

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Tabla de contenido

1. Resumen.....	2
2. Planteamiento del problema	3
3. Estado del arte.....	4
4. Justificación.....	9
5. Objetivos.....	10
6. Metodología.....	11
7. Marco teórico.....	12
8. Cronograma.....	16
9. Presupuesto.....	17
10. Referencias.....	18

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Resumen

El siguiente documento muestra los estudios que se han realizado respecto a los aceros tipo Hadfield y su comportamiento dependiendo de la cantidad de manganeso en su composición química, ya que los aceros con alto contenido de manganeso son utilizados en aplicaciones donde se requiere alta resistencia al impacto y a la abrasión; esto con el fin de dar mejoras en las propiedades mecánicas a los aceros existentes y ampliar los usos en diferentes procesos industriales.

Por esto se plantea hacer una comparación en referencia al desgaste abrasivo entre un acero de bajo carbono con un contenido de manganeso entre 0.3% - 0.6%, y un contenido de carbono de 0.18% - 0.23%; contra un acero con el mismo contenido de Carbono, pero con un aumento en la cantidad de manganeso mayor al 1%. Se analizarán los cambios en la microestructura de cada material, así como el cambio en la dureza, y el aporte del contenido de manganeso en las propiedades mecánicas del material.

Además, se detallará la metodología a seguir para cumplir con los objetivos propuestos, acompañado por un cronograma de actividades y unos costos aproximados para dar cumplimiento al proyecto.

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Planteamiento del problema

Actualmente hemos tenido la necesidad de mejorar los materiales ya existentes en el mercado o incluso desarrollar nuevos materiales para satisfacer las diferentes necesidades que se presentan en la industria, uno de los materiales mayormente utilizado es el acero por su gran variedad de aplicaciones teniendo en cuenta las diferentes aleaciones que este pueda tener, por ello en este trabajo abordaremos el tema para una problemática en especial la cual es el desgaste abrasivo en los aceros.

Comúnmente para satisfacer la necesidad de resistencia al desgaste en los aceros se ha utilizado como una solución el temple y el revenido para aumentar la dureza del material durante el tratamiento térmico y así mismo aumentar la resistencia al desgaste, pero al aumentar la dureza del material también disminuye su tenacidad haciendo que más adelante se puedan producir roturas en el material¹. Debido a esto se ha dado campo a los aceros austeníticos con alto contenido de manganeso que se caracterizan por tener buena tenacidad y alta resistencia al desgaste^{2 3}.

Dichos aceros son requeridos en procesos en los cuales el acero este siempre en contacto con otros materiales que puedan ser abrasivos como por ejemplo en la minería, en la perforación de pozos, en la fabricación de arcilla y cemento, trituradoras de roca, molinos, industria ferroviaria, etc. El objetivo principal con esta investigación es lograr minimizar el desgaste abrasivo en los aceros para alargar su vida útil y por ende reducir los costos que conlleva la fabricación de distintos elementos.

¹ H. Sierra, C.A. García, J. Morales, J.M. Vélez. Relación entre desgaste y tenacidad para algunos aceros al carbono templados y revenidos a iguales niveles de dureza, EAFIT, enero-marzo, 59-67, 2000.

² T.A. El-Bitar, E.M. El-Banna. Improvement of austenitic Hadfield Mn-steel properties by thermomechanical processing, Canadian Metallurgical Quarterly, vol. 39, 3, 361-367, 2000.

³ Ding, Hui, Liu. Wear resistance of as-cast Mn steel, Zhuzao, vol. 50, 10, 602-604, 2001.

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Estado del arte

Hoy en día, el acero es bastante utilizado en las diferentes áreas de la industria gracias a sus propiedades mecánicas utilizadas en gran variedad de aplicaciones lo que lleva a ampliar las investigaciones sobre el mismo entendiendo que en el día a día surgen nuevas necesidades las cuales debemos cubrir. A continuación, se muestran algunos estudios realizados sobre aceros de tipo Hadfield o aceros austeníticos con alto contenido de manganeso.

