

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO

Nº DE RADICACIÓN:
INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s): Luis David
Apellido (s): Cortés Alarcón
Código: 20161375029
E-mail: luis.d.cortes@outlook.com
Teléfono fijo: 4905126
Celular: 3114619223



Ejecutor 2

Nombre (s): Juan Pablo
Apellido (s): Prada Londoño
Código: 20161375017
E-mail: jtpl1894@gmail.com
Teléfono fijo: 2658399
Celular: 3204695099



INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto: INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO EN LA ENERGÍA ABSORBIDA DE UN ACERO ASTM A572 TEMPLADO DESDE UNA TEMPERATURA INTERCRÍTICA DE 770 °C.

Duración (estimada): 4 Meses

Tipo de Proyecto: (Marque con una "x")
Innovación y Desarrollo Tecnológico X
Prestación y Servicios Tecnológicos
Otro

Modalidad del Trabajo de Grado: Monografía

Línea de Investigación de la Facultad: Desarrollo tecnológico local e institucional

Línea de Investigación del Proyecto Curricular: Materiales y procesos de manufactura

Áreas del conocimiento que involucra: Metalografía, Tratamientos térmicos, Química de los materiales.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.) Ing. Carlos Arturo Bohórquez Ávila

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO EN LA
ENERGÍA ABSORBIDA DE UN ACERO ASTM A572 TEMPLADO DESDE UNA
TEMPERATURA INTERCRÍTICA DE 770 °C.

LUIS DAVID CORTES ALARCÓN

JUAN PABLO PRADA LONDOÑO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ
2017

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO EN LA
ENERGÍA ABSORBIDA DE UN ACERO ASTM A572 TEMPLADO DESDE UNA
TEMPERATURA INTERCRÍTICA DE 770 °C.

LUIS DAVID CORTES ALARCÓN

JUAN PABLO PRADA LONDOÑO

Presentación del trabajo para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Tutor CARLOS ARTURO BOHÓRQUEZ ÁVILA

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ
2017

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1. ESTADO DEL ARTE	5
1.2. JUSTIFICACIÓN	6
2. OBJETIVOS	7
2.1. OBJETIVO GENERAL	
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
3. MARCO TEÓRICO	8
4. METODOLOGÍA	11
5. CRONOGRAMA	12
6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	13
7. ASPECTOS INFORMATIVOS SOBRE LA ESTRUCTURA DISPONIBLE	14
7.1. HOJA DE VIDA DEL ASESOR	
7.2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA INSTITUCIÓN O EMPRESA DONDE SE REALIZARA LA INVESTIGACIÓN	
8. REFERENCIAS	15

INTRODUCCIÓN

El acero ASTM A572 es un acero de bajo carbono. Estos aceros son seleccionados en usos donde se necesitan propiedades mecánicas más elevadas y frecuentemente llevan tratamiento térmico de endurecimiento.

El proceso que se realizara será un tratamiento de templado tipo intercrítico, en el que se someterá la probeta de acero ASTM A572 a una temperatura critica de trasformación A1 y A3; que debe ser sostenida un tiempo conveniente para que se permita la formación de una estructura de ferrita mas austenita, que posteriormente se debe enfriar para obtener una mezcla de ferrita más un producto de variación de baja temperatura como lo es la martencita, vainita, perlita o amalgamas de estas y dependiendo de la cantidad de aleantes se podría formar una cantidad de austenita retenida.

Luego de esto se realizará diversas pruebas para evaluar y caracterizar el material en la Universidad Distrital y en otros laboratorios con el fin de relacionar una energía absorbida con diferentes variables como temperaturas de revenido y tiempos de revenido diferentes.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los tratamientos térmicos tienen un efecto que repercute directamente en las propiedades mecánicas en los materiales. Los aceros son creados o modificados diariamente y es necesario someterlos a diferentes procesos para utilizarlos en campos de acción muy específicos, generando entradas para el diseño y desarrollo de productos.

Se necesita saber cómo cambia la energía absorbida de un material como el acero ASTM A572 el cual es utilizado como acero estructural con menor peso que el A36 cuando se somete a un tratamiento térmico que ocasione una transformación de fase y consiguientemente un cambio de propiedades.

