



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT), en  
Industrias Petroleras”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Boulangger Villaseca, Edson Antobelli (ORCID: 0000-0002-2764-2332)

**ASESOR:**

MSc. Seminario Atarama, Mario Roberto (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Gestión de la Seguridad y Calidad

PIURA - PERÚ

2020

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios por darme la oportunidad de concluir mi carrera profesional. A mis Padres por haberme dado las mejores bases, enseñándome los valores del trabajo y de la familia, en donde me acompañaron en los momentos que más los necesite.

**Edson Boulangger Villaseca**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, a Dios, por bendecirme todos los días de mi vida y guiarme a lo largo de mi carrera profesional.

A mi familia, esposa e hijo por ser el principal promotor de mis sueños, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que siempre me inculcaron.

A los docentes de esta prestigiosa Universidad César Vallejo por las enseñanzas y los conocimientos compartidos a lo largo de mi carrera profesional y por su valioso aporte para cumplir mi meta y culminar con éxito mi carrera.

**Edson Boulanger Villaseca**

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>13</b>
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad de los instrumentos .....	15
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos .....	16
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>23</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>31</b>

## Resumen

El tratamiento térmico es un proceso controlado que modifica la microestructura de metales y aleaciones, para aportar propiedades beneficiosas, mayor dureza superficial, resistencia a las temperaturas, ductilidad y fortaleza para la vida útil de un componente. Quesada (2019). Se tiene como objetivo general describir la calidad del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT). La investigación fue de tipo documental y descriptiva, tiene como población 22 documentos, utilizando la técnica y matriz de análisis documental.

Realizada la descripción del estado del arte del proceso del tratamiento térmico post soldadura, según el método localizado que se divide en 6: las resistencias eléctricas, la inducción, la radiación con lámparas de cuarzo, la radiación por calefactores a gas tipo infrarrojo, el exotérmico localizado y la llama. Se describió el estado actual del proceso del tratamiento térmico post soldadura, determinando los tipos de uniones que trabajan como; el metal base, la zona de fusión y zona afectada por el calor (ZAC), siendo de utilidad recomponer las características de un metal, luego de ser soldado. Se determinaron los factores en el tratamiento térmico post soldadura (PWHT), tales como el calentamiento, humedecimiento y periodo, y enfriamiento. Se establece que las alteraciones formadas en el acero, producto de la soldadura, determinan el área del metal sobre el que se trabajara y el más utilizado es el acero Cr-Mo; finalmente se selecciona el método de tratamiento térmico en las industrias petroleras.

**Palabras claves:** Tratamiento térmico, Soldadura, Acero Cr-Mo

## **Abstract**

Heat treatment is a controlled process that modifies the microstructure of metals and alloys, to provide beneficial properties, greater surface hardness, resistance to temperatures, ductility and strength for the useful life of a component. Quesada (2019). The general objective is to describe the quality of the Post Weld Heat Treatment (PWHT). The research was documentary and descriptive, with a population of 22 documents, using the documentary analysis technique and matrix. The description of the state of the art of the post-welding heat treatment process has been carried out, according to the localized method that is divided into 6: electrical resistances, induction, radiation with quartz lamps, radiation by infrared gas heaters, exothermic located and calls her. The current state of the post welding heat treatment process was described, determining the types of joints that work as; the base metal, the melting zone and the zone affected by heat (ZAC), being useful to recompose the characteristics of a metal, after being welded. Factors in post weld heat treatment (PWHT), such as heating, wetting and period, and cooling, were determined. It is established that the alterations formed in the steel, product of the welding, determine the area of the metal on which it will be worked and the most used is Cr-Mo steel; finally, the method of heat treatment in the oil industries is selected.

**Keywords:** Heat treatment, Welding, Cr-Mo steel.

## I. INTRODUCCIÓN

En las industrias dedicadas a los hidrocarburos se requiere constantemente de servicios para complementar y mejorar sus actividades, dentro de las fases de producción del crudo se encuentra el traslado de líquidos entre etapas, y este traslado se lleva a cabo mediante ductos o tuberías.

El petróleo, el gas y el agua de recuperación, se trasladan desde los pozos hasta las estaciones recolectoras mediante una red de ductos, en dichas plantas se llevan a cabo las funciones de separación, medición de volumen, entre otros; para ello solicitan entre otros servicios, trabajos de fabricación, soldadura, y tratamiento térmico de acero, en la elaboración de los ductos necesarios.

Las empresas dedicadas a brindar estos servicios, deben cumplir con una serie de parámetros pre establecidos, compuestos por una serie de procesos y protocolos establecidos por el código ASME B31.3. Este código define los lineamientos que deben cumplir los recipientes a presión y las tuberías para evitar dañar al personal, las instalaciones y el medio ambiente.

Los ductos elaborados para uso de la industria petrolera están sujetos a presiones elevadas, que conducen a cambios de propiedades en las uniones soldadas, es por ello que se recomienda realizar un tratamiento térmico post soldadura o en sus siglas en inglés PWHT (Post Welding Heat Treatment) en las juntas soldadas; el PWHT es cualquier tratamiento de calor realizado posterior a la soldadura para reducir los esfuerzos residuales, lograr un incremento en la resistencia de fatiga y controlar la dureza en las zonas afectadas por el calor o también llamadas ZAC, la cual es común luego de haberse realizado el proceso de soldadura en las uniones de las tuberías.

Debido a que los ductos soldados deben cumplir con los parámetros de calidad estipulados por el código ASME B31.3, hacen uso de herramientas tales como la de planificación y control WPS, estas permiten proyectar las fases futuras del proyecto, creando un cronograma de actividades, logrando mejorar la calidad y eficacia del

proceso. Cada empresa dedicada al sector hidrocarburos tiene un sistema diferente, una técnica o mecánica variada que otorga diferentes resultados entre sí.

Por tal motivo, debido a la gran variedad de medidas tomadas respecto al tratamiento térmico, dependiendo de la empresa o territorio; se propuso el presente trabajo de investigación mediante un análisis documental. Se buscó elaborar un documento que reúna la temática referente al Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) a nivel nacional como internacional, sirviendo como material de consulta para futuras investigaciones, de interés tanto para investigadores, como para interesados inmersos en la industria de hidrocarburos.

La formulación del problema general se determinó mediante una pregunta general y cuatro específicas, siendo la general: ¿cuál es la calidad del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras? Y las preguntas específicas: ¿cuál es el estado del arte del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras?, ¿cómo es el estado actual del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras?, ¿cuáles son los factores del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras? y ¿cuáles son los lineamientos para el Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras?

El presente trabajo de investigación se justificó debido a la necesidad de información referente al tratamiento térmico de post soldadura, el cual es un procedimiento de vital importancia en la industria de hidrocarburos, en un territorio donde la producción del crudo va en crecimiento, y la importancia en el sector económico del País, sigue vigente como se puede apreciar en la reciente inversión de la refinería de Talara; el documento elaborado formará parte del conjunto de información relacionada al sector de hidrocarburos.

Finalmente se propone como objetivo general, describir la calidad del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT). Además se tiene como objetivos específicos, describir el estado del arte del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras, definir el estado actual del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras; describir los factores del Tratamiento Térmico Post



Soldadura (PWHT) en industrias petroleras y determinar lineamientos para el Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras.

## II. MARCO TEÓRICO

Para poder describir el estado del arte, y el estado actual del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT); así como también describir los factores del proceso y formular lineamientos para el mismo; se desarrolló una búsqueda documental de autores con trabajos previos, revistas, libros, entre otros documentos a nivel nacional e internacional. En el ámbito nacional se presentan a continuación las investigaciones de Quesada (2019), Alcántara y Esparza (2019), Martínez (2018), Pozo (2018):

Quesada (2019) en su tesis desarrollada en la Universidad José Faustino Sánchez Carrión, aborda el tema de la influencia del tratamiento térmico post soldadura en uniones soldadas GTAW del acero ASTM A335, determina en su investigación que si una junta soldada no se trata de manera adecuada durante el proceso de soldeo, puede ocasionar dureza excesiva, fatiga de material, y discontinuidades volumétricas; siendo en la zona ZAC dónde se dan los mayores índices de dureza. En muchas ocasiones sobrepasan los valores máximos permitidos por el código ASME B31.3, por lo que se aplica un PWHT a 700° C durante 2 horas de sostenimiento a temperatura, en las uniones soldadas para reducir la fragilidad y la dureza del material afectado por el calor.

En relación a los tipos de Tratamientos Térmicos, el autor determina 04: 1) los tratamientos térmicos de recocidos, se realizan a una temperatura un poco superior a A3 y luego se enfría paulatinamente, este tratamiento se realiza con la finalidad de ablandar el acero, regenerar su estructura o eliminar tensiones internas. 2) el tratamiento térmico de normalizado, utilizado en piezas fundidas, forjadas o conformadas de manera mecánica, con la finalidad de afinar la estructura y eliminar las tensiones presentes que puedan aparecer en la solidificación. La temperatura utilizada en este tratamiento es superior a la crítica A3 o Acm y se enfría al aire libre; 3) el tratamiento térmico de temple, austeniza un acero y posteriormente lo enfría de manera gradual en aguas, aceites o sales fundidas, con la finalidad de incrementar la dureza y resistencia del acero; y 4) el tratamiento térmico de revenido, el cual continúa al del temple con la finalidad de modificar la dureza y cambiar su resistencia mecánica,

se calienta el acero a temperaturas inferiores a la crítica A1 (723°C) durante un tiempo y luego enfriarlo a temperatura ambiente.

