

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):	Miguel Ángel	
Apellido (s):	Orozco Pardo	
Código:	20161375002	
E-mail:	maop80s@gmail.com	
Teléfono fijo:		
Celular:	3004689137	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO SOBRE LA ENERGÍA ABSORBIDA POR UN ACERO ASTM A572 TEMPLADO DESDE UNA TEMPERATURA INTERCRÍTICA DE 810°C.	
Duración (estimada):	4 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
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	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Metalografía, Tratamientos térmicos, Química de los materiales.	
INFORMACIÓN PASANTÍA		
Nombre de la empresa:		
Dirección:		
Teléfonos:		
Correo electrónico:		
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Director: (Vo. Bo.)	Ing. Carlos Arturo Bohórquez Ávila	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)		
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)		

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO SOBRE LA
ENERGÍA ABSORBIDA POR UN ACERO ASTM A572 TEMPLADO DESDE
UNA TEMPERATURA INTERCRÍTICA DE 810°C.

MIGUEL ANGEL OROZCO PARDO

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

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO SOBRE LA
ENERGÍA ABSORBIDA POR UN ACERO ASTM A572 TEMPLADO DESDE
UNA TEMPERATURA INTERCRÍTICA DE 810°C.

MIGUEL ANGEL OROZCO PARDO

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 D.C.
2017

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1. Estado del Arte.....	5
1.2. Justificación.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo General.....	7
2.2. Objetivos Específicos.....	7
3. MARCO TEORICO.....	8
4. METODOLOGIA.....	13
5. CRONOGRAMA.....	14
6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN.....	15
7. ASPECTOS INFORMATIVOS.....	15
8. BIBLIOGRAFIA.....	16

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 “Ciclo Tratamiento Térmico”	8
---	---

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 “Tabla 1: Elementos Extras en Aceros”	11
TABLA 2 “Composición Química según grados del ASTM A572”	12

INTRODUCCIÓN

A lo largo del desarrollo de una empresa o de la industria como tal es necesario realizar un gran número de investigaciones y pruebas ya sea para mejorar la calidad de los productos o facilitar el medio de fabricación, en el campo de ingeniería mecánica una de estas investigaciones es el estudio de nuevos materiales o bien saber cómo poder aprovechar las características de los materiales existentes, de esta forma podemos garantizar mayor resistencia, maquinabilidad u otras características que nos ofrecen en este caso los aceros.

Para este proyecto se tomará un acero ASTM A572, que es un acero de un bajo contenido de carbono respecto a su contenido de manganeso, y se usa frecuentemente en donde se necesiten propiedades mecánicas más elevadas que las de un acero A-36; a este acero se le realizarán un cierto número de pruebas para saber cómo absorbe la energía no sin antes realizarle un tratamiento térmico.

En este proyecto usted encontrará los resultados de estas pruebas teniendo como punto de comparación el material sin ningún tipo de tratamiento.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los tratamientos térmicos han tenido una gran importancia en la actual forma de ver los materiales en la ingeniería, esto debido a que gracias a ellos se cambian las propiedades de estos materiales, uno de los más usados es el acero y es de los materiales a los que más se les realiza tratamientos térmicos, gracias a que sus propiedades cambian y se les pueden dar diferentes usos.

En la industria uno de los temas que más prima es como poder llegar a ser competitivos sin dejar atrás ítems como seguridad, calidad o precio de lo que se está fabricando, para ello la industria se tiene que enfrentar a una constante mejora y para ello es necesario la investigación de diferentes elementos que contribuyan con esta mejora.

Con este estudio se busca analizar cómo se comporta el acero ASTM A572 utilizado comúnmente como acero estructural, en cuanto a la absorción de energía si se le ha hecho un tratamiento térmico previo, esto busca dar una alternativa a algunos problemas de diseño o fabricación que se presenten, también dar una base para futuras investigaciones que en algún momento la industria usará a su favor, cuando de aprovechar este acero se trate.