Higuera O; Tristancho J; y Flores L (2007) analizaron los fundamentos teóricos de los aceros austeníticos al manganeso con el fin de entender la influencia de adición de elementos aleantes sobre las propiedades mecánicas y la microestructura de los aceros, encontrando que el manganeso con un porcentaje entre el 10% y el 14% incrementa la resistencia a la tracción, el límite elástico, la resistencia a la fatiga y a la fluencia lenta, la forjabilidad, la resistencia al desgaste, la resistencia al revenido, la fragilidad del revenido, la tendencia al embastecimiento del grano, la formación de carburos y la dilatación térmica. En cambio, disminuye la maquinabilidad, la embutibilidad, las conductividades térmica y eléctrica y la sensibilidad a la fractura frágil. Además de que el manganeso contribuye significativamente a la dureza y a la resistencia del acero de la misma manera, pero con menos intensidad que el carbono; su efectividad es directamente proporcional al contenido de este.

Yan W; Fang L; Zheng Z; Sun K; Xu y (2008) Realizaron un trabajo, el cual consistía en sintetizar una capa superficial nanocristalina de un acero tipo Hadfield mediante un tratamiento llamado Shot peening y caracterizarlo mediante un microscopio óptico, difracción de rayos X, y un microscopio de transmisión de electrones de alta resolución para analizar sus propiedades al desgaste abrasivo, ya que en estudios anteriores se evidenció que con un tamaño de grano reducido se han mejorado sus propiedades mecánicas por ejemplo alta dureza y alta resistencia al desgaste. El porcentaje de la composición química de la muestra era de 1.20 C, 12.86 Mn, 0.87

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Si, 0.05 S, 0.09 P, además estaba tratada térmicamente a 1050°C durante dos horas y enfriada en agua en la cual el tamaño del grano de la muestra se encontraba entre 100 - 200µm; el procedimiento consistía en proyectar partículas esféricas metálicas contra la superficie con la mayor fuerza posible para generar una deformación plástica en la superficie del material convirtiendo las tensiones residuales de tracción en tensiones de compresión ya que así se contribuye a evitar la aparición y propagación de grietas, como resultado se obtuvo que se puede mejorar la resistencia al desgaste abrasivo mediante el granallado ya que después de 60 min el grano se redujo alrededor de 11,1 a 17,4 µm, además de aumentar significativamente su dureza desde 256 HV de la muestra original hasta 774 HV después de 120 min de granallado haciendo que este tratamiento en frío sea importante para mejorar la resistencia al desgaste en cambio de usar otros procesos o aleaciones cambiando la microestructura del material.

Qian L; Feng X; Zhang F. (2011) demostraron mediante ensayos de indentación que existe una distribución no uniforme de dureza en los aceros Hadfield con una variación aproximadamente del 30% en diferentes granos y en diferentes regiones del mismo grano; las pruebas se realizaron en una muestra con un porcentaje de composición química de 1.2 C, 12.4 Mn, 0.60 Si, 0.022 P, además fue tratada térmicamente y enfriada en agua, se realizaron 64 pruebas de dureza haciendo una matriz de 8 x 8 con una distancia entre ellas de 260 µm. Observaciones microscópicas indican que la no uniformidad de la micro dureza es causada principalmente por la no homogeneidad de la subestructura mientras que los efectos de límite de grano de austenita y la orientación del grano del plano de indentación no son significativas.

García A, Varela A, Mier J L, Camba C, Barbadillo F. (2010) realizaron un estudio tribológico sobre aceros austeníticos tipo Hadfield para analizar la respuesta al desgaste en función del contenido de manganeso, los ensayos se realizaron sobre

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

cuatro diferentes aceros obtenidos por fundición en los cuales se varía el contenido de manganeso entre el 4% y el 6%, además del carbono, silicio y molibdeno. Los ensayos tribológicos se llevaron a cabo mediante ensayos pin on disk según la norma ASTM G99-05, para cada ensayo se determinó el coeficiente de desgaste en función de la pérdida de volumen experimentada en cada ensayo realizado, asimismo se analizó la dureza y la microestructura de cada acero. Como resultado de los ensayos se demostró que del acero que contenía menor cantidad de carbono se obtienen los mejores resultados en cuanto a resistencia al desgaste y no presenta precipitación de carburos en su estructura, mientras que en los otros tres la pérdida de masa en los ensayos de desgaste es inversamente proporcional a la dureza, es decir que la resistencia al desgaste aumenta cuando el valor de la dureza disminuye.