El autor así mismo determina las variables del ciclo térmico del Tratamiento Térmico: la temperatura hasta la cual la velocidad de calentamiento es libre (TLC), la Velocidad de calentamiento (VC), la Temperatura de Mantenimiento (TM), el Tiempo de mantenimiento (T), la Velocidad de enfriamiento (VE), y la Temperatura por debajo de la cual la velocidad de enfriamiento es libre (TLE). Quesada (2019) determinó que para llevar a cabo el tratamiento térmico post soldadura en el acero seleccionado para su investigación, ASTM A335 P22, es necesario realizar ensayos mecánicos previos, ensayos de dureza, ensayos de tracción y ensayos metalográfico.

Finalmente Quesada (2019) citó a Burgos, Rodríguez, Svoboda y Surian (2018) para determinar que los efectos de este tratamiento sobre un acero 9Cr, traducándose en una mejora de propiedades mecánicas a elevadas temperaturas, la distribución de tamaños de granos austeníticos primarios en el acero fue más homogénea. Citando así mismo a otros autores como Soria, Reyes, Carrillo, Garcia, Alvarez y Silva (2015), describió que debido al tratamiento térmico sobre un acero para tubería API 5CT J55, a una menor temperatura de revenido, y con una temperatura menor de austenizado, se pudo lograr un mayor valor porcentual de martensita y un tamaño de grano pequeño.

Alcántara y Esparza (2019) en su tesis desarrollada en la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Trujillo, abordan la temática de precipitaciones de partículas de segundas fases, microestructura y dureza del acero ASTM A335-P22, habiéndosele realizado un tratamiento térmico de revenido en diferentes tiempos, señalando que la temperatura y el tiempo de revenido a 700°C durante un plazo de 2 horas, aplicado al acero mencionado logrando un efecto en su dureza y cambios microestructuras, recuperando el porcentaje de Bainita debido a un incremento del tiempo de revenido a 700°C, generando también una reducción de dureza desde 192 HBW.

Martínez (2018) en su tesis realizada en la Universidad Fose Faustino Sánchez Carrión, abordó el tema sobre ensayos no destructivos en los tubos de aceros ASTM-P5 respecto a la calidad del material. Dentro de su investigación definió que los parámetros medidos en el tratamiento térmico, fueron la temperatura mínima de Pre

Calentamiento, Temperatura Controlada desde ( $^{\circ}\text{C}$ ), Velocidad de Calentamiento ( $^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$ ), Temperatura de mantenimiento ( $^{\circ}\text{C}$ ), Tiempo de mantenimiento (min), Temperatura de enfriamiento ( $^{\circ}\text{C}$ ), y la Temperatura controlada hasta ( $^{\circ}\text{C}$ ). En base a estos parámetros, determinó que el tratamiento térmico realizado en acero Cr-Mo grado P5, con una temperatura controlada desde  $300^{\circ}\text{C}$  y manteniendo esta temperatura en el proceso inverso y un enfriamiento de hasta los  $100^{\circ}\text{C}$ , con una velocidad de  $120^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$ , durante 120 minutos de sostenimiento (con una temperatura de tratamiento de  $740^{\circ}\text{C}$ ). Así mismo el autor procedió a realizar ensayos sobre el acero en mención, el ensayo sobre la dureza de la juntas se encontró dentro de los parámetros establecidos, con una dureza máxima de 235HBW de acuerdo a las normas ASME B31.3.2012. Los parámetros de la composición química determinado por el autor, se ciñó a la norma ASTM A335-P5 que determinará para el acero Cr-Mo, unos niveles de cromo y molibdeno en las juntas como límite máximo de aceptación de 6 de Cr y 0.65 de Mo; y como mínimo de aceptación 4.5 de Cr y 0.45 de Mo.

Pozo (2018) realizó una investigación referente a la evaluación de los parámetros aplicados en el tratamiento térmico del acero AISI M42 en la empresa BOEHLER, estableció tres parámetros a desarrollarse en el tratamiento térmico, el tiempo de calentamiento, el tiempo de permanencia, y el Tiempo de enfriamiento. Durante el desarrollo de la investigación se efectuó el tratamiento térmico en un horno eléctrico, los efectos producto de la temperatura en el acero, es determinada a través de la caracterización metalográfica, por lo que los ensayos de tensión y dureza hacia al acero AISI M42 se utilizan para definir sus propiedades mecánicas adquiridas post tratamiento térmico. Se llevó a cabo un ensayo metalográfico observando presencia de martensita, austenita retenida y carburos de cromo.

BOHLER Perú (2019), determina que durante un proceso de tratamiento térmico es posible darse modificaciones de los constituyentes estructurales, sin alterar la composición química del material. Luego de haber realizado el tratamiento térmico, los componentes del material pueden ya encontrarse en equilibrio, así mismo puede modificar el tamaño, la forma y la distribución de los componentes estructurales del material, sin alterar su tipo constituyente; sin embargo si se desea también es posible que el tratamiento térmico post soldadura cambie el contenido estructural de un

material en la zona superficial, también puede variar la intensidad y redistribuir las tensiones internas. Cada tratamiento térmico contempla factores individuales, iniciando con el precalentamiento para elevar las temperaturas, luego se da el calentamiento, continúa con un mantenimiento a una determinada temperatura inferior a la máxima seleccionada. El precalentamiento reduce las tensiones de fisuras producto de las tensiones térmicas, el calentamiento superficial busca colocar la zona superficial a una temperatura específica; mientras que el calentamiento a fondo busca igualar la temperatura. El mantenimiento busca mantener la temperatura sobre toda el área a tratar, finalmente el enfriamiento busca decrecer la temperatura de todo el material, todo enfriamiento que logre su objetivo antes que el del aire libre, es llamado temple. El tiempo de exposición por su parte es el tiempo transcurrido desde la introducción del material al horno (de ser la técnica) hasta su retiro, incluyendo el tiempo de calentamiento y mantenimiento.

En el ámbito internacional se presentan a continuación las investigaciones de Laufgang, (2006), y The American Society of Mechanical Engineers (2012):

Laufgang, (2006) en su texto publicado sobre el “Tratamiento Térmico de Soldadura” determina los métodos del tratamiento térmico considerándolos en 2, los divide en integral y localizado, el primero se subdivide en el 1) método de horno estacionario, 2) el Horno Portátil, ambos métodos utilizan hornos fijos o móviles, construidos en la planta y los equipos serán trasladados generalmente por grúas; 3) el Calefaccionado interno con quemadores de alta velocidad, para ello se hace uso generalmente de Esferas de Gas licuado, sin embargo puede realizarse con otros tipos de equipos. Para el método localizado se divide en 6, el 1) Resistencias Eléctricas (calefactores flexibles y método de la mampara), 2) inducción 3) radiación con lámparas de cuarzo 4) radiación por calefactores a gas tipo infrarrojo 5) exotérmico localizado y 6) llama; los 6 métodos localizados solo pueden desarrollarse en geometrías que faciliten la libre dilatación, como por ejemplo las soldaduras circunferenciales. El método localizado consiste en calentar a la temperatura de tratamiento la unión soldada y una banda de material base en cada extremo del cordón de soldar.

Así mismo el autor determina que para que la dureza no sea un factor que pueda desencadenar la corrosión bajo tensión, no debe ser superior a los HBW 200-240, sin embargo estos valores van a cambiar dependiendo del acero, según la ASME B31.3.2012. El TTPS o PWHT se puede realizar en aceros aleados al Cr-Mo (P5, P9, P22, P91 etc.), sin embargo son más difíciles de “ablandar”, ya que son aceros resistentes a altas temperaturas. Por lo tanto para lograrlo se necesita utilizar temperaturas superiores entre 720°C a 760°C, además el tiempo es importante también, para ello se considera que a mayor tiempo mayor será el ablandamiento.

The American Society of Mechanical Engineers (2012) determina que el acero 2 ¼ Cr-Mo grado P22 es posible de tratar de manera térmica en temperaturas de revenido de entre 704° C y 760° C, durante un lapso de tiempo de 2 horas de sostenimiento con un porcentaje de durezas de 241 HBW.

KOBELCO (2001) determina que los factores más importante a considerarse en el tratamiento térmico post soldadura (PWHT) son, el porcentaje de calentamiento, la temperatura y periodo de humedecimiento, el porcentaje de enfriamiento, y la diferencia de temperatura en la soldadura durante el ciclo de calentamiento o enfriamiento. La temperatura y los tiempos primarios utilizados para el humedecimiento, determinan la calidad de la soldadura, y el porcentaje de liberación de presión. El calentamiento extendido como lo es la soldadura, puede disminuir la dureza y tensión de las áreas soldadas, en el acero Cr-Mo es posible producir rajaduras.