1.1. Estado del Arte

Si bien, el acero ha sido utilizado desde la misma historia del hombre, iniciando su uso por las guerras, los descubrimientos que llevaron a avanzar y desarrollar con mayor pureza los elementos que a día de hoy son comunes; a pesar que en otras culturas ya se manejaba el hierro, fueron los griegos hacia el siglo 1000 a.C que ya manejaban los tratamientos térmicos, para endurecer las armas de hierro. Todas las aleaciones desde esa época hasta el siglo XIV d.C podrían ser clasificadas como aleaciones de hierro forjado en la actualidad; tiempo después los artesanos de hierro aprendieron a hacer autentico acero calentando el hierro forjado y el carbón vegetal en vasijas de hierro durante varios días logrando que el hierro absorbiera el carbón vegetal lo suficiente.

Después del siglo XIV se perfeccionaron las técnicas de obtención del acero mejorando los hornos donde se procesaban, en ese entonces para 1855 el británico Henry Bessemer diseño el horno mediante chorros de aire que refinaban el arrabio para obtener un acero de mejor calidad.

Para entonces diversas investigaciones profundizaron sobre el estudio del acero sometiéndolo a diferentes temperaturas a tiempos diferentes y a su vez a diversas formas de enfriamiento logrando así diferentes cualidades y estructuras cristalinas diferentes que se diferenciaban por su resistencia y diversos factores dependiendo al tipo de trabajo que se estableciera.

Diversos estudios en diversos tipos de acero dan una pequeña abertura para partir de sus resultados hacia nuestros propios fines y así al llegar a un mismo lugar se puede determinar que se ha desarrollado el tratamiento con el mismo ahincó, tomando como ejemplo el artículo de María E Muñoz¹, que estudió el

efecto del tratamiento intercrítico en el acero, y cuyos resultados comparó con las propiedades de los tratamientos convencionales de temple y normalizado y con los valores mínimos establecidos comercialmente para las pruebas de tracción; con lo que demostró: “el temple intercrítico mas revenido ofrece mejoras en la ductilidad y tenacidad con una disminución en la resistencia, debido a la aparición de un cantidad adicional de la fase ferrítica y al refinamiento de grano obtenido con el ciclo del tratamiento.

El tratamiento térmico intercrítico (ferrita + martensita) es una tecnología para mejorar la tenacidad y la formabilidad de los aceros de baja y media aleación con bajo carbonoⁱⁱ.

A su vez G. R. Speichⁱⁱⁱ y compañeros que estudiaron la formación de austenita durante el revenido intercrítico en aceros de doble fase que fueron realizados entre 740 y 900°C en aceros que contenían series de 1.5% de manganeso y de 0.06 a 0.20% de carbón con micro estructuras iniciales de ferrita-perlita, típico de la mayoría de los aceros de doble fase. La formación de austenita se separó en tres fases: la primera de crecimiento muy rápido de austenita dentro de la perlita hasta la disolución completa de la perlita; la segunda de crecimiento muy lento de austenita dentro de la ferrita en un ratio que es controlado por la difusión de carbono en la austenita a altas temperaturas (~850°C), y por difusión de manganeso en la ferrita a bajas temperaturas (~750°C), y la tercera de muy bajo equilibrio final entre la ferrita y la austenita en un grado que es controlable por la difusión del manganeso en la austenita. Durante el revenido intercrítico el primer paso en la formación del austenita fue la disolución de la perlita al formarse una fase de alto carbón austenítico. Esto ocurrió muy rápido y fue difícil de estudiar, excepto a la menor temperatura de 740°C. Revenidos por tiempos más largos de los requeridos para la disolución completa de la perlita resultaron además en un incremento en el volumen de austenita. Al no estar completa la disolución de la perlita, ocurrió un incremento de la austenita dentro de la ferrita.

Jorge Rodríguez Llapa y Manuel Vizcarra Bellido^{iv} en su artículo donde se evalúa la influencia de la temperatura de revenido en la tenacidad del acero SAE 1045 mediante ensayo de impacto mecanizaron una serie de probetas bajo el lineamiento de la Norma ASTM E23, realizándoles un tratamiento térmico de temple y revenido en un horno eléctrico con controlador de temperatura, acto seguido, dejaron enfriar las probetas a temperatura ambiente y se midió la dureza generada. Para el estudio de ese artículo se revinieron las probetas a las temperaturas (500 °C, 600 °C y 700 °C respectivamente. Con ello deducir que se incrementa la tenacidad pero se reduce la dureza y permite destacar los criterios de falla por impacto para componentes mecánicos efectuados en el marco de las normas de ensayos para materiales de la ASTM.