Varela A, García A, Artiaga R, Mier J L, Barbadillo L. (2002) analizaron el desgaste por abrasión de un acero al manganeso del 5%, además de la influencia de diferentes tratamientos térmicos en el desgaste de este acero, tratando de correlacionar la microestructura y la dureza con relación al desgaste abrasivo. El procedimiento que se siguió fue en primer lugar determinar la composición química de la aleación obtenida la cual correspondía en porcentaje a 1 C, 5 Mn, 3 Cu, 1.5 Mo, 0.5 Si. En segundo lugar, se establecieron tres métodos de enfriamiento como lo son en aire, aceite y agua para el hipertemple realizado a 1100 °C, además de las temperaturas de revenido entre 250 °C y 450 °C; en tercer lugar, se realizaron ensayos de dureza para antes y después de las pruebas de desgaste; y por último para la determinación de la resistencia al desgaste abrasivo se utilizó el método en húmedo de la rueda de caucho según la norma ASTM G105. Como resultado de los análisis se pudo determinar que el contenido de cobre de 3% aumenta la estabilidad de la austenita evitando la precipitación de carburos en el borde del grano logrando así un buen compromiso entre tenacidad y resistencia al desgaste. También se determinó que la resistencia al desgaste aumenta con el incremento de la dureza

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

cuando el acero es sometido a un tratamiento de hipertemple, ya que a mayor velocidad de enfriamiento mayor es la dureza y por ende mayor es la resistencia al desgaste. Además, la composición del acero favorece en la transformación de austenita en martensita por rozamiento lo que incide en una mayor dureza del acero.

Higuera O, Moreno C, Suarez B, (2010) con esta investigación evaluaron los cambios micro estructurales en aceros austeníticos al manganeso al 9% y 13% en presencia de cromo (1.4% y 2.0%). Además, se evaluó el ciclo térmico de temple y revenido sobre la estabilidad de la fase austenita y la presencia de compuestos de segunda fase como carburos de hierro y cromo. El procedimiento se llevó a cabo iniciando con un temple a una temperatura de 1050°C durante un tiempo aproximado de una hora y con un medio de enfriamiento en agua, posteriormente se llevaron a cabo los tratamientos térmicos de revenido dentro de un rango de 200°C a 800°C y con un intervalo de 200°C y un tiempo de permanencia de dos horas. Luego el material se llevó a pruebas de caracterización las cuales muestran que durante el revenido a 200°C se observa la descomposición parcial de la fase austenítica en fase ferrita y carburos de hierro y aleados que nuclean en los límites del grano de la fase austenítica original, este comportamiento es poco favorable ya que se presenta en la zona más blanda y por ello se obtendrán bajas durezas y bajas propiedades mecánicas, mientras que en el revenido a 800°C se observó un comportamiento austenítico con alguna presencia de carburos de hierro y aleados.

Wang H, Yang P, Mao W, Lu F (2012) estudiaron el efecto de la deformación en caliente de austenita sobre la transformación de la martensita usando microscopía electrónica de barrido, los resultados mostraron que la deformación en caliente dificulta la transformación de martensita y las cantidades de los dos tipos de martensita (ϵ -M α' -M) disminuyeron significativamente. El tratamiento de recuperación debilita la estabilización mecánica de la austenita, y la martensita contenida incrementa especialmente para ϵ -M. la transformación de martensita fue

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

la más difícil en la recristalización dinámica de los granos por los efectos de alta densidad y tamaño pequeño. La siguiente con más dificultad fue la transformación martensítica de granos deformados particularmente cerca al límite del grano.