1.1. Estado del Arte

Si bien, el acero ha sido utilizado desde la misma historia del hombre, con uno de los principales usos basado en la guerra, ya sea en la fabricación de armamento y armaduras, fueron los griegos hacia el siglo 1000 a.C que usaban los tratamientos

térmicos, para así endurecer las armas de hierro, después en el 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 diseñó el horno que refinaba el arrabio para obtener un acero de mejor calidad.

Es entonces que nos podemos entonces basar en algunos documentos en donde algunas personas indagaron y prueban como es el comportamiento de los materiales o pruebas en cuestión, como por ejemplo:

Prueba de Impacto: ensayo Charpy¹

En este artículo se describe como se realizaron diferentes ensayos Charpy a diversos materiales y cambiando algunos parámetros de la prueba en sí, algunos ejemplos de esto son la varianza en el Angulo del péndulo, la velocidad de este péndulo, el radio de la entalla en la probeta, si existe o no un temple en la probeta; se comprobó entonces que existen variedad de variantes que influyen en la prueba tanto en el equipo usado como en las probetas que se usan, esto es un factor a tener en cuenta en las pruebas que se desarrollaran en este proyecto ya que se tendrán que definir estas variables antes de realizar el ensayo.

Alta resistencia a la deformación de aceros A572 y 4140²

En este artículo se investigó la resistencia a la deformación de los aceros A572 y 4140, dos acero estructurales bastantes usados en la industria, esto mediante una prueba de fatiga, se observó entonces que el acero A572 mostró un incremento del 52% en su límite elástico al cuando la tasa de deformación cambia de casi estático a 2750 ciclos, de esta forma se logra observar un comportamiento para este acero.

Predicción de fatiga estable e inestable para el acero estructural A572 mediante emisión acústica³

En este estudio se investigó como se puede predecir la fatiga en una acero A572, pero usando el método de emisión acústica, se hicieron estas pruebas en laboratorio dando resultados positivos, por lo tanto se puede escalar a pruebas en campo; se busca entonces mediante emisión acústica detectar la grieta y en caso de encontrar alguna predecir cómo se comportaría la misma, esta es una nueva

¹ ORTEGA, Y (2005); "*PRUEBA DE IMPACTO: ENSAYO CHARPY*"; Departamento de Física de Materiales, Facultad de Ciencias Físicas Universidad Complutense de Madrid.

² SANBORN, B; SONG, B; THOMPSON, A; REECE, B; ATTAWAY, S; (2017); "RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ALTA TASA DE DEFORMACIÓN DE ACEROS A572 Y 4140" *Procedia Engineering*, Volumen 197, Paginas 33-41.

³ YU, J; ZIEHL, P; (2012); "*PREDICCIÓN DE FATIGA ESTABLE E INESTABLE PARA EL ACERO ESTRUCTURAL A572 MEDIANTE EMISIÓN ACÚSTICA*"; *Journal of Constructional Steel Research*, Volumen 77; Paginas 173-179.

alternativa con ensayos no destructivos a aceros estructurales como el A572, de esta forma se puede predecir el comportamiento de una estructura ya construida y saber su vida útil o los puntos débiles de esta.

1.2. Justificación

La idea de esta investigación es la ampliación de la información disponible de este tipo de acero, que permita ser usada tanto en la industria como en la academia contribuyendo ya sea en el mejoramiento de los productos finales o bien en la profundización del campo de la elección y estudio de materiales.