1.2. Justificación

La idea de esta investigación es la ampliación de la información disponible de este tipo de acero, que permita realizar una sinergia entre la industria y la academia contribuyendo a la generación de futuras investigaciones, con base en este trabajo y que sirvan de soporte para nuevos usos en otros campos de aplicación.

Para esta investigación se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- **Social:** Esta investigación repercutirá con sus resultados en la mejora de producción en el sector industrial, que en ocasiones se ve afectada por la limitación de las propiedades y características de los aceros.
- **Tecnológico:** Con este estudio se procura buscar nuevos conocimientos de la relación de los tratamientos térmicos en los aceros, que podría ampliar el campo de aplicación para este material.
- **Económico:** Este tipo de investigaciones en la industria generan un alto costo de inversión que en muchas situaciones tienen largos periodos de aplicación para que sea efectiva, por lo anterior con esta investigación se esboza la reducción en los costos y tiempos para generar una mayor oportunidad y eficacia al sector industrial.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Establecer la influencia del revenido en la energía absorbida de un acero ASTM A572 templado desde una temperatura intercrítica de 770 °C.

2.2. Objetivos específicos

- Calcular las temperaturas intercríticas y número de probetas para el tratamiento y la temperatura de revenido
- Establecer la secuencia de los tiempos y temperaturas que se utilizarán para el tratamiento térmico de temple y revenido.
- Realizar las pruebas de impacto según la norma ASTM E-23 para determinar la influencia del tiempo de revenido en la resistencia del material y hacer un análisis de falla.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Acero

El Acero es elementalmente una aleación o combinación de hierro y carbono (más o menos de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados. Ya que el acero es básicamente hierro altamente refinado (más de un 98%), La producción de acero involucra diversas etapas de procesamiento que incluyen la producción de arrabio, metalurgia primaria y secundaria, colada y laminación en caliente. Estos procesamientos derivan en alguno de los siguientes procesos de fabricación: laminación en frío, conformado, forjado, unión, maquinado, revestimiento y/o tratamiento térmico. Los aceros pueden producirse ya sea a partir de materias primas (por ejemplo, mineral de hierro, carbón y piedra caliza) o de chatarra de acero reciclada.^v

El hierro puro es uno de los elementos del acero, por lo tanto consiste solamente de un tipo de átomos. No se encuentra libre en la naturaleza ya que químicamente reacciona con facilidad con el oxígeno del aire para formar óxido de hierro - herrumbre. El óxido se encuentra en cantidades significativas en el mineral de hierro, el cual es una concentración de óxido de hierro con impurezas y materiales térreos.

En respuesta a los requerimientos de la sociedad, el procesamiento del acero está sujeto a innovaciones importantes a fin de reducir costos, mejorar la calidad y minimizar su impacto ambiental. Estos procesos complejos producen una amplia variedad de composiciones de acero, en muy diferentes formas y tamaños, cada una de ellas a medida de los requerimientos de uso del acero.

Acero ASTM A572

Es una clase de acero estructural y de uso industrial laminado en caliente HSLA (de alta resistencia y baja aleación) el cual consigue su resistencia debido a la adición de microaleantes (Niobio o Vanadio), lográndose una reducción u ahorro de peso.

El grado de este acero equivale a la resistencia de fluencia en ksi, la especificación normalizada ASTM A572/A572M-15 considera cinco grados de acero: grados 42 [290], 50 [345], y 55 [380] están previstos para estructuras remachadas, atornilladas o electrosoldadas. Los Grados 60 [415] y 65 [450] están previstos para construcción remachada o atornillada de puentes, o para construcción remachada, atornillada o electrosoldada^{vi}.

