana del mes de enero, iniciando con la puesta a punto de los diferentes equipos y realizando ajustes pequeños para adecuar correctamente el funcionamiento de la zona de temple y revenido de Corsan, detalles que necesariamente deben solucionarse sobre la marcha del proceso.

---

## VI. ANÁLISIS

Durante el desarrollo del proyecto fue necesario considerar situaciones y factores que no se habían incluido al momento de iniciar con el planteamiento de este, entre ellos, los movimientos realizados al interior de la planta para obtener el clavo de acero, especialmente en la alternativa que proponía el traslado de la zona, pues se pensaba que esta posibilidad permitiría un mejor control de los vapores y gases generados en el proceso al estar un poco más aislado del resto de la planta, pero no se consideró el incremento en la distancia necesaria para llevar a cabo el proceso de transformación del alambre en clavos. En este orden, una vez que se construyó el Layout de la compañía, fue más fácil visualizar los recorridos realizados por los productos a lo largo de todo el proceso, así como el impacto en la distancia, y en consecuencia, en los consumos de energía y gas necesarios para el transporte, hasta el punto que pudo descartarse esta alternativa desde los costos adicionales.

Otro factor que se añadió al proyecto y que afectó significativamente los tiempos de entrega, fue la limpieza realizada una vez que se consiguió todo el desmontaje de la plataforma y las estructuras auxiliares de la zona de temple. Pues una vez que hubo visibilidad, fue evidente que no se había realizado ningún tipo de aseo ni mantenimiento en la parte inferior de la plataforma en un tiempo muy prolongado, de manera que, entre la acumulación de residuos de polvo, grasa y calamina, también se encontraron fugas de agua y taponamientos en los circuitos de refrigeración con agua y recirculación de aceite, entre otros inconvenientes. Desde este punto, fue necesario también incluir reparaciones y extensiones en la tubería para los tanques de aceite de temple, y el mantenimiento general de los serpentines para los tanques de recirculación de aceite, así como el reemplazo del tanque de 500L destinado al almacenamiento de agua para la refrigeración.

Por otra parte, a partir del diseño modular planteado tanto para el sistema de extracción como para la plataforma de seguridad, fue posible ejecutar actividades y trabajos relacionados con diferentes ítems del proyecto, es decir que se permitió el trabajo en simultáneo de los diferentes proveedores involucrados. Esta situación también puede tomarse como un reflejo de lo que será en un futuro realizar los mantenimientos con los equipos y estructuras que intervienen en esta zona, pues gracias a las modificaciones realizadas, se logró un mejor acceso a dispositivos como las bombas para los tanques de aceite, los quemadores de los hornos y sus respectivas termocuplas, al

---

tiempo que pueden realizarse intervenciones estratégicas o por secciones en la plataforma o en la extracción, sin afectar la integridad de los demás componentes o módulos. Un claro ejemplo de esto, es el módulo de la plataforma dispuesto sobre los tanques de aceite, pues antes de la remodelación, no se tenía un acceso a los tanques desde la parte superior de la plataforma, por lo que para realizar cualquier intervención en ellos, era necesario cortar y dañar las láminas, y después implementar algún tipo de remiendo o reparación temporal, que lo único que permitía era la acumulación de grasa y suciedad, al tiempo que incrementaba las condiciones inseguras de la zona.

De manera similar, a medida que fue avanzando el montaje de la nueva plataforma y el nuevo sistema de extracción, se encontraron diferentes detalles relacionados con el desarrollo del proceso y la ubicación de ciertos elementos que debieron reubicarse, con el fin de no interferir con los nuevos elementos ni tampoco afectar la operación que se tenía. En este orden, fue necesario realizar ajustes con soldadura y oxicorte, así como pequeñas modificaciones mecánicas, que se dieron a partir del análisis de los ingenieros del proyecto y los contratistas. Sin embargo, fue una experiencia de mucho aprendizaje y socialización de ideas.