Respecto a las teorías relacionadas a la investigación se abordarán temática de soldadura, y tratamiento térmico; para ello se ha fundamentado este apartado en autores como: DeGarmo y Black (2002), Askeland (2011), Adame (2015), Apraiz (2010), Rakhit (2000), Caballero (2015), Esquivias (2018), Meza (2015), Hernández (2016), Welding Handbook (2004), Seferian (1992), ASME B.31.3 (2012), Alcántara y Esparza (2019), Rodríguez y Roldan (2016), Quesada (2018).

Según Askeland (2011) Uno de los pasos fundamentales para la transformación de propiedades mecánicas en el hacer, es el tratamiento térmico, mediante el cual se realiza el calentamiento y enfriamiento de un determinado metal que se encuentre en estado sólido, logrando cambiar sus propiedades físicas.

Si se realiza un adecuado tratamiento térmico, es posible decrecer los esfuerzos internos, reduciendo el tamaño del grano, también se puede aumentar la tenacidad o se puede lograr un interior dúctil con una superficie dura. Este tratamiento busca producir reacciones tanto en el acero como en aleaciones no férreas, estas reacciones dependen del tratamiento que se le da a la pieza, tanto del calentamiento, enfriamiento o tiempos establecidos (Askeland, 2011).

Para conocer la temperatura para un tratamiento térmico correcto, es necesario tener conocimiento de los diagramas de cambio de fases, en ellos se detallan las temperaturas en las que se dan los cambios de fase, según el material en el que se practiquen. La temperatura y el tiempo son las variables determinantes en un tratamiento térmico, es por ello que se tienen que determinar con antelación, y estarán sujetos como ya se mencionó, a la forma, la composición, el tamaño, y las características y funciones deseadas para el acero. Según Adame (2015) las características mecánicas de un acero, están sujetas a su composición química y su estructura cristalina; dependiendo de los tipos de tratamientos térmicos, se realizan cambios en la estructura cristalina sin cambiar la composición química, otorgándole a los materiales o aceros respectivos, características mecánicas específicas (Apraiz, 2010).

Los tipos de tratamientos térmicos mencionados en los trabajos previos, determinan el recocido, el normalizado, el de temple y el revenido. En este apartado se ahondará un poco más en el tratamiento térmico de recocido, normalizado y revenido, que se utilizan en su mayoría en la industria petrolera.

El tratamiento térmico por recocido es una operación de calentamiento y enfriamiento realizada para obtener un ablandamiento del material, aumentando su nivel de cristalinidad y mejorar las propiedades mecánicas del mismo.

El tratamiento térmico de normalización utiliza una temperatura aproximada de 38°C (100°F) por encima de la crítica superior, luego de ello precede a un enfriamiento en aire quieto. Luego de haber normalizado el acero, se puede dar una mejora en la resistencia de la pieza, sin haber normalizado el acero, esto no sería posible, Rakhit (2000) afirma que según el nivel de ductibilidad del acero puede mejorarse mediante

este tratamiento térmico de normalización, sin realizar la reducción de la dureza o resistencia a diferencia de otros tratamientos térmicos.

Respecto al tratamiento térmico post soldadura se puede decir que deforma de manera mecánica las tuberías de acero aleado, ya que las tensiones internas que quedan luego de la soldadura, pueden disminuir la confiabilidad o producir fallas en la estructura. Para evitar ello la tubería soldada se debe aliviar a través de un tratamiento térmico de revenido, luego de la soldadura, logrando que las uniones soldadas tengan propiedades positivas (ablandado de áreas duras, incremento de ductilidad, reducción de tensiones internas).

Como ya se mencionó, los parámetros de mayor importancia en el tratamiento térmico post soldadura (PWHT) son la temperatura y el tiempo, sin embargo las velocidades de enfriamiento y calentamiento también deben ser controladas. Las variables óptimas del PWHT dependen de las propiedades físicas del metal, la resistencia mecánica, la corrosión, la tenacidad, etc. (Caballero, 2015).

Ahondando en el Tratamiento Térmico localizado como ya se hizo mención, busca calentar a una determinada temperatura, una unión soldada, y una banda en cada lado, para esto se pone sobre ella, calefactores eléctricos flexibles adaptables a la zona tratada.

Respecto a las zona metalúrgicas de unión, que son utilizadas en las industrias petroleras respecto a los ductos que transitan los hidrocarburos, que es el tema de investigación, es posible identificar tres zona, y sus dimensiones varían de acuerdo a los aportes térmicos y procesos de solidificación y están son: el metal base, la zona de fusión y la zona afectada por el calor (Meza, 2015). El primero es la zona metálica que servirá de base para su revestimiento por otro metal o para que se le agregue material adicional, uniendo dos piezas semejantes, en otras palabras es la zona en la que se realizará el trabajo y sobre la cual recaerá el calentamiento, sin modificar sus características iniciales, ya que es el elemento metálico base de la soldadura (Esquivias, 2018).



La zona de fusión es aquella parte fundida al metal, después de solidificarse durante la soldadura, puede componerse de metal base fundido, metal de aporte o mezcla de este con metal base (Hernández, 2016). La zona afectada por el calor o también llamada ZAC, es aquella que se encuentra de manera adyacente al cordón de soldadura que se calienta y se ve afectada, como su nombre indica por el calor, sin llegar a fundirse, sin embargo sufre cambios metalúrgicos y en sus características mecánicas; este cambio puede ser beneficioso o no para la unión soldada (Meza, 2015).

El tratamiento térmico post soldadura nace de la necesidad de recomponer características deseadas en el metal soldado, y estos efectos indeseables presentados son: generación de tensiones de distorsión y residuales, la absorción de gases por el metal fundido y la modificación de la estructura metalográfica (Laufgang, 2004). Si el calentamiento es localizado (soldadura), se producen estas tensiones residuales en la mayoría de metales al calentarse, produciendo disformidad de la temperatura que produce dilatación en diferentes puntos de la pieza, en un mismo momento, ocasionando tensiones térmicas. (Welding Handbook, 2004).

Al ciclo térmico realizado posterior a la soldadura, haciendo uso de temperaturas y velocidades de enfriamiento e calentamiento de manera controlada, se le denomina tratamiento térmico post soldadura o PWHT o en sus siglas en español TTPS, y este tratamiento, junto con el precalentamiento, son la manera de corregir o evitar efectos indeseables en la soldadura.

El proceso de soldadura implica sobre el metal la absorción de gases e hidrogeno, provocando la alineación de sopladuras, microfisuras, dando origen a fish-eyes (ojo de pez) (Seferian, 1992). Debido a lo mencionado es necesario un tratamiento térmico post soldadura, para aliviar las características físicas y mecánicas del acero, estarán sujetas a si el metal es aleado o no, como el cobalto, cromo, cobre, níquel, molibdeno, nitrógeno, tántalo, titanio, selenio, tungsteno, etc. Las propiedades de estos metales es la plasticidad, según Esquivias (2018) la plasticidad es aquella propiedad que tiene el acero para conservar su forma luego de someterse a un esfuerzo.

Dentro de la industria petrolera, los aceros están sujetos constantemente a diferentes estímulos extremos, en la presente investigación se consideran las características que afecta los ductos de hidrocarburos, como la fragilidad, la maleabilidad, la dureza y la tenacidad.

La fragilidad es una de las falencias en los ductos de hidrocarburos en la industria petrolera, ya que es aquella facilidad con la que el acero se puede romper al ser sometido a un nivel de esfuerzo como lo es el tránsito de crudo o fluidos. Cuando el acero es aleado, tiene un alto porcentaje de carbón, y es más frágil. Por otro lado la maleabilidad es la facilidad del acero para ser laminado, algunas aleaciones de acero inoxidable por ello pueden ser más maleables que otras; por otro lado la dureza viene a ser la resistencia puesta por un metal ante el calentamiento; la tenacidad es un factor del metal que determina la capacidad de este para resistir a una aplicación de fuerza extrema sin romperse.

En el caso del acero utilizado en la elaboración de ductos petroleros, posee una concentración mediana de carbón, es por ello que la tenacidad es más alta, el metal mayormente usado en esta industria, es el Cr-Mo grado P22, y según las normas ASME B31.3.2012, los criterios máximos respecto a la dureza son 235 HBW.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

La presente investigación se basa en los enfoques de los autores Rivas y Suck (1995), Tamayo (2003), Hernández (2014). Este trabajo de investigación se encuentra dentro del tipo documental y descriptiva. Rivas y Suck (1995) determina que la investigación documental tiene como objetivo seleccionar, organizar y analizar información sobre un determinado estudio desde fuentes documentales, contenidas en publicaciones tales como libros, documentos, revistas. Es por ello que esta investigación se consideró dentro de los parámetros del tipo documental debido a que se reunió material documental para su revisión, como los autores mencionados líneas arriba que abordan la temática de tratamientos térmicos y tratamientos térmicos post soldadura (PWHT).

Tamayo (2003) define que una investigación descriptiva comprende tanto el registro, como la descripción, y el análisis e interpretación de una naturaleza o fenómeno determinado. Así mismo dice que las investigaciones descriptivas se basan sobre un hecho determinado, y cuya principal característica es dar una correcta interpretación. Es por ello que esta investigación fue de carácter descriptivo ya que buscó describir aspectos determinados para en base a ello establecer predicciones, propiedades específicas, características, factores, y tipos del tratamiento térmico post soldadura; estas características de la investigación descriptiva fueron definidas por Hernández (2014).