Acero laminado en caliente	Composición química de colada		Resistencia de fluencia mínima, S_y		Resistencia a la tracción mínima, S_u		Elongación mínima ^{ΔΔ} (en 200 mm)	Características y aplicaciones
			MPa	ksi	MPa	ksi	%	
ASTM A-36 (NTC 1920)	Carbono (C): 0.26% máx. Manganeso (Mn): no hay requisito Fósforo (P): 0.04% máx. Azufre (S): 0.05% máx. Silicio (Si): 0.40% máx. *Cobre (Cu): 0.20% mín.		250	36	400	58	12.5 a 20.0: 12.5 (1/8") 15.0 (3/16") 17.5 (1/4") 19.5 (5/16") 20(1/2"-3/8")	Acero estructural al carbono. Estructuras metálicas, puentes, torres de energía y para comunicación, edificaciones soldadas, remachadas o atornilladas, herrajes eléctricos y señalización
ASTM A-572 ^Δ (NTC 1985)	Grado 42 %C = 0.21	%Mn(máx) = 1.35	290	42	415	60	12.5 a 20.0	Acero estructural HSLA**, al Columbio (Niobio) – Vanadio. Para ahorro de peso. Estructuras metálicas, puentes, torres de energía y para comunicación, edificaciones soldadas, remachadas o atornilladas, herrajes eléctricos y señalización
	Grado 50 %C = 0.23	%P (máx.) = 0.04 %S (máx.) = 0.05	345	50	450	65	10.5 a 18.0	
	Grado 60 %C = 0.26	%Si (max) = 0.40	415	60	520	75	8.5 a 16.0	
	Grado 65 %C = 0.26	+ Niobio o Vanadio +Cobre*	450	65	550	80	7.5 a 15.0	

Tabla 1. Clases de aceros estructurales y de uso industrial laminados en caliente. (ACASA, 2000)^{vii}.

Pueden presentarse tres tipos de acero en cada grado. Tipo 1: 0.005% a 0.05% de columbio (niobio); tipo 2: 0.01% a 0.15% de vanadio; y tipo 3: 0.05% máximo de niobio y 0.02% a 0.15% de vanadio^{viii}.

Entre las aplicaciones generales de este acero están estructuras metálicas, vigas soldadas, puentes, torres de energía, eólicas y para comunicación, edificaciones soldadas, remachadas o atornilladas, herrajes eléctricos, postes tronco-cónicos y señalización.

El acero A572 Grado 50 es empleado en la construcción de estructuras metálicas. Dentro de las principales aplicaciones están plataformas para la industria petrolera puentes, torres de energía, torres para comunicación, herrajes eléctricos, señalización y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas. Se utiliza cuando se desea disminuir los espesores en diseño gracias a su mayor resistencia comparada con la lámina A-36^{ix}.

Tratamientos térmicos

Son procedimientos que permiten mejorar o alcanzar propiedades y características en los materiales a partir de la consecución de la microestructura deseada. Consisten en calentar y mantener piezas o herramientas a temperaturas adecuadas, durante un cierto tiempo y enfriarlas luego en condiciones convenientes.

De esta forma se modifica la microestructura de los aceros por medio de transformaciones de fase de estado sólido. Dependiendo del tipo de tratamiento, las piezas pueden o no variar su composición química. El tiempo y la temperatura son los factores más importantes y hay que fijarlos siempre de antemano, de acuerdo con: la composición del acero, forma, tamaño de las piezas y propiedades a obtener.

Los tratamientos térmicos del acero dan como resultado la producción de alguna mezcla de ferrita y cementita que de la combinación correcta de algunas características. La perlita es un microconstituyente formado por una mezcla laminar de ferrita y cementita. En la vainita, que se obtienen al transformar la austenita mediante un gran subenfriamiento, la cementita es más redonda que la perlita. La martensita revenida, que es una mezcla de cementita muy fina y casi esférica en la ferrita, se forma cuando se recalienta la martensita después de su formación.^x

Recocido intercrítico

Los tratamientos de recocido intercrítico implican calentar una pieza y mantener la temperatura entre A_1 y A_3 para obtener una austenización parcial. A esto le sigue un enfriamiento lento o un mantenimiento a una temperatura inferior a la temperatura crítica, lo que conduce a una microestructura final de carburos esferoidales distribuidos uniformemente en una matriz de ferrita. El recocido intercrítico implica la formación de ferrita y austenita menor que 0,8% de carbono en aceros al carbono. El objetivo del proceso es formar una distribución uniforme de carburos esferoidales en el acero, lo que hará al material más blando y más resistente. Normalmente, el aumento del tamaño de los esferoides incrementará la maquinabilidad del acero.^{xi}

Templado

El temple es un tratamiento térmico endurecedor que consiste en calentar un producto siderúrgico (acero), durante cierto tiempo, a una temperatura

generalmente por encima del punto crítico superior y luego enfriarlo bruscamente en un medio líquido o gaseoso. Es aplicable a aleaciones (aceros) que presenten cambios de fase mediante calentamiento o aleaciones con al menos dos fases de baja temperatura.^{xii}