Medina E, Cabrera A. (2003) Ensayaron en la producción del Ac 35 al sustituir el ferromanganeso por el mineral pirolusita (MnO_2) con el fin de reducir los costos de fabricación, en este estudio se evaluaron dos variantes de sustitución: la primera consiste en añadir el material con virutas de aluminio y coque (o residuos de electrodos) sobre la escoria del metal durante el proceso de reducción y en la segunda variante emplea el mineral de manganeso en lugar del de hierro durante el proceso de oxidación de las impurezas. Como resultado de este estudio y después de realizar los ensayos mecánicos a las probetas se llegó a la conclusión que las dos variantes analizadas permiten sustituir el ferromanganeso por el mineral de manganeso (Pirolusita) sin afectar la composición química del material ni sus propiedades mecánicas, además desde el punto de vista operativo, las variantes propuestas no difieren de la tradicionalmente empleada, es decir que su implementación podría ser viable, y en la parte económica la segunda variante resulta como la mejor opción por su bajo costo y también disminuye el tiempo de fusión.

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Justificación

El progreso tecnológico de un país depende de la creación e investigación en diferentes áreas por parte de entidades académicas cuyo fin es aportar nuevas ideas y soluciones las cuales generan desarrollo en la industria, innovando y optimizando los métodos ya conocidos para mejorar los resultados en cualquier campo requerido.

En nuestra área específica, los avances tecnológicos sobre materiales en nuestro país son muy reducidos ya que estos en su mayoría pertenecen a países desarrollados preocupados por el mayor aprovechamiento de los recursos, esto lo podríamos relacionar a que comúnmente en la industria nacional nos basamos bastante en la experiencia y en el método de ensayo y error para dar una aplicación a los materiales, muchas veces los resultados obtenidos son buenos, pero no nos centramos en analizar el porqué de los resultados ni mucho menos en proponer mejoras a lo antes realizado.

Por ello es necesario realizar más investigaciones sobre los materiales que comúnmente se utilizan con el fin de aumentar las opciones en cuanto a utilización se refiere, obteniendo beneficios económicos y generando un mayor avance tecnológico en la industria nacional.

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Objetivos

Objetivo General

- Establecer la influencia del manganeso en porcentajes mayores al 1% en la resistencia al desgaste abrasivo a un acero de bajo carbono tratado térmicamente desde temperaturas intercríticas.

Objetivos específicos

- Establecer la secuencia de tiempos y temperaturas basadas en la composición química del material.
- Elaborar las probetas y posteriormente realizar pruebas de desgaste abrasivo según la norma ASTM G-65 con el fin de analizar la influencia del manganeso.
- Realizar el estudio de microestructura mediante microscopio electrónico de barrido (SEM) y microscopía óptica.

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Metodología

- Para dar inicio al estudio es necesario la recolección y filtrado de información detallada acerca de los aceros con alto contenido de manganeso, además de ensayos de desgaste abrasivo realizados sobre ellos.
- Por medio del espectrómetro se obtendrá la composición química del material obtenido para así saber exactamente con que material se está trabajando.
- Con los resultados de la espectrometría se obtendrá un rango de temperaturas las cuales se utilizarán para realizar el tratamiento térmico.
- Se fabricarán las probetas para desgaste abrasivo de acuerdo con la norma ASTM G-65.
- Luego de tener las probetas mecanizadas, se dividen en grupos de una cantidad determinada de probetas para realizar el tratamiento térmico correspondiente a cada grupo.
- Se procederá a realizar los ensayos de desgaste abrasivo según la norma ASTM G-65 a un número determinado de probetas.
- A una muestra de cada grupo de probetas se dará el respectivo pulido para realizar el análisis de la microestructura, incluyendo el ataque químico.
- Se realizarán los ensayos de dureza respectivos para cada muestra del material.
- Por último, se hará la recolección y análisis de resultados obtenidos con el fin de dar una conclusión de las pruebas realizadas