Para esta investigación se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- **Tecnológico:** Con este estudio se procura buscar nueva información que contribuya a un adelanto tecnológico en cualquiera de las muchas áreas en las que los materiales estén presentes, además de las muchas alternativas que se crearan en base a este estudio.
- **Social:** Este proyecto está enfocado a quienes trabajan con acero y que en gran medida dependen de la calidad de este, y que sus propiedades no alteren negativamente los elementos mecánicos fabricados con él, por eso se hace necesario conocer el comportamiento del material antes de trabajarlo.
- **Económico:** Este tipo de investigaciones sobre todo en la industria genera un costo significativo en cuanto a inversión, por esta razón al realizar este estudio se busca bajar los costos en esta inversión, además de que en un futuro y dependiendo los resultados de estos estudios, el costo de fabricación o manufactura de los productos finales pueda disminuir.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Establecer la influencia del tiempo y temperatura de revenido sobre la energía absorbida de un acero ASTM A572 sometido con anterioridad a un templeado desde una temperatura intercrítica de 810°C.

2.2. Objetivos específicos

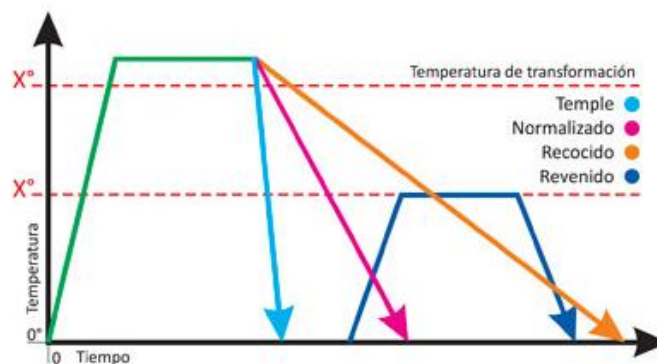
- Calcular el número de probetas adecuado para el tratamiento y ensayos, para así obtener un resultado satisfactorio y/o concluyente.
- Ejecutar las pruebas de impacto basadas en la norma ASTM E-23 y someter el material a un análisis de falla determinante en las propiedades mecánicas del mismo.

- Comparar y analizar los diferentes resultados que arrojaran cada una de las pruebas a realizar en las probetas.
- Comprender como puede cambiar la estructura y componentes internos del material especificado, respecto a las diferentes condiciones de prueba.

3. MARCO TEÓRICO

Tratamiento térmico

Es todo proceso de calentamiento y enfriamiento controlados al que se somete un metal con el propósito de variar alguna o algunas de sus propiedades. Un tratamiento térmico permite incorrectamente ejecutado supondrá siempre un perjuicio en mayor o menor grado; por todo ello deben conocerse perfectamente los tratamientos térmicos, así como su correlación con las demás operaciones de fabricación, al objeto que los resultados obtenidos sean aprovechables.⁴



*Ilustración 1: Ciclo Tratamiento Térmico tomado de:
<http://www.tornillosorquidea.com.ve/tratamientostermicos.html>*

Las micro estructuras básicas descritas en el diagrama Fe-C son las obtenidas enfriando lentamente aceros al carbono, sin embargo, modificando las condiciones de enfriamiento (base de los tratamientos térmicos) es posible obtener estructuras cristalinas y, por tanto, cualidades del acero, diferentes.

En general, un tratamiento térmico consiste en calentar el acero hasta una cierta temperatura, mantenerlo a esa temperatura durante un tiempo determinado y luego enfriarlo, a la velocidad conveniente con objeto de modificar la micro estructura y constitución de los metales o aleaciones, principalmente de los aceros, para cambiar las propiedades mecánicas.

⁴ Carranza A, Marzo 28, 2011, Tratamientos térmicos, tipos y procedimientos a seguir, <http://www.slidshare.net/albertojecca/tratamientos-termicos-del-acero>

Si además de actuar sobre la temperatura, se modifica también la composición química de la pieza al añadirle otros componentes, se denominan tratamientos termoquímicos o superficiales, por tener lugar las reacciones químicas en la superficie de la pieza que se trata.

Proceso del tratamiento térmico:

1. ^a Calentamiento hasta la temperatura adecuada para convertir la estructura en austenita.
2. ^a Mantenimiento a esa temperatura hasta obtener uniformidad térmica y homogeneizar la estructura.
3. ^a Enfriamiento a la velocidad adecuada para que se produzca transformación de la estructura austenítica y lograr el constituyente deseado. Es la fase decisiva en la mayoría de los tratamientos.