---

## VII. CONCLUSIONES

La ejecución de un proyecto involucra directamente un gran conjunto de habilidades y conocimientos que van desempeñando diferentes roles a medida que el proyecto avanza y pasa de una etapa a otra. Por ejemplo, durante su planteamiento, requiere el análisis completo del proceso que pretende intervenir y cuáles son sus falencias y dificultades más críticas, así como las ventajas y puntos a favor, todo con el fin de que sea posible establecer los objetivos con los cuales se realizará el proyecto y en este sentido, proponer las actividades necesarias para alcanzarlos, al tiempo que se potencializan aquellos aspectos que pueden conservarse y funcionan de manera adecuada.

En este sentido, se logró proponer una remodelación de la zona de hornos de temple en la planta de Corsan, considerando como aspectos más críticos en el proceso la plataforma de seguridad, el sistema de extracción, el sistema de combustión y control, así como la alimentación de gas natural, propano y nitrógeno. Todo esto, mientras se buscaba incrementar la disponibilidad de los equipos involucrados en el proceso y mejorar considerablemente las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, no solo de los operarios de temple y revenido, sino también del personal en general de la planta, ya que esta zona era un foco de condiciones inseguras para todos. Esta propuesta no solo cumplió con los parámetros definidos desde su concepción que incluían el montaje del tipo modular de los diferentes sistemas involucrados en el proceso, pues también cumplió con las expectativas económicas y referentes a los retornos de las inversiones, un aspecto que fue de gran importancia y valor al momento de solicitar el presupuesto para la ejecución del proyecto y conseguir su posterior aprobación.

Por otra parte, es de gran preponderancia el conocimiento técnico relacionado con los aspectos críticos que se utilizan para direccionar el proyecto, ya que de esta manera, es posible realizar análisis más eficaces y certeros cuando se están proponiendo las alternativas de solución, y en consecuencia, serán más acertadas las decisiones que se tomen respecto a su ejecución. Esto puede aplicarse también en la evaluación de los contratistas o proveedores de los cuales se considere su intervención, pues sus propuestas, junto con sus tiempos de entrega y condiciones, pueden evaluarse de una manera más detallada y se garantiza que el factor económico, no sea el único elemento decisivo al realizar una contratación. Estos últimos aspectos mencionados, junto

---

con la evaluación de los recorridos y movimientos involucrados en el proceso de producción de clavos de acero, determinaron el rumbo de la propuesta para el proyecto.

Desde este punto, fue posible considerar y definir un presupuesto para el proyecto, que incluía no sólo los recursos económicos, sino también los tiempos asignados para la ejecución de cada una de las tareas, lo cual estuvo directamente relacionado con la definición del cronograma del proyecto, que estableció los tiempos de intervención para cada uno de los proveedores y permitió plantear las fechas tanto para su inicio, como para su posible finalización. En este aspecto también fue de vital importancia, considerar cierto porcentaje para imprevistos y ajustes, pues si bien se tienen unas actividades definidas y un cronograma asignado, al momento de ejecutar aquello que se plasma por escrito, no siempre resulta todo de acuerdo al plan y ciertas situaciones o circunstancias solo es posible traerlas a colación una vez que aparecen y deben enfrentarse directamente.

Así mismo, durante la ejecución del proyecto fue posible evidenciar la relevancia de tener toda la información relacionada con los equipos y elementos involucrados en los diferentes procesos, así como con la operación del mismo, ya que en caso de necesitar un reemplazo o una reparación, se presentan muchos inconvenientes al momento de conseguir repuestos o realizar mantenimientos, debido a que no se cuentan con los datos suficientes para garantizar que luego del cambio o intervención, la operación o funcionamiento seguirá siendo adecuado.

Finalmente, con la remodelación y los ítems definidos en el desarrollo del proyecto, fue posible destacar la trascendencia que tiene la identificación de las variables y aspectos más críticos relacionados con un proceso productivo, pues el conocimiento y diferenciación de ellos, permite que puedan establecerse los factores para su funcionamiento y control, y en este orden, estandarizar los procesos, de manera que las posibilidades de obtener productos de buena calidad y en consecuencia, una buena rentabilidad, sean más altas y no dependan de la individualidad de cada operario o persona, al tiempo que se garantizan unas condiciones adecuadas y con las medidas de seguridad necesarias.