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), en una investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlo. La presente investigación fue de diseño no experimental y del tipo transeccional, debido a que no se realizó manipulación alguna de la variable, tampoco se pretendió influir en ella, se centró únicamente en recopilar información, analizarla, y proponer una nueva perspectiva de la teoría estudiada; así mismo es transeccional debido a que esta recopilación de información fue realizada en un momento de tiempo determinado.

### 3.2. Variables y operacionalización

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Objetivos específicos	Categorías	Subcategoría	Unidad de análisis
Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT)	Ciclo térmico luego de la soldadura, con temperaturas y velocidades de calentamiento e enfriamiento controlado. (Seferian, 1962)	Describir el estado del arte del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras.	El estado del arte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Métodos y Tipos</li> <li>Variabes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quesada (2019)</li> <li>Alcántara y Esparza (2019)</li> <li>Martínez (2018)</li> <li>Pozo (2018)</li> <li>Laufgang, (2006)</li> <li>The American Society of Mechanical Engineers (2012)</li> </ul>
		Definir el estado actual del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras.	Estado actual del proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zonas de Unión</li> <li>Utilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DeGarmo y Black (2002)</li> <li>Askeland (2011)</li> <li>Adame (2015)</li> <li>Apraiz (2010)</li> <li>Rakhit (2000)</li> <li>Caballero (2015),</li> <li>Esquivias (2018)</li> <li>Meza (2015)</li> <li>Hernández (2016)</li> </ul>
		Describir los factores del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras.	Factores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calentamiento</li> <li>Humedecimiento y Periodo</li> <li>Enfriamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welding Handbook (2004)</li> <li>Seferian (1992)</li> <li>ASME B.31.3 (2012)</li> <li>Rodríguez y Roldan (2016)</li> <li>Bohler Peru (2019)</li> <li>Kobelco (2001)</li> <li>Colque (2019)</li> </ul>
		Determinar lineamientos para el Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras.	Este objetivo estará sujeto a los resultados de la investigación.		

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

Tamayo (2003) dice que en una investigación, la población es una totalidad de un fenómeno de estudio, está constituida por las unidades de análisis de población que integran dicho fenómeno. La población que se consideró en este trabajo de investigación está conformada por los documentos de variadas fuentes como las mencionadas en los capítulos anteriores, trabajos de investigación, libros y revistas. En este caso se consideró un total de 22 documentos relacionados a los tratamientos térmicos post soldadura, conformados por libros, revistas y trabajos de investigación.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad de los instrumentos

Fidias (2006) menciona que la técnica, es aquel procedimiento o forma rápida de obtener datos o información. Para este desarrollo se utilizó la técnica de recolección de datos mediante la observación documental indirecta, para reunir información. Se le determina observación ya que como su nombre lo señala, hace uso del sentido de la vista para analizar, leer y recolectar información de los documentos reunidos, y es indirecta, ya que esos documentos han sido elaborado por otros autores que han podido estar en contacto directo con el fenómeno, independientemente del origen, el autor no ha estado en contacto directo del mismo, por lo que se considera indirecta. La observación documental, que es la que se aplica en este trabajo, es un proceso operativo que busca registrar ordenadamente la información de las fuentes reunidas, pueden ser trabajos de investigación, libros revistas, entre otros.

Según Fidias (2006) un instrumento de recolección de datos, es cualquier recurso, dispositivo o formato (papel o digital), utilizado para registrar, obtener o almacenar información. En este trabajo de investigación, debido a su naturaleza documental, se utilizó como instrumento para la técnica de la observación documental, la matriz de análisis documental. Para Bernard (1999) este instrumento sirve como soporte para la investigación, ayuda a describir de manera sistemática y objetivamente el contenido de las publicaciones, con la finalidad de interpretarlas.

La validez llevada a cabo en el presente trabajo es de juicio de expertos, conformado por un grupo de 3 profesionales de la Facultad de ingeniería de la Universidad César Vallejo, quienes realizaron una revisión de cada unidad de análisis, tanto su redacción, como su congruencia en relación a la variable de estudio. Cabe señalar que la confiabilidad en este trabajo no fue medida, ya que se encuentra ligada a las consideraciones propias del material informativo.

### 3.5. Procedimientos

Se seleccionó el tema de investigación, luego se realizó una búsqueda de información sobre los tratamientos térmicos a nivel nacional e internacional, luego se elaboraron fichas bibliográficas para clasificar, los autores y la información recolectada de cada documento, posterior a ello se clasificó la información según el tema y su importancia respecto a los objetivos perseguidos por la investigación. Luego se elaboró un bosquejo del documento final para encontrar los puntos resaltantes y los innecesarios, finalmente redactando el documento final del trabajo de investigación.

### 3.6. Método de análisis de datos

El análisis desarrollado en este trabajo, fue de técnica cualitativa, tomando en consideración las cualidades determinadas tras el análisis documental dando respuesta a los objetivos específicos. Esta técnica de análisis cualitativo ayuda a identificar el problema planteado en la investigación, identificando métodos utilizados, variables, categorías, método o factores manejados por anteriores autores, en función de los tratamientos térmicos post soldaduras. Luego de ello se realiza un documento íntegramente nuevo, con un punto de vista único del autor de la presente investigación. Así mismo se desarrollaron técnicas propias del análisis documental como el subrayado, el fichaje ya mencionado, las notas de referencia, y la clasificación bibliográfica.

### 3.7. Aspectos éticos

Durante el desarrollo del trabajo de investigación, se consideró por ética personal del investigador, mantener en todo momento la honestidad y la fidelidad a la veracidad de la información, citando en toda oportunidad necesaria, las fuentes exactas de la información utilizada para los respectivos análisis; mostrando en todo momento respeto a la autoría. Así mismo se define que el resultado final del trabajo de investigación es un análisis original del investigador tomando como base únicamente los documentos citados y recopilados en todo el documento.

#### **IV. RESULTADOS**

Habiéndose realizado la lectura y análisis de los documentos mencionados, se describen en este capítulo, los resultados a los que el autor ha llegado tras dicho análisis.

El tratamiento térmico post soldadura es conocido por sus siglas en español TTPS o por sus siglas en inglés PWHT (Post Welding Heat Treatment), y consiste principalmente en tratar con calor un área determinada de un metal, afectada por la soldadura, en el sentido que al darse el tratamiento de soldadura se produce una alteración de las características del metal, estas alteraciones o cambios dependen del tipo de metal y del tratamiento de soldadura. Los cambios generados ocasionan en su mayoría fallas, roturas o errores de la estructura fabricada por el metal.

En las industrias petroleras se hace uso tanto de la soldadura como del tratamiento térmico post soldadura, debido a que es necesario una estructura dúctil, para el transporte del hidrocarburo, esta estructura vienen a ser los ductos de transportes del crudo entre plantas, que conducen, tanto el crudo, como gas, agua e impurezas a sus respectivos pozos de tratamientos. Es en estas estructuras donde se produce el proceso de soldado para las uniones que las conforman, así como también para sus instalaciones; los principales problemas encontrados con estas estructuras, es la rotura de los ductos, ocasionando un retraso en los procesos de exploración de hidrocarburos.

En ese sentido se determinó un estado del arte del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras, considerando como subcategorías de este proceso, los métodos, los tipos y las variables.

Según los diferentes autores consultados, los métodos del tratamiento térmico se dividen en 4, el integral y el localizado, el primero se subdivide en el 1) método de horno estacionario, 2) el Horno Portátil, ambos métodos utilizan hornos fijos o móviles, construidos en la planta y los equipos serán trasladados generalmente por grúas; 3) el Calefaccionado interno con quemadores de alta velocidad, para ello se

hace uso generalmente de Esferas de Gas licuado, sin embargo puede realizarse con otros tipos de equipos. Sin embargo el método que atañe a la presente investigación respecto al soldado y tratamiento térmico post soldadura, es el método localizado que se divide según los autores consultados en 6, las resistencias eléctricas, la inducción, la radiación con lámparas de cuarzo, la radiación por calefactores a gas tipo infrarrojo, el exotérmico localizado y la llama; los 6 métodos localizados solo pueden desarrollarse en geometrías que faciliten la libre dilatación, como por ejemplo las soldaduras circunferenciales.

Es en este método donde se ubica el tratamiento térmico post soldadura, el cual puede aplicarse de diferentes maneras, debido a que en este método (localizado) consiste en calentar a una determinada temperatura, las uniones soldadas en las industrias petroleras, colocándoles una banda de material base en cada extremo del cordón de soldar.

Respecto a los tipos determinados en el análisis de la presente investigación según los autores consultados.