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Marco teórico

El acero Austenítico de alto manganeso contiene alrededor de 1,2% C y 12% Mn y fue inventado por Robert Hadfield en 1882, siendo el único en combinar alta tenacidad y ductilidad con alta dureza y usualmente buena resistencia al desgaste. Normalmente existen variaciones para la composición del acero Austenítico al manganeso con o sin aleaciones adicionales como cromo, níquel, molibdeno, vanadio, titanio y bismuto, pero las composiciones más comunes están dadas por la norma ASTM A128, la cual muestra el porcentaje de aleación para cada elemento como se observa en la siguiente tabla⁴:

ASTM A 128 grade	Composition, %						
	C	Mn	Cr	Mo	Ni	Si (max)	P (max)
A	1.05-1.35	11.0 min	...	...	...	1.00	0.07

⁴ ASM Handbook Volume 1. Properties and selection: Irons steels and High performance alloys (1990)

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

B-1	0.9-1.05	11.5-14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-2	1.05-1.2	11.5-14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-3	1.12-1.28	11.5-14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-4	1.2-1.35	11.5-14.0	...	...	...	1.00	0.07
C	1.05-1.35	11.5-14.0	1.5-2.5	...	...	1.00	0.07
D	0.7-1.3	11.5-14.0	...	...	3.0-4.0	1.00	0.07
E-1	0.7-1.3	11.5-14.0	...	0.9-1.2	...	1.00	0.07
E-2	1.05-1.45	11.5-14.0	...	1.8-2.1	...	1.00	0.07
F	1.05-1.35	6.0-8.0	...	0.9-1.2	...	1.00	0.07

Tabla 1. Composición química de aceros tipo Hadfield según norma ASTM A128. Tomado de ASM Handbook Volume 1. Properties and selection: Irons steels and High performance alloys

Las composiciones de la tabla anterior no permiten alguna transformación de austenita cuando la aleación es enfriada en agua desde arriba de A_{cm} (esto es la temperatura que corresponde al límite entre la cementita-austenita y el campo de la

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

austenita). Sin embargo, esto no impedirá menor ductilidad en secciones duras por las tasas de enfriamiento más lentas⁵.

La siguiente figura muestra los efectos del contenido de carbón y manganeso sobre la temperatura M_s , que es la temperatura en la cual la martensita empieza a formarse desde la austenita al enfriarse, de una austenita homogénea con todo el carbón y manganeso en una solución sólida.