---

REFERENCIAS

- [1] “Know-How - Howden.” <https://www.howdeniberia.com/credenciales/know-how/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [2] REDACCIÓN APD, “¿Sabes qué es el know how de una empresa? Descubre sus ventajas | APD,” Oct. 30, 2018. <https://www.apd.es/que-es-el-know-how/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [3] P. N. Roldán, “Saber hacer (know how) - Qué es, definición y concepto | 2023 | Economipedia,” Oct. 02, 2017. <https://economipedia.com/definiciones/saber-hacer-know-how.html> (accessed Jan. 11, 2023).
- [4] J. R. Davis, “116.1 Principles of Heat Treating of Steel - Knovel,” in *Metals Handbook, Desk Edition*, 2nd ed., vol. 4, ASM International, 1998, pp. 961–970.
- [5] D. M. Muriel Santana, “Estandarización de los procesos de Temple y Revenido,” Universidad de Antioquia, 2003.
- [6] UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, “XII. CEMENTACION.” [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_ano/metalografia/12.\\_Cementacion\\_\(a\)\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_ano/metalografia/12._Cementacion_(a)_v2.pdf) (accessed Jan. 11, 2023).
- [7] UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, “XII. CEMENTACIÓN GASEOSA.” [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_ano/metalografia/12.\\_Cementacion\(b\)\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_ano/metalografia/12._Cementacion(b)_v2.pdf) (accessed Jan. 11, 2023).
- [8] “IV. PRINCIPIOS GENERALES DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS.” [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_ano/metalografia/4-PRINCIPIOS\\_GENERALES\\_DE\\_LOS\\_TT\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_ano/metalografia/4-PRINCIPIOS_GENERALES_DE_LOS_TT_v2.pdf) (accessed Jan. 11, 2023).
- [9] UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, “X-TEMPLE Y REVENIDO X.1- Temple y Revenido ordinario.” [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_ano/metalografia/10-Temple\\_y\\_Revenido\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_ano/metalografia/10-Temple_y_Revenido_v2.pdf) (accessed Jan. 11, 2023).
- [10] “Temple • Tipos Y Fases De Este Tratamiento Térmico En 2023 •.” <https://formacionmecanizado.com/temple-tratamiento-termico-mecanizado/> (accessed Jan. 11, 2023).
- [11] F. Franco and J. H. Paz, “Tratamiento termico de aceros de bajo carbono en horno de atmosfera controlada.,” *Ing. y Competividad*, vol. 6, no. 2, pp. 56–64, Dec. 2004, Accessed:

---

Jan. 11, 2023. [Online]. Available:  
<https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&issn=01233033&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA224934449&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>.

## ANEXOS

Como se mencionó previamente, durante el proyecto, se creó la necesidad de realizar el levantamiento de los planos de la estructura externa de los hornos, dado que no se contaba con este tipo de información, de manera que se anexan los planos obtenidos, junto con los modelos realizados para su creación. De la misma manera, en la etapa de evaluación de las posibles alternativas para dar solución al proyecto, se llevó a cabo un análisis de los movimientos de los productos involucrados en el proceso, con el fin de traer a consideración factores como los consumos energéticos necesarios para el transporte así como el tiempo entre las diferentes fases de la operación productiva, por lo que se anexan tanto el *Layout* principal de la compañía, como los diagramas de recorrido para ambas posibilidades junto con su metraje aproximado.

- **Anexo 1: Modelos CAD de los hornos.**
  - Anexo 1.1: Ensamble CAD de horno de temple.
  - Anexo 1.2: Plano A2 – 01.
  - Anexo 1.3: Plano A2 – 02.
  - Anexo 1.4: Plano A1 – 03.
  - Anexo 1.5: Plano A2 – 04.
  
- **Anexo 2: Modelos CAD de los movimientos internos.**
  - Anexo 2.1: Layout Planta Actualizada.
  - Anexo 2.2: Recorrido clavo de acero alternativa 1.
  - Anexo 2.2: Recorrido clavo de acero alternativa 2.