Los tipos de Tratamientos Térmicos, determinados son cuatro: los tratamientos térmicos de recocidos, cuya finalidad de ablandar el acero, regenerar su estructura o eliminar tensiones internas; luego se tiene el tratamiento térmico de normalizado, que se usa en piezas fundidas de manera mecánica, para afinarlas y eliminar tensiones ocasionadas por la soldadura, haciendo uso de una temperatura superior a la crítica A3 o Acm; le sigue el tratamiento térmico de temple que austeniza un acero, para incrementar su dureza y resistencia; finalmente se da el tratamiento térmico de revenido, cuya finalidad es la de modificar la estructura sin eliminar los efectos del tratamiento de temple, en este tratamiento se calienta el acero a temperaturas inferiores a la crítica A1 (723°C) y luego se enfría a temperatura ambiente.

En relación a las variables consideradas en el tratamiento térmico según los documentos elaborados por los autores consultados, se establece que son 06 las utilizadas en su mayoría en las industrias petroleras, y estas son: la temperatura



hasta la cual la velocidad de calentamiento es libre (TLC), la Velocidad de calentamiento (VC), la Temperatura de Mantenimiento (TM), el Tiempo de mantenimiento (T), la Velocidad de enfriamiento (VE), y la Temperatura por debajo de la cual la velocidad de enfriamiento es libre (TLE). Así mismo se determina que las variables óptimas del PWHT dependen de las propiedades físicas del metal, la resistencia mecánica, la corrosión, la tenacidad; y se considera que las variables de mayor importancia en los tratamientos de acero en la industria de hidrocarburos, son el tiempo y la temperatura.

Según la concatenación de la información respecto al estado actual del proceso, y considerando las subcategorías zonas de unión y utilidad.

Las zonas de uniones son de recurrencia en las estructura de plantas petroleras, los ductos de transporte se elaboran bajo el proceso de soldadura, lo que genera alteraciones en las características del acero, siendo el de más recurrencia en la elaboración de ductos, el Cr-Mo. Estos ductos son elaborados bajo los criterios del código ASME B31.3, y es por ello que es necesaria la aplicación de un tratamiento térmico post soldadura.

Dentro de las zonas de uniones en las que se aplica el tratamiento térmico, se identifican tres, el metal base, la zona de fusión y la zona afectada por el calor. El metal base es aquella zona del metal, en este caso acero, que servirá como base del tratamiento térmico post soldadura, esta zona puede ser revestida por otro metal o se le puede agregar material adicional, es sobre esta zona donde recaerá el calentamiento. La zona de fusión por otro lado es la parte que se funde y adhiere al metal, luego de solidificarse durante la soldadura, puede estar compuesta por el metal base fundido. La zona afectada por el calor (ZAC), está adyacente al cordón de soldadura, es por ello que se calienta y se ve afectada, sin embargo no llega a fundirse, pero si presenta cambios metalúrgicos.

La utilidad del tratamiento térmico post soldadura parte de recomponer las características de un metal, luego de ser soldado, ya que la soldadura como tal, es un procedimiento que afecta las propiedades del metal, ocasionando cambios en su fragilidad, maleabilidad, dureza y tenacidad. Cuando el metal es sujeto al

proceso de soldadura, proyecta resultados no siempre deseados, dando como resultado una generación de tensiones de distorsión, otra posible tensión residual, se puede presentar también una absorción de gases producto de la función del metal, e incluso puede modificarse metalográficamente la estructura de este. En la mayoría de calentamiento localizado como es el caso de la soldadura, se presentan tensiones residuales, lo que se traduce en una posible rotura por presión o fuerza sobre la estructura, derivando en una paralización de la producción en las plantas de hidrocarburo.

Habiendo analizado los documentos, en relación a los factores considerados en el Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT), se determinan la tasa de calentamiento, humedecimiento y periodo, la tasa de enfriamiento. No obstante también se señala que la combinación de estos factores puede perjudicar o beneficiar el material sobre el que se trabaja. Respecto a las industrias petroleras se sabe que el acero usado en la mayoría de sus estructuras es el Cr-Mo y la soldadura desarrollada en ella afecta su dureza y tensión ocasionando rajaduras en las zonas donde se aplicó la soldadura, siendo este otro motivo de paralización de producción para recambio de materiales y estructuras pertenecientes al proceso. En suma, los factores considerados en el tratamiento térmico post soldadura, en la industria petrolera, son la tasa de calentamiento, enfriamiento, temperatura, tiempo de humedecimiento.

Habiendo descrito y determinado mediante un análisis documental, los puntos anteriores sobre el estado del arte, la situación actual del tratamiento térmico, y los factores que intervienen en el mismo, se determinaron así mismo los lineamientos que según el autor considera permitentes para este proceso en la industria petrolera.

El primer lineamiento considera que el inicio del Tratamiento Térmico post soldadura, considera y determina el área del metal sobre el que se trabajará, así como también el análisis de sus características y propiedades: fragilidad, maleabilidad, dureza y tenacidad. En la industria del petróleo el acero más utilizado es el Cr-Mo.

El segundo lineamiento consiste en determinar las alteraciones producidas en el acero producto de la soldadura, y decidir definir qué características serán las que se necesiten modificar para la estructura del acero, que evite la detención de la producción de crudo, por consecuencia de un mal funcionamiento, obstrucción, deterioro o rotura.

Como tercer lineamiento, el autor considera la selección del método de tratamiento térmico a utilizar, para alcanzar los objetivos planteados en el segundo lineamiento, ya sea el integral o el localizado. De usarse el primero determinar elegir entre el uso de un horno estacionario o uno portátil, o mediante un sistema de calefacción interna mediante quemadores de alta velocidad. Por otro lado para el método localizado, se decidirá entre los métodos de resistencias eléctricas, inducción, radiación con lámparas de cuarzo, radiación por calefactores a gas tipo infrarrojo, exotérmico localizado, y por llama.

## V. DISCUSIÓN

Se determinó el estado del arte del Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en industrias petroleras, considerando los métodos, tipos y variables en el análisis de los documentos de Laufgang, (2006) en su texto sobre el “Tratamiento Térmico de Soldadura”, y Quesada (2019) que aborda el tema de la influencia del tratamiento térmico post soldadura en uniones soldadas GTAW del acero ASTM A335.

Se realizó la descripción del estado actual del proceso de Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) considerando las zonas de unión y utilidad, en base a los autores, Quesada (2019), Hernández (2016), (Meza, 2015), Alcántara y Esparza (2019).

Se determinaron los factores considerados en el Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) en base a las fuentes de KOBELCO (2001), The American Society of Mechanical Engineers (2012), Askeland (2011), Rakhit (2000), los cuales consideran los factores del tratamiento térmico y se consideran fuentes confiables.

Se establecieron así mismo los lineamientos que según el autor considera permitentes para este proceso en la industria petrolera Seferian (1992), Esquivias (2018), Caballero (2015), Welding Handbook (2004), DeGarmo y Black (2002), Pozo (2018).

Estos resultados a los que se llegó con la presente investigación, se consideran correctos, ya que derivan de las fuentes las cuales han sido citadas de manera respectiva, y a su vez son consideradas fuentes confiables.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Se realizó la descripción del estado del arte del proceso de tratamiento térmico post soldadura, considerando el método localizado que se divide en 6: las resistencias eléctricas, la inducción, la radiación con lámparas de cuarzo, la radiación por calefactores a gas tipo infrarrojo, el exotérmico localizado y la llama.
2. Se realizó la descripción del estado actual del proceso del Tratamiento Térmico post soldadura, determinando los tipos de uniones que trabajan como; el metal base, zona de fusión, y zona afectada por el calor (ZAC). Siendo de utilidad recomponer las características de un metal, luego de ser soldado.
3. Se determinaron los factores considerados en el Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT), tales como el calentamiento, humedecimiento y periodo, y enfriamiento.
4. Se establecieron los lineamientos para el proceso de tratamiento térmico post soldadura en la industria petrolera, considerando determinar las alteraciones causadas en el acero, producto de la soldadura, determinar el área del metal sobre el que se trabajará y el más utilizado es el acero Cr-Mo; y finalmente seleccionar el método de tratamiento térmico a utilizar en las industrias petroleras.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Es posible considerar en la situación actual del proceso, un estudio sobre las empresas dedicadas a brindar servicios de tratamientos térmicos post soldadura en la industria petrolera.
2. Se recomiendan incluir los problemas presentados en las plantas de hidrocarburos, derivados de la ausencia en la aplicación del tratamiento térmico post soldadura, en sus equipos.
3. Se recomienda incluir estudios sobre análisis económicos de costos beneficios, en base a la aplicación de los tratamientos térmicos post soldadura, que reflejen la variación de la utilidad de la empresa de hidrocarburos.
4. Se indica verificar los linamientos en la industria petrolera, determinando las causas que conllevan a las alteraciones del acero, determinando el área donde se trabajara utilizando el método de tratamiento térmico que se va a utilizar.