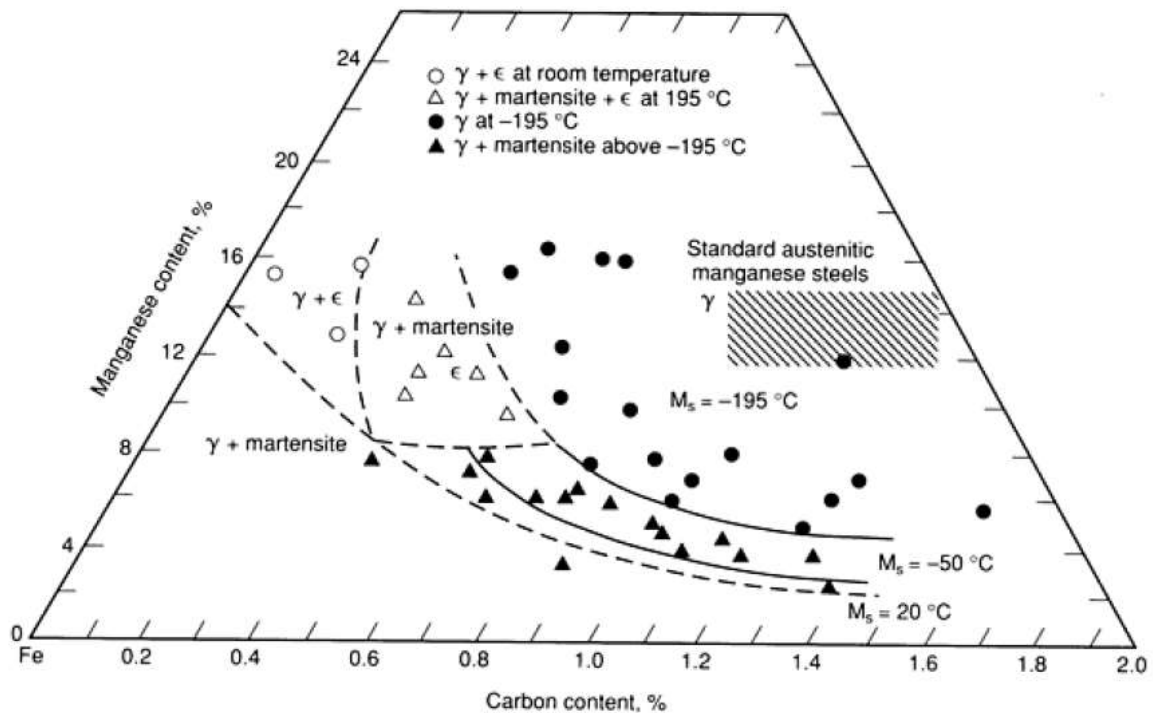


Figura 1. Variación de temperatura M_s con contenido de Carbono y Manganeso. Tomado de ASM Handbook Volume 1. Properties and selection: Irons steels and High performance alloys

Comparando la resistencia a la abrasión con la mayoría de aleaciones ferrosas, los aceros al manganeso son superiores en cuanto a la resistencia, y a un costo

⁵ ASM Handbook Volume 1. Properties and selection: Irons steels and High performance alloys (1990)

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

moderado, esta es la principal razón para ser seleccionados en distintas aplicaciones abrasivas. Estos tienen una menor resistencia al desgaste abrasivo en comparación con los aceros martensíticos de alto carbono, pero ofrecen mayor resistencia que los aceros perlíticos.

Estos aceros cuentan con una excelente resistencia al desgaste en metal con metal, en aplicaciones de contacto, la dureza del acero al manganeso tiene distintas ventajas ya que este disminuye el coeficiente de fricción y concede resistencia a temperaturas no excesivas. Las cargas de compresión, en lugar de las de impacto, proporcionan la deformación requerida, produciendo una superficie lisa y dura que tiene buena resistencia al desgaste y que no desgasta las partes en contacto⁶.

⁶ ASM Handbook Volume 1. Properties and selection: Irons steels and High performance alloys (1990)