Revenido

Un acero cuya estructura martensítica esté recién formada es muy dura y al mismo tiempo es muy frágil, entonces su fragilidad es en parte debido a las propiedades intrínsecas de la martensita y en parte a los esfuerzos internos que acompañan a la transformación martensítica. Al hacer un tratamiento térmico de revenido al acero previamente templado a temperaturas por debajo de A_1 , se aumenta su ductilidad con un descenso de su dureza y las propiedades mecánicas obtenidas después de un revenido dependen de las transformaciones de los constituyentes obtenidos en el temple. La ferrita, la perlita y la bainita que están relativamente próximas del estado de equilibrio prácticamente no se alteran.

Metalografía

La metalografía microscópica estudia las características estructurales y de constitución de los productos metalúrgicos con la ayuda del microscopio metalográfico, para relacionarlos con sus propiedades físicas y mecánicas. La parte más importante de la metalografía es el examen microscópico de una probeta pulida y atacada empleando aumentos que con el microscopio óptico oscilan entre 100 y 2000X.

El examen microscópico proporciona información sobre la constitución del metal o aleación, pudiéndose determinar características tales como forma, tamaño, y distribución de grano, inclusiones y microestructura metalográfica en general. La microestructura puede reflejar la historia completa del tratamiento mecánico o térmico que ha sufrido el metal.

La preparación defectuosa de las probetas puede arrancar las inclusiones importantes, destruir los bordes de grano, revenir un acero templado o en general, originar una estructura superficial distorsionada que no guarda con la superficie representativa y características del metal.^{xiii}

Ensayo de impacto en materiales metálicos

El ensayo Charpy de impacto permite calcular cuanta energía logra disipar un material al ser golpeado por un pesado péndulo en caída libre. El ensayo muestra valores en Joules. La probeta posee un entalle estándar para facilitar el inicio de la fisura; este entalle recibe el nombre de V-Notch. Luego de golpear la probeta, el péndulo sigue su camino alcanzando una cierta altura que depende de la cantidad de energía disipada al golpear. Las probetas que fallan en forma frágil se rompen en dos mitades, en cambio aquellas con mayor ductilidad se doblan sin rompersen.^{xiv}

4. METODOLOGÍA

Para la elaboración exitosa del proyecto se deberá tener una investigación previa de las condiciones, normas específicas de los procedimientos a realizar, la metodología para el desarrollo del proyecto será:

- 1) Investigación y consulta de fuentes sobre el tema a tratar.
- 2) Cálculo del número necesario de especímenes para ejecutar las pruebas teniendo en cuenta las variables.
- 3) Adquisición del material a trabajar.
- 4) Verificación de la composición química del material y la dirección de laminación de la lámina.
- 5) Corte y mecanizado de los especímenes de acuerdo a la ASTM E23 para efectos de realizarles ensayo de impacto.
- 6) Templado de las probetas a la temperatura definida y enfriamiento en un medio predefinido.
- 7) Revenido de las probetas a temperaturas diferentes con tiempos distintos.
- 8) Preparación mediante lijado a terminación espejo de las probetas.
- 9) Intervención del material mediante un reactivo de ataque y observación en el microscopio electrónico para toma de imágenes a diferentes aumentos.
- 10) Ensayo de dureza y microdureza de la probeta antes y después del tratamiento térmico.
- 11) Ensayo de impacto a las probetas tratadas y al material original.
- 12) Ensayo de microscopía electrónica de barrido a las probetas tratadas.
- 13) Análisis de resultados e interpretación de las pruebas.
- 14) Elaboración del documento de tesis de grado.

5. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas
1) Investigación y consulta de fuentes sobre el tema a tratar.	■			
2) Cálculo del número necesario de especímenes para ejecutar las pruebas teniendo en cuenta las variables.	■			
3) Adquisición del material a trabajar.	■			
4) Verificación de la composición química del material y la dirección de laminación de la lámina.		■		
5) Corte y mecanizado de los especímenes para efectos de realizarles ensayo de impacto.		■		
6) Templado de las probetas a la temperatura definida y enfriamiento en un medio predefinido.		■		
7) Revenido de las probetas a temperaturas diferentes con tiempos distintos.		■		
8) Preparación mediante lijado a terminación espejo de las probetas.			■	
9) Intervención del material mediante un reactivo de ataque y observación en el microscopio electrónico para toma de imágenes.			■	
10) Ensayo de dureza y microdureza de la probeta antes y después del tratamiento térmico.		■	■	
11) Ensayo de impacto a las probetas tratadas y al material original.			■	
12) Ensayo de microscopia electrónica de barrido a las probetas tratadas.			■	
13) Análisis de resultados e interpretación de las pruebas.			■	
14) Elaboración del documento de tesis de grado.				■