## REFERENCIAS

GUZMÁN Alfonso, Análisis de la resistencia a la tensión y dureza de un acero SAE 1045 sometido a diferentes tratamientos térmicos: temple, criogenia y revenido a 400°C". (Tesis de pregrado-ingeniería mecánica), para la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá  
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6015/1/AlfonsoGuzmanNicolas2017.pdf>

GARCÍA, Esther, Influencia de la temperatura del revenido de un acero aliado". (Tesis de pregrado-ingeniero técnico industrial), para la Universidad de Cantabria, España  
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/9156/386972.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MAURICIO Adame, Estudio del tratamiento térmico post soldadura GTAW en tuberías de proceso de acero al carbono ASTM A 106 GR B y su incidencia en la resistencia a la tracción y dureza". (Tesis de pregrado-ingeniero mecánico), para la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.  
<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10581/1/Tesis%20I.M.%20283%20-%20Adame%20Analuisa%20Mauricio%20Sebasti%C3%A1n.pdf>

COLQUE, R., Evaluación del tratamiento térmico de las soldaduras de tuberías de acero al carbono realizadas mediante el proceso por arco de metal y electrodo revestido". (Tesis de pregrado), para la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca-Perú  
[http:///C:/Users/HP/Downloads/T036\\_45448603\\_T.pdf](http:///C:/Users/HP/Downloads/T036_45448603_T.pdf)

NEYRA, R, Mejora de la dureza del acero SAE 1045 mediante la aplicación del tratamiento térmico criogénico". (Tesis de pregrado), para la Universidad Continental de Huancayo-  
[http:///C:/Users/HP/Downloads/IV\\_FIN\\_111\\_TE\\_Neyra\\_Pena\\_2019.pdf](http:///C:/Users/HP/Downloads/IV_FIN_111_TE_Neyra_Pena_2019.pdf)

MANDUJANO, B. (2018) de la tesis “Tratamiento térmico en matrices de forjado W302 para obtener una alta dureza de trabajo en industrias Mendoza S.R.L”. (Tesis de pregrado), para la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.  
[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5243/T010\\_46669731\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5243/T010_46669731_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

AVALOS Lander, Efectos de los tratamientos térmicos aplicados al acero ASTM A182, sobre el desgaste deslizante seco, bajo distintas condiciones de ensayo y su relación con la microestructura”. (Tesis de pregrado-ingeniería mecánica), para la Universidad Nacional de Trujillo-Perú  
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9269/AVALOS%20COLLAN%20TES%2c%20LANDER%20SIDRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CABRERA David y MUÑOZ Daniel, Caracterización microestructural y d propiedades mecánicas en aceros de alta resistencia obtenidos por laminación en caliente y con tratamiento térmico de revenido”. (Tesis de pregrado-ingeniería metalurgista), para la Universidad Nacional de Trujillo-Perú  
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8790/Ch%c3%a1vez%20Cabrera%2c%20Wileduar%20David%20Mu%c3%b1oz%20Castillo%2c%20Daniel%20Alejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BRAVO Fredy, Tratamientos térmicos a fundiciones grises de la región Grau fabricadas en horno de cubilote”. (Tesis de pregrado-ingeniería industrial), para la Universidad Nacional de Piura-Perú  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1264/ING\\_438.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1264/ING_438.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

American welding society, Norma para certificación de inspectores de soldaduras de la AWS  
<https://app.aws.org/certification/docs/QC1-2007-Spanish.pdf>

ASKELAND Donald, Ciencia e ingeniería de los materiales. 3ª ed. México: International Thompson Editores



<https://osvaldoweb.files.wordpress.com/2016/04/ciencia-e-ingenieria-de-materiales-sexta-edicic3b3n.pdf>

SHACKELFORD James, Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros.  
6ª ed. Prentice Hall

ASME sección IX versión 2013.

[file:///C:/Users/monik/Downloads/doku.pub\\_introduccion-a-la-ciencia-de-materiales-para-ingenieros-6ta-edicion-james-f-shackelford.pdf](file:///C:/Users/monik/Downloads/doku.pub_introduccion-a-la-ciencia-de-materiales-para-ingenieros-6ta-edicion-james-f-shackelford.pdf)

LAUFGANG Sergio. (2006) Tratamiento térmico de soldadura.

<http://materias.fi.uba.ar/6713/CursolASListook.pdf>

SEFERIAN Daniel, Metalurgia de la soldadura. Madrid: Editorial Tecnos.

<https://www.worldcat.org/title/metalurgia-de-la-soldadura/oclc/318315007?referer=di&ht=edition>

BARRERA Diego & ROJANO Armando, Elaboración de un procedimiento específico de soldadura (Wps) para la construcción de poliductos en tuberías de acero al carbono instalado bajo la técnica de perforación horizontal dirigida para la empresa Montecz S.A." (Tesis de pregrado-especialista en soldadura) , para la Universidad. Libre de Bogotá-Colombia.

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9854/MONOGRAFIA%20ELABORACION%20DE%20UN%20PROCEDIMIENTO%20ESPECIFICO%20DE%20SOLDADURA.pdf?sequence=1>

JENNEY, C.; O'Brien, A, *Welding Handbook*. (Vol. 1). Miami: American Welding Society. Recuperado el 7 de Marzo de 2018

[https://pubs.aws.org/Download\\_PDFS/WHB-1.9PV.pdf](https://pubs.aws.org/Download_PDFS/WHB-1.9PV.pdf)

TAMAYO Mario, Proceso de la investigación científica. Libro Limusa, México Noriega-Editores.

[https://books.google.com.co/books?id=BhymmEqkkJwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=BhymmEqkkJwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

ARIAS Fidias, El proyecto de la investigación. 5ª Ed. Caracas- Venezuela.  
Editorial Episteme.

[https://books.google.com.pe/books?id=y\\_743ktfK2sC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=y_743ktfK2sC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

CEGARRA José, Metodología de la investigación científica y tecnológica.  
Ediciones Diaz de Santos, S.A. Madrid-España.

[https://books.google.com.pe/books?id=-XG4KMFNnP4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=-XG4KMFNnP4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

BALESTRINI Mirian, Como se elabora el proyecto de investigación. BL  
consultores asociados, servicio editorial, Caracas, República Bolivariana de  
Venezuela. Séptima edición, junio 2006.

<https://drive.google.com/file/d/0B1sTclvKGVSyT1FFa0JYMXFEejg/view>

BERMÚDEZ R., FERNÁNDEZ Carlos y BAPTISTA Pilar. (2014) Metodología de la  
investigación. / Interamericana Editores, S. A de C.V., México D.F., México: MC  
Graw Hill.

[http://jbposgrado.org/material\\_seminarios/HSAMPIERI/Metodologia%20Sampieri%205a%20edicion.pdf](http://jbposgrado.org/material_seminarios/HSAMPIERI/Metodologia%20Sampieri%205a%20edicion.pdf)

ROJAS Víctor, Metodología de la investigación, diseño y ejecución. Ediciones de  
la U. Primera edición: Bogotá, Colombia, mayo de 2011.

<http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>

RIVERO Daniel, Introducción a la metodología de la investigación. Editorial:  
Shalom 2008.

<http://rdigital.unicv.edu.cu/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20in%20vestigacion%20este.pdf>

MOJICA Willder. Determinación del flujo de calor de entrada mediante la técnica de termografía para un material base astm a-36 de diferentes espesores con el proceso smaw willder gustavo mojica bustos. Universidad Libre, Bogotá 2014.

<https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/9839>

QUESADA Junior. Influencia del tratamiento térmico post soldadura en las propiedades mecánicas de las uniones soldadas gtaw del acero astm a335 en la refinería de talara, Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”. Talara, 2018.

<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3693/TESIS%20-%20JUNIOR%20MAURO%20QUEZADA%20RAMOS%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VARGAS Ederson. Ensayos no destructivos de tubos de aceros astm-p5 para garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la refinería talara, Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”. Huacho 2018.

<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2136/VARGAS%20MARTINEZ%20EDERSON%20HALEC.pdf?sequence=1>

ALCANTARA Víctor, ESPARZA José. Precipitación de partículas de segundas fases, dureza y microestructura del acero astm a335-p22 tratado térmicamente a diferentes tiempos de revenido. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo 2019.

<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12011>

POZO Wilmer. Evaluación de los parámetros aplicados durante el tratamiento térmico del acero AISI m42 en la empresa Boehler del Perú s.a. Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”. Huacho - 2018.

<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2435/POZO%20NIETO%20DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rent Industrial. Descripción general del tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT). Colombia – 2018.

<https://www.rent-industrial.com/blog/descripcion-general-del-tratamiento-termico/1>

KOBELCO. El ABC de la soldadura. [Revisión web, 08 de Junio 2020]

[https://www.kobelco-welding.jp/espanol/education-center/abc/ABC\\_2001-02.html](https://www.kobelco-welding.jp/espanol/education-center/abc/ABC_2001-02.html)

JÁCOME Fernando. Análisis de la microestructura del acero V320 sometido a tracción y torsión luego de un tratamiento térmico de temple subcero. Universidad Particular Internacional SEK.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1291/1/An%C3%A1lisis%20de%20la%20microestructura%20del%20acero%20V320%20sometido%20a%20tracci%C3%B3n%20y%20torsión%20luego%20de%20un%20tratamiento%20t%C3%A9rmico%20de%20temple%20subcero.pdf>

XVI- TRATAMIENTOS TERMICOS DE LOS ACEROS INOXIDABLES. Argentina, 2016.

[https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_ano/metalografia/16-\\_TT\\_aceros\\_inoxidables\\_v2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_ano/metalografia/16-_TT_aceros_inoxidables_v2.pdf)

Puente Joel. TRATAMIENTO TERMICO DE TEMPLADO DE LOS ACEROS ALEADOS, Universidad Autónoma de Nuevo León. México, 1981.