TIPOS DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Existen varios tipos de Tratamientos Térmicos, entre ellos se encuentran: Recocido, Temple y Revenido. A continuación, se presentan las principales características de cada uno de estos tipos de Tratamientos Térmicos:⁵

Recocido: Es un tratamiento térmico que normalmente consiste en calentar un material metálico a temperatura elevada durante largo tiempo, con objeto de bajar la densidad de dislocaciones y, de esta manera, impartir ductilidad.

El Recocido se realiza principalmente para:

- Alterar la estructura del material para obtener las propiedades mecánicas deseadas, ablandando el metal y mejorando su Maquinabilidad.
- Recristalizar los metales trabajados en frío.
- Para aliviar los esfuerzos residuales.

Temple: El Temple es un tratamiento térmico que tiene por objetivo aumentar la dureza y resistencia mecánica del material, transformando toda la masa en Austenita con el calentamiento y después, por medio de un enfriamiento brusco (con aceites, agua o salmuera), se convierte en Martensita, que es el constituyente duro típico de los aceros templados.

⁵ ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, EDICION 2008-2, Protocolos de los tratamientos térmicos, <http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/1537tratamientostermicos2.pdf>

En el temple, es muy importante la fase de enfriamiento y la velocidad alta del mismo, además, la temperatura para el calentamiento óptimo debe ser siempre superior a la crítica para poder obtener de esta forma la Martensita. Existen varios tipos de Temple, clasificados en función del resultado que se quiera obtener y en función de la propiedad que presentan casi todos los aceros, llamada Templabilidad (capacidad a la penetración del temple), que a su vez depende, fundamentalmente, del diámetro o espesor de la pieza y de la calidad del acero.

Revenido: El Revenido es un tratamiento complementario del Temple, que generalmente prosigue a éste. Después del Temple, los aceros suelen quedar demasiados duros y frágiles para los usos a los cuales están destinados. Lo anterior se puede corregir con el proceso de Revenido, que disminuye la dureza y la fragilidad excesiva, sin perder demasiada tenacidad; durante el revenido se formara una mezcla de ferrita y cementita procedente de la martensita, lo que cambia las características del material.⁶

ACEROS

Un acero es simplemente una aleación Hierro-Carbono en la cual este último se encuentra en un porcentaje pequeño. El Hierro puro es un material suave y dúctil, pero la adición de carbono lo cambia a un material duro y resistente. La cantidad de carbono que se añade a la aleación tiene un efecto sobre la dureza y la resistencia que obtiene el material, lo cual se da en términos de la resistencia y la ductilidad que posee el acero. Entre mayor sea el contenido de carbono mayor es la dureza del acero.⁷

Adicionalmente en los aceros se encuentran otros elementos que le proporcionan al material propiedades extras a las que ya tiene la aleación, estas propiedades se magnifican o minimizan dependiendo de la cantidad de estos elementos en la aleación, algunos ejemplos son:

⁶ ASKELAND, Donald R. The Science of Engineering of Materials. 3 edición International Thomson. 1998. 552

⁷ REYES SOLIS, Alberto. DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ, Felipe. "ACEROS, ESTRUCTURAS Y TRATAMIENTOS TÉRMICOS". CUAUTITLÁN IZCALLI. 2012