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

MANO DE OBRA				
ÍTEM	FINANCIACIÓN	VALOR/HORA	# DE UNIDADES	VALOR TOTAL
Asesor	Universidad	30000	30	\$ 9000000
Investigador 1	Propios	10000	200	\$ 2000000
Investigador 2	Propios	10000	200	\$ 2000000
			Subtotal 1	\$ 4900000

GASTOS GENERALES				
ÍTEM	FINANCIACIÓN	# DE UNIDADES	VALOR UNIDAD	VALOR
Internet	Propios y universidad	150	\$ 1000	\$ 150000
Transportes	Propios	20	\$ 1500	\$ 30000
Fotocopias	Propios	100	\$ 50	\$ 5000
Impresiones	Propios	80	\$ 350	\$ 28000
Probetas	Propios	20	\$ 10000	\$ 200000
SEM	Propios	2	\$ 200000	\$ 400000
Micrografía	Propios	1	\$ 100000	\$ 100000
			Subtotal 2	\$ 913000

Subtotal 1	\$ 4900000
Subtotal 2	\$ 913000
Total	\$ 5813000

7. ASPECTOS INFORMATIVOS SOBRE LA INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE

7.1. Hoja de vida del asesor

Como propuesta para el asesor se plantea que sea el Ingeniero Carlos Arturo Bohórquez Ávila.

7.2. Información general sobre la institución o empresa donde se realizara la investigación

La presente investigación se desarrollara en la biblioteca, que facilita el acceso a la información mediante libros y bases de datos y los laboratorios de ingeniería mecánica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica.

8. REFERENCIAS

[i] María Eugenia Muñoz Amariles, Efecto del tratamiento térmico intercrítico sobre las propiedades mecánicas sobre el acero comercial AISI SAE 8615. Trabajo dirigido de grado. Universidad nacional de Colombia. Facultad Nacional de minas. 1997.

[ii] Yi Wu Xuye Li. The Intercritical Heat Treatment during continuous heating for the medium Mn Cast Steels. Journal of Hunan University. Vol.19 No 5, page 68 - 75, Oct, 1992.

[iii] G.R. Speich, V.A. Demarest, and R.L. Miller, Formation of austenite during intercritical annealing of dual-phase steels, Metallurgical Transactions A, Volume 12A, Agosto 1981.

[iv] J. Rodríguez Llapa y M. Vizcarra Bellido, Influencia de la temperatura de revenido en la tenacidad del acero SAE 1045 mediante ensayo de impacto, Investigación Aplicada e Innovación, Volumen 1 - No. 22A, TECSUP, 2007.

[v] Enciclopedia Microsoft ® Encarta® 2000.

[vi] *ASTM A572/A572M – 15 Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Columbio-Vanadio*, American Society of Testing Materials, (2015).

[vii] Catálogo de ACASA: código: VT-CG-DT-01. Diciembre de 2000, 3ª edición. Impresión: Editar S.A., Manizales.

[viii] NTC 1985 Aceros de calidad estructural de alta resistencia baja aleación al niobio (columbio) - vanadio, ICONTEC, (2017).

[ix] Lámina Hot Rolled (ASTM A-572) Grado 50, Cía General de Aceros
<<http://www.cga.com.co/productos-y-servicios/productos/a-572>>

[x] ASKELAND, Donald R. The Science of Engineering of Materials. 3 Ed. International Thomson.

[xi] Thermal processing services, Bodycote.
<<http://www.bodycote.com/en/services/heat-treatment.aspx>>

[xii] APRAIZ, Barreiro José. Tratamientos térmicos de los aceros. 8 Ed. Dossat, 1985.

[xiii] VALENCIA, Giraldo Asdrúbal. Tecnología del tratamiento térmico de los metales. 2 Ed. U de A, 1992.

[xiv] *ASTM E23 – 07 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Material*, American Society of Testing Materials, (2007).