<http://eprints.uanl.mx/29/1/1020070562.PDF>

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS. [Revisión Web 22 Marzo 2020].

<http://www.tecnologiaycultura.net/UD5TraTer.pdf>

# **ANEXOS**

Anexo 1: MATRIZ DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

No	Tipo de Documento	Nombre de documento	Autor	Año	Conceptos Claves	Ideas fundamentales	Objetivo de la investigación	Conclusiones
1	Tesis	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL REVENIDO EN UN ACERO ALEADO	Esther García Cueto	2016	Influencia Temperatura Aceros aleados	Evaluar la temperatura de revenido de un acero aleado	Evaluar el comportamiento de un acero al carbono en cuanto a sus propiedades mecánicas, al someterle a distintos tratamientos térmicos.	Se puede observar con los resultados obtenidos que aplicar un tratamiento térmico, como es el revenido puede mejorar algunas de las propiedades de este material, y que según los valores que se busquen, será necesario utilizar temperaturas de revenido concretas, más altas o más bajas.
2	Tesis	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN Y DUREZA DE UN ACERO SAE 1045 SOMETIDO A DIFERENTES TRATAMIENTOS TÉRMICOS: TEMPLE, CRIOGENIA Y REVENIDO A 400 °C	Nicolás Alfonso Guzmán	2017	Propiedades Temperatura Tratamiento térmico	Mostrar la variación de las propiedades mecánicas del material AISI SAE 1045 bajo la influencia de temple, criogenia y revenido a bajas temperaturas.	Analizar la resistencia a la tensión y dureza de un acero AISI SAE 1045 sometido a diferentes tratamientos térmicos; temple, revenido a bajas temperaturas.	Se concluye que los tratamientos térmicos aplicados aumentan la Microdureza de las zonas duras en un mínimo de 30% y se refuerzan las zonas blandas en un 35%.

3	Tesis	ESTUDIO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA GTAW EN TUBERÍAS DE PROCESO DE ACERO AL CARBONO ASTM A106 GR B Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DUREZ	Mauricio Sebastián Adame Analuisa	2015	Temperatura Parámetros Aceros al carbono	Estudio del tratamiento térmico post soldadura GTAW en tuberías de proceso de acero al carbono ASTM A106 Gr B y su incidencia en la resistencia a la tracción y dureza.	Determinar la incidencia del tratamiento térmico post soldadura GTAW en tuberías de proceso de acero al carbono ASTM A106 GR-B con la resistencia a la tracción y dureza para el mejoramiento de las propiedades mecánicas tanto en el cordón de soldadura como en la zona afectada térmicamente por el proceso de soldadura.	Se elaboró un procedimiento en el cual queda establecido todos los parámetros, procesos a seguir para disponer de una guía didáctica que permita realizar correctamente los trabajos y ensayos.
4	Tesis	EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LAS SOLDADURAS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO REALIZADAS MEDIANTE EL PROCESO POR ARCO DE METAL Y ELECTRODO REVESTIDO	Renzo Alberto Zea Colque	2018	Tratamiento térmico Dureza dureza	El tratamiento térmico después de la soldadura (PWHT) por sus siglas en inglés, en un método que tiene como finalidad el aumento de la vida útil de los elementos metálicos, garantizar altas presiones con hermeticidad según las normas aplicables vigentes	Efectuar la evaluación del tratamiento térmico de las soldaduras de tubería de acero al carbono realizadas mediante el proceso por arco de metal y electrodo revestido.	Se da a entender los parámetros esenciales, tales como, velocidad de calentamiento, tiempo y temperatura, aplicables a tuberías de acero al carbono ya sometidas a un proceso de soldeo, teniendo como objetivo la mejora de la configuración estructural del material, reduciendo los niveles de dureza y aliviando las tensiones residuales, además de la obtención de los parámetros necesarios para la realización de las curvas de calentamiento y enfriamiento propios del tratamiento térmico.

5	Tesis	MEJORA DE LA DUREZA DEL ACERO SAE 1045 MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO TERMICO CRIOGENICO	Dumas Renato Neyra Peña	2019	Tratamiento térmico Dureza Aceros SAE 1045	Destacar los cambios sobre las características mecánicas y microestructural es del acero al ser sometido a procesos de tratamiento térmico criogénico	Evidenciar la mejora de la dureza del acero SAE 1045 mediante la aplicación del tratamiento térmico criogénico.	Concluye que la aplicación del tratamiento criogénico resulta ser altamente eficiente con relación a los procesos tradicionales de temple, ya que favorece la transformación de austenita retenida; por lo tanto, al haber menor contenido de esta en la microestructura, la dureza es mayor.
6	Tesis	EFFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS APLICADOS AL ACERO ASTM A182, SOBRE EL DESGASTE DESLIZANTE SECO, BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE ENSAYO Y SU RELACION CON LA MICROESTR	Lander Isidro Avalos Collantes	2017	Tratamiento térmico Ensayos Microestructura	El propósito fue encontrar las condiciones para lograr el menor desgaste.	Establecer las condiciones de tratamiento térmico, tiempo y carga, en los ensayos de desgaste adhesivo, aplicados al acero ASTM- A182, en las que se pueda obtener la mayor resistencia al desgaste, junto a la menor tasa con la que se desgasta el material.	Se concluye que la resistencia al desgaste adhesivo del acero en estudio, se relaciona de manera conjunta con las tres variables: tiempo de ensayo, carga aplicada y tratamiento térmico y no de manera aislada o parametrada.
7	Tesis	CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL Y DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN ACEROS DE ALTA RESISTENCIA OBTENIDOS POR LAMINACIÓN EN CALIENTE Y CON TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO	Chávez Cabrera, Wileduar David & Muñoz Castillo, Daniel Alejandro	2016	Fase dual Revenido Dureza acero	Se estudió las características mecánicas y microestructural de un acero experimental de alta resistencia	Conocer cuáles son las características microestructurales y las propiedades mecánicas tras tratamiento térmico en aceros de alta resistencia obtenidos. Por laminación en caliente.	Se determinó que el menor tamaño de grano ocurre a 620°C, correspondiente con una mayor dureza. Este acero presenta pequeñas cantidades de martensita y bainita distribuidas de forma irregular que se homogeniza con los tratamientos térmicos, fases características de un acero de fase dual.



8	Tesis	TRATAMIENTOS TÉRMICOS A FUNDICIONES GRISES DE LA REGIÓN GRAU FABRICADAS EN HORNO DE CUBILOTE	Fredy Edgard Bravo Crisóstomo	2005	Tratamiento térmico Propiedades Temperatura	Obtener los parámetros principales para realizar los tratamientos térmicos de ferritización y perlitización	Determinar los parámetros principales para realizar los tratamientos térmicos de ferritización y perlitización a las fundiciones grises laminares.	De los tratamientos efectuados (perlitización o ferritización) se ha podido deducir que el tiempo de permanencia necesario es función de la composición química, espesor y porcentaje de fases presentes.
9	Artículo	NORMA PARA LA CERTIFICACION DE INSPECTORES DE SOLDADURA	AWS	2006	Inspección Soldadura Certificación	El inspector debe estar familiarizado con todos los procesos y procedimientos de soldadura	Inspeccionar la soldadura en los procesos de soldadura.	Determinar si un conjunto soldado cumple con los criterios de aceptación de un código o norma específicos u otros documentos.
10	Libro	CIENCIA E INGENIERIA DE MATERIALES	Askeland Donald	2011	Temperatura Acero dureza	Materiales de ingeniería	Mejorar las propiedades mecánicas y microestructurales.	Tiene como finalidad el cálculo de desgastes y adhesión, oxidación y degradación en materiales metalúrgicos.
11	Libro	INTRODUCCION A LA CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS	JAMES F. SHACKELF ORD	2005	Resistencia Ductilidad Tratamiento térmico	Realizar tratamiento térmico y sus Cambio de fases de los materiales	Controlar la cinética de la evolución microestructural.	Tiene lugar una ligera reducción de la dureza como consecuencia del efecto de la movilidad atómica en los defectos estructurales. Es necesario que la temperatura sea elevada para permitir la movilidad de los átomos. A temperaturas ligeramente más altas, tiene lugar una reducción más drástica de la dureza debido a la recristalización.