ELEMENTO	E F E C T O
CARBONO	<i>.06 a .40 % Permite un revestimiento endurecido poco profundo .40 a .60 % Permite un revestimiento endurecido más fácil .60 a .80 % Aumenta la dureza del material arriba de .80 % aumenta la resistencia, no el endurecimiento</i>
MANGANESO	<i>Aumenta la profundidad de endurecimiento</i>
SILICIO	<i>Añade resistencia y tenacidad</i>
CROMO	<i>Añade resistencia al desgaste y tenacidad</i>
NIQUEL	<i>Añade tenacidad y algo de resistencia al desgaste</i>
TUNGSTENO	<i>Añade resistencia al desgaste</i>
VANADIO	<i>Refina la estructura del grano (afino de grano)</i>
MOLIBDENO	<i>Añade resistencia al calor y endurecimiento</i>
COBALTO	<i>Imparte resistencia al calor</i>
COLUMBIO	<i>Añade resistencia al desgaste</i>
AZUFRE, PLOMO, FÓSFORO, CALCIO	<i>Imparten mejor maquinabilidad</i>

Tabla 2: Elementos Extras en Aceros, tomado de: REYES SOLIS, Alberto. DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ, Felipe. "ACEROS, ESTRUCTURAS Y TRATAMIENTOS TÉRMICOS". CUAUTILÁN IZCALLI. 2012

Acero ASTM A572

El acero ASTM A572 es una Especificación Normalizada para Acero Estructural de Alta Resistencia de Baja Aleación de Columbio-Vanadio. 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.

Estos grados están básicamente determinados por su composición química, lo que les otorga comparándolos entre si diferentes características o cualidades diferentes, a continuación, se muestra un aproximado de la composición química de cada grado:

Grado	%C máx.	%Mn máx.	%P máx.	%S máx.	%Si máx.
42	0,21	1,35	0,04	0,05	0,4
50	0,23	1,35	0,04	0,05	0,4
60	0,26	1,35	0,04	0,05	0,4
65	0,26	1,35	0,04	0,05	0,4

Tabla 3: Composición Química según grados del ASTM A572, tomado de: <http://www.ferrocortes.com.co/astm-a572/>

Se sabe que las principales aplicaciones de este tipo de acero son las estructuras, ya sean soldadas o remachadas, se utiliza también en puentes y en diferentes tipos de plataformas.⁸

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, esta depende de la cantidad de energía que se disipo al momento de golpear la. Existen dos posibles resultados para esta prueba, la primera es que si las probetas tienen buena ductilidad se doblan mas no existe una rotura, la segunda es que la probeta se rompe en dos mitades, estas probetas entonces son más frágiles.⁹

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

⁸ LAMINA DE ALTA RESISTENCIA ASTM A572 GR 50, (En línea), (Revisado 14-Sep-2017) Disponible en internet: <http://www.ferrocortes.com.co/astm-a572/>

⁹ ASTM E23 – 07 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Material, American Society of Testing Materials, (2007).

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 ninguna relación con la superficie representativa y características del metal.

4. METODOLOGÍA

Para que el proyecto tenga un avance exitoso se tendrá en cuenta la respectiva documentación tal como las normas específicas, los procedimientos que sean necesarios aplicar, por ello la metodología para el desarrollo será:

- Realizar la parte investigativa consultando diversas fuentes, pero principalmente lo plasmado en la norma ASTM E23 (***Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials***).
- Adquirir el material de tal forma que este tenga una configuración (dimensiones) en las que uno puede trabajar.
- Preparar el material cortando dos trozos del material y referenciando la dirección de corte, un trozo para la espectrometría del material (Composición química), y el segundo trozo para realizarle una micrografía y conocer la dirección de laminado.
- En concordancia con la norma ASTM E23, realizar los cortes y mecanizado de las probetas para una prueba de impacto.
- Someter las probetas al templado y realizar el revenido con diferentes tiempos (5, 10 y 15 minutos).
- Preparar las probetas seleccionadas para la micrografía y ensayos de dureza, microdureza, esto incluye lijarlas hasta llevarlas a terminado espejo y el ataque de las probetas con un reactivo.
- Realizar las pruebas anteriormente mencionadas, para saber cómo ha cambiado su composición interna.
- Realizar la prueba de impacto a las probetas, y conocer como absorben la energía dependiendo del tiempo de revenido.
- Realizar el ensayo SEM para las probetas seleccionadas.
- Recopilar información y analizar cada una de las pruebas y desarrollar las conclusiones pertinentes.
- Elaborar el trabajo escrito final con todas las conclusiones y evidencias del proyecto.

5. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas
Investigación y consulta de fuentes sobre el tema.	■			
Cálculo del número necesario de probetas para ejecutar las pruebas.	■			
Adquisición del material a trabajar.	■			
Verificación de la composición química del material y la dirección de laminación.		■		
Corte y mecanizado de los especímenes para efectos de realizarles ensayo de impacto.		■		
Templado y revenido de las probetas a la temperatura definida		■		
Preparación a terminación espejo de las probetas.			■	
Intervención del material mediante un reactivo de ataque y observación en el microscopio electrónico.			■	
Ensayo de dureza y microdureza			■	
Ensayo de impacto a las probetas.			■	
Ensayo de SEM a las probetas tratadas.			■	
Análisis de resultados e interpretación de las pruebas.			■	
Elaboración del documento de tesis de grado.				■

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

PRESUPUESTO					
ITEM	VALOR UNITARIO	ESTUDIANT E	CANTIDA D	TOTAL	FINANCIACIÓN
Internet	1.500	1.500	50	75000	Recursos Propios
Fotocopias	150	150	200	30000	Recursos Propios
Impresiones	300	300	150	45000	Recursos Propios
Transporte	2.200	2.200	50	110000	Recursos Propios
Material	110.000	110.000	1	110000	Recursos Propios
Fabricación de Probetas	15.000	15.000	18	270000	Recursos Propios
Espectrometría	100.000	100.000	1	100000	Recursos Propios
Insumos de Preparación	2.000	2.000	10	20000	Recursos Propios
SEM	180.000	180.000	6	1080000	Recursos Propios
TOTAL				1840000	

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 realizará la investigación

La presente investigación se desarrollará 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, además en los laboratorios especializados de la universidad y externos que proveerán los equipos con los que se realizara el proyecto.

8. BIBLIOGRAFIA

- ORTEGA, Y; (2005); “*PRUEBA DE IMPACTO: ENSAYO CHARPY*”; Departamento de Física de Materiales, Facultad de Ciencias Físicas Universidad Complutense de Madrid.
- SANBORN, B; SONG, B; THOMPSON, A; REECE, B; ATTAWAY, S; (2017); “Resistencia a la tracción de alta tasa de deformación de aceros a572 y 4140” *Procedia Engineering*, Volumen 197, Paginas 33-41.
- YU, J; ZIEHL, P; (2012); “*PREDICCIÓN DE FATIGA ESTABLE E INESTABLE PARA EL ACERO ESTRUCTURAL A572 MEDIANTE EMISIÓN ACÚSTICA*”; *Journal of Constructional Steel Research*, Volumen 77; Paginas 173-179.
- CARRANZA A, Marzo 28, 2011, Tratamientos térmicos, tipos y procedimientos a seguir, disponible en: <http://www.slidshare.net/albertojecha/tratamientos-termicos-del-acero>
- <http://www.tornillosorquidea.com.ve/tratamientostermicos.html>
- ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, EDICION 2008-2, Protocolos de los tratamientos térmicos, disponible en: <http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/1537tratamientostermicos2.pdf>
- ASKELAND, Donald R. *The Science of Engineering of Materials*. 3 edición International Thomson. 1998. 552 p.
- REYES SOLIS, Alberto. DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ, Felipe. “*ACEROS, ESTRUCTURAS Y TRATAMIENTOS TÉRMICOS*”. CUAUTITLÁN IZCALLI. 2012
- LAMINA DE ALTA RESISTENCIA ASTM A572 GR 50, (En línea), (Revisado 14-Sep-2017) Disponible en internet: <http://www.ferrocortes.com.co/astm-a572/>
- *ASTM E23 – 07 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Material*, American Society of Testing Materials, (2007).