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Cronograma

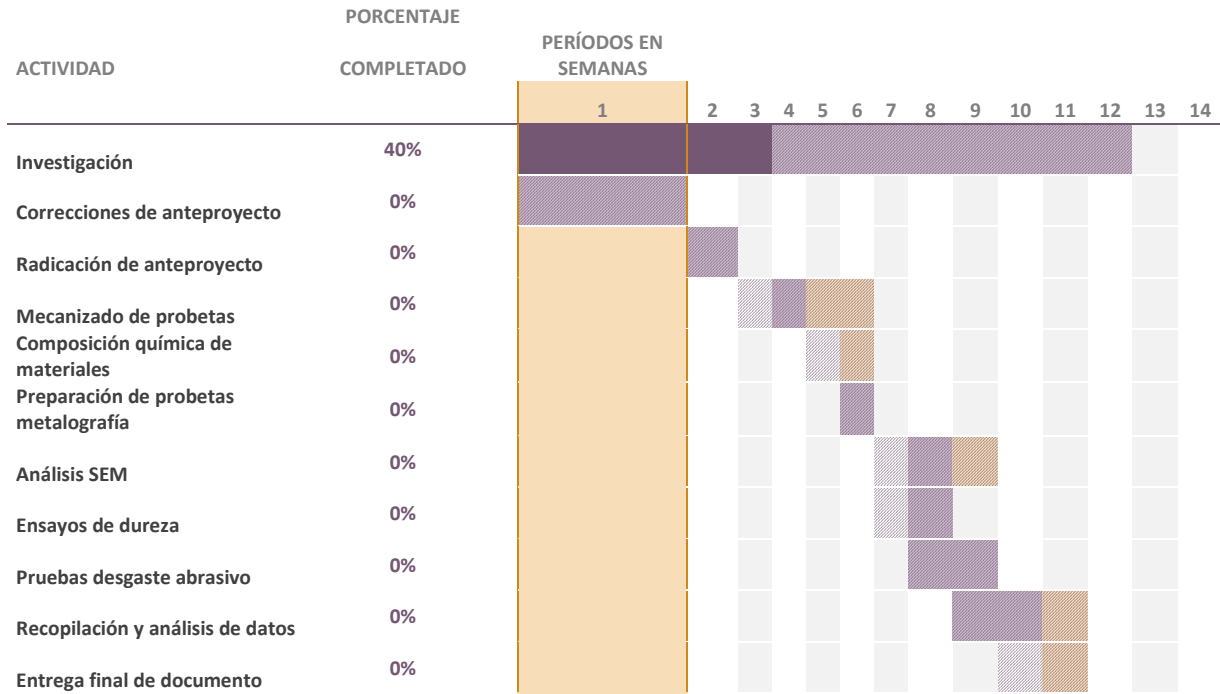


Tabla 2. Cronograma de actividades. Fuente propia

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Presupuesto

Presupuesto general del proyecto				
Duración estimada en meses			3	
Duración estimada en semanas			12	
Recurso humano asociado				
Descripción	Cantidad de personas	Dedicación semanal (horas)	Valor hora (pesos)	Costo personal (pesos)
Autores del proyecto	2	8	\$ 20.000	\$ 2.240.000
Director o Tutor	1	2	\$ 40.000	\$ 1.120.000
Total				\$ 3.360.000
Descripción			Costo asociado	Fuente de financiación
Recurso humano asociado			\$ 3.360.000	
Material base			\$ 520.000	Personal
Mecanizado			\$ 280.000	Personal
Prueba de laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)			\$ 350.000	Personal
Subtotal			\$ 4.510.000	
Imprevistos			\$ 320.000	
Total presupuestado			\$ 4.820.000	

Tabla 3. Presupuesto aproximado. Fuente propia

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Referencias

Higuera O, Tristancho J, Flórez L (2007) Fundamentos teóricos de los aceros austeníticos al manganeso (Aceros Hadfield). Grupo de investigaciones en materiales avanzados (GIMAV-UTP), Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

Yan W; Fang L; Zheng Z; Sun K; Xu y (2008) Effect of Surface Nanocrystallization On Abrasive Wear Properties in Hadfield Steel. Laboratory for mechanical behavior of materials, Xian Jiaotong University, Xian 710049, People's of China.

Qian L; Feng X; Zhang F. (2011) Deformed Microstructure and Hardness of Hadfield High Manganese Steel. Laboratory of Metastable Materials Science and Technology, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, P. R. China.

García A, Varela A, Mier J L, Camba C, Barbadillo F. (2010) Estudio tribológico de aceros austeníticos tipo Hadfield: Influencia del manganeso en su respuesta frente al desgaste. Escuela Politécnica Superior, Universidad da Coruña, C/Mendizábal, s/n, 15403 Ferrol, España.

Varela A, García A, Artiaga R, Mier J L, Barbadillo L. (2002) Comportamiento Tribológico De Un Acero Austenítico Al Manganeso Usado En Revestimientos De Molinos De Carbón. Departamento de Ingeniería Industrial II, Universidad da Coruña, Avda. Mendizábal s/n, 15403 Ferrol. España.

Higuera O, Moreno C, Suarez B, (2010) Evolución Microestructural Del Acero Austenítico Al Manganeso Sometido A Tratamiento Térmico De Temple y Revenido. Grupo de investigaciones en materiales avanzados (GIMAV-UTP), Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Proyecto Curricular de Mecánica

FORMATO DE INSCRIPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica o Ingeniero Mecánico

Wang H, Yang P, Mao W, Lu F (2012) Effect of hot deformation of austenite on martensitic transformation in high manganese steel. School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology Beijing, 100083 Beijing, China.

Medina E, Cabrera A. (2003) Utilización del mineral de Manganeso (Pirolusita) en la producción de Acero al Carbono. Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya, Holguín, Cuba.