12	Artículo	TRATAMIENTO TÉRMICO DE SOLDADURA	Laufgang Sergio, G	2006	Aceros al carbono Aceros aleados Temperatura Dureza Microestructura	El Tratamiento Localizado solo en la zona de la Soldadura (Se calienta una banda a cada lado del cordón soldado, cuyo ancho está especificado en los códigos).	Reducir las tensiones residuales que puedan salir mal durante la fabricación y utilización en servicio de una soldadura, un juicioso uso de los Tratamiento Térmicos puede influir más que cualquier otro factor en la obtención del éxito.	Esto lleva a la utilización de aceros aleados que si bien nos proporcionan altas resistencias mecánicas, lo hacen a costa de una disminución de la soldabilidad.
13	Tesis	ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE SOLDADURA (WPS) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POLIDÚCTOS EN TUBERÍAS DE ACERO AL CARBONO INSTALADO BAJO LA TÉCNICA DE PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA PARA LA EMPRESA MONTECZ S.A.	Diego Alexander Barrera García & Diego Armando Rojano Gámez	2015	Soldadura Aleaciones Procedimientos Ensayos no destructivos	Garantizar una soldadura de alta calidad a las solicitudes de construcción, instalación, montajes complejos y de servicio, que contempla la técnica de perforación horizontal dirigida, con el fin de que las instalaciones operen de manera eficiente y segura.	Elaborar un procedimiento específico de soldadura (WPS) y soporte calificativo (PQR), en unión de juntas a tope con ranura en V, en tuberías de acero de bajo carbono para la construcción de líneas de transporte de hidrocarburos, que será instalada bajo la técnica de perforación horizontal dirigida para la Empresa Montecz S.A.	El procedimiento propuesto cumple con las expectativas para el cual fue diseñado, evidentemente el resultado final aplicando API 1104, rechaza dicho procedimiento debido a los defectos representados, dichos defectos nos llevan a concluir que la falta de habilidad y sanidad del soldador, los resultados no fueron eficaces.

14	Artículo	Welding Handbook	Jenney, C.; O'Brien, A	2018	Soldadura Procesos Metales	La soldadura ha sido desarrollada para superar dificultades incorporando el uso de calor o presión para unir piezas	Evaluar los procedimientos de soldadura respecto a la variedad de metales ferrosos y no ferrosos.	Tienen como finalidad aplicar correctamente los procesos de soldadura en materiales ferrosos y no ferrosos.
15	Libro	EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	Mario Tamayo & Tamayo	2004	Metodología Procesos Investigación	Cuestiones básicas de la estructura investigativa, características y los tipos de investigación más usuales	Evaluación y administración de la investigación científica.	Tiene como finalidad seguir rigurosamente la totalidad de estas etapas del proceso de investigación, las cuales presentan y trata concienzudamente, desde la elección del tema hasta la realización del informe.
16	Libro	EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	Fidias, G Arias	2006	Estudio Metodología Recolección de datos	El termino de metodología es el estudio analítico de los tipos de investigación	Ofrecer una guía práctica para la elaboración de proyectos de investigación.	La finalidad en este libro es tener los conceptos y procesos básicos de como ejecutar un proyecto de investigación donde se combina elementos teóricos y prácticos.
17	Libro	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA	José Cegarra Sánchez	2011	Metodología Investigación tecnología	Llevar a plantear notablemente con acierto, una disección de los aspectos más importantes a tener en cuenta para soslayar las dificultades que se presentan en la investigación.	Analizar con énfasis especial los factores en los procesos de desarrollo de la investigación científica y tecnológica.	Tiene la finalidad de incrementar el capital de conocimientos sobre los aspectos más relevantes de la investigación y la tecnología.

18	Libro	COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	Balestrini Acuña Mirian	2006	Proyecto Investigación Elaborar	Tener una guía que les permita elaborar de manera sistemática, el proyecto de tesis o trabajo especial de grado. Que se debe realizar en el ámbito profesional.	Desarrollar todos los aspectos inherentes al proyecto de investigación.	En este sentido este libro, presenta con rigurosidad requerida, todas las fases que el estudiante o profesional deben cometer para culminar exitosamente todo trabajo científico que se hayan planteado.
19	Libro	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	Bermúdez, R., Fernández Carlos y Baptista Pilar.	2014	Metodología Investigación Elaborar	Nos lleva a entender el manejo de la información para estructurarla en los tipos de investigación.	Plantear y desarrollar una metodología de investigación	El contenido tiene como finalidad abordar todo lo que nos rodea y darle un giro para darle solución a un problema específico, estructurando una metodología de investigación.
20	Libro	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	Víctor Miguel Niño Rojas	2011	Metodología Investigación Proceso Técnicas	La investigación se convierte en una acción intencional y puede llegar a ser científica, si se realiza siguiendo un método riguroso.	Aprender a investigar, aprender a planear y ejecutar un proyecto, donde es indispensable integrar sabiamente la teoría y práctica	La finalidad tiene como camino abrir el cambio y el progreso y se convierte en la mejor estrategia para hacer propicia una mejor calidad de vida.
21	Libro	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	Behar Rivero Daniel	2008	Metodología Investigación	La investigación es una búsqueda ordenada y sistemática de conocimientos.	Generar una guía y un ambiente donde se logre un espacio en el trabajo investigativo personal y grupal.	La investigación tiene como fin el descubrimiento o interpretación de los hechos analizados.

22	Tesis	INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIONES SOLDADAS GTAW DEL ACERO ASTM A335 EN LA REFINERÍA DE TALARA – 2018	Junio Mauro Quesada Ramos	2018	Propiedades Mecánicas Tratamiento Térmico Post Soldadura uniones soldadas Proceso GTAW	Analizar la aplicación del Tratamiento Térmico post Soldadura referente a las propiedades mecánicas que se presentan en las uniones de tubería luego de haber aplicado el proceso de Soldadura.	Realizar tratamiento térmico post soldadura para determinar su influencia en las propiedades mecánicas de las uniones soldadas GTAW del acero ASTM A335.	La aplicación de PWHT a las uniones también permite en cierta forma restituir las propiedades mecánicas que tenía el material base antes del proceso de soldadura, esto se refleja en los valores obtenidos en el ensayo de tracción.
23	Tesis	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE TUBOS DE ACEROS ASTM-P5 PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL MATERIAL EN EL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE LA REFINERÍA TALARA	Vargas Martínez, Ederson Halec	2018	Control de calidad Ensayo no destructivos Ensayo de control de calidad en aceros aleados	Garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara	Aplicar los ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5, para garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara	El tratamiento térmico se realizó con una temperatura controlada desde 300°C y en el proceso Inverso, el enfriamiento hasta los 100°C con una velocidad de 120°C/Hr, tiempo de 120 minutos y con una temperatura de tratamiento térmico de 740°C. Donde la dureza se encuentra dentro de los rangos establecidos por la normas ASME B31.1

24	Tesis	PRECIPITACIÓN DE PARTÍCULAS DE SEGUNDAS FASES, DUREZA Y MICROESTRUCTURA DEL ACERO ASTM A335-P22 TRATADO TÉRMICAMENTE A DIFERENTES TIEMPOS DE REVENIDO	Alcántara Chávez, Víctor Hugo & Esparza Vargas José Junior	2019	Partículas Dureza Tratamiento térmico	Realizar tratamiento térmico para mejorar la dureza del acero ASTM A335 Grado P22	Explicar la relación existente entre el tiempo de revenido a 700°C aplicado al acero ASTM A335 grado P22 sobre la dureza, estado de precipitación y microestructura.	El tiempo de revenido a 700 °C, aplicado al acero ASTM A335 grado P22 compuesto por el 77% de bainita y 23 % de ferrita proeutectoide, tiene un efecto muy importante en su dureza y cambios microestructurales, generando disminución en su dureza a 192 HV.
25	Tesis	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS APLICADOS DURANTE EL TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO AISI M42 EN LA EMPRESA BOEHLER DEL PERÚ S.A. - 2018	Wilmer David Pozo Nieto	2018	Evaluación Parámetros Tratamiento térmicos Aceros AISI M42	Se basa en las distintas pruebas realizadas a probetas estándar del material en estudio, con distintos parámetros aplicados y la comprobación de resultados.	Evaluar los parámetros aplicados durante el tratamiento térmico para determinar el incremento en las principales propiedades mecánicas del acero AISI M42.	La velocidad de calentamiento de las piezas en el horno es punto importante en los tratamientos térmicos, teniendo como finalidad la disminución de formación de grietas internas producidas por las tensiones generadas por el choque térmico del material.
26	Revista	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA (PWHT)	Rent Industrial	2018	Tratamiento térmico soldadura	El proceso de soldadura puede debilitar inadvertidamente el equipo al impartir tensiones residuales en un material.	Garantizar que la resistencia del material de una pieza se conserve después de la soldadura, donde se realiza regularmente un proceso como tratamiento térmico post soldadura PWHT	El PWHT abarca muchos tipos diferentes de tratamiento potenciales, Si se realiza incorrectamente las tensiones pueden combinarse con las tensiones de carga y puede producir fallas en la soldadura.

27	Página Web	EI ABC DE LA SOLDADURA	KOBELCO	2020	Tratamiento térmico Calidad Temperatura	Eliminar las tensiones residuales que se forman en el proceso de soldadura	La liberación de la tensión es el principal propósito y PWHT también se refiere como "liberación de la tensión fortalecedora (SR).	Los efectos metalúrgicos de PWHT son generalmente beneficiosos. El calentamiento extendido podría reducir la fuerza de tensión y dureza de muesca de las soldaduras. Ciertos tipos de soldaduras de acero Cr-Mo se podrían desarrollar "rajaduras SR
28	Página Web	TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS INOXIDABLES	Argentina	2016	Tratamiento térmico Temperatura Aceros inoxidables	Producir cambios en las condiciones física, propiedades mecánicas	Reducir las tensiones que se forman en un proceso de soldadura en aceros de baja aleación.	Frecuentemente en el mismo tratamiento se logra una satisfactoria resistencia a la corrosión y óptimas propiedades mecánicas.