

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

“Uso de nuevos materiales y/o recubrimientos en las mazas
empleadas en la molienda de caña de azúcar”

**Proyecto Final de Graduación para optar por el título de
Ingeniero en Materiales con el grado académico de
Licenciatura**

Realizado por: Alejandra Porras Rojas

Profesor(a) Guía: Ing. Ronald Brenes Brenes, MGP.

Profesor Lector: Dr.-Ing. Luis Eduardo Cordero Arias

Profesor Lector: Ing. Mario Conejo Solís

Asesor Industrial: Arnoldo Ramírez y José Hernández

Cartago Febrero, 2017

Escuela Acreditada por el Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

CONSTANCIA DE DEFENSA PUBLICA DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN


El presente Proyecto Final de Graduación titulado "Uso de nuevos materiales y/o recubrimientos en las mazas empleadas en la molienda de caña de azúcar" y realizado en la empresa Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A., durante el I Semestre de 2017, ha sido defendido, ante el Tribunal Examinador integrado por los profesores Ing. Ronald Brenes Brenes, MGP, Dr.-Ing. Luis Eduardo Cordero Arias, Ing. Mario Conejo Solís; como requisito para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Materiales de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

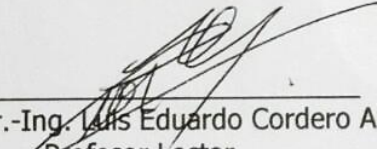
Este documento y su defensa ante el Tribunal Examinador han sido declarados:

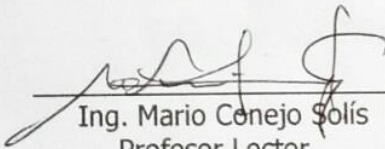
Públicos

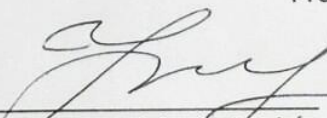
Confidenciales


Ing. Ronald Brenes Brenes, MGP
Profesor Guía


Alejandra Porras Rojas
Estudiante


Dr.-Ing. Luis Eduardo Cordero Arias
Profesor Lector


Ing. Mario Conejo Solís
Profesor Lector


Msc. Galina Pridybailo Chekán
Director Escuela de Ciencia e
Ingeniería de los Materiales

Cartago, 12 de junio del 2017

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar patente mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de mi proyecto de graduación. Mi agradecimiento al gerente de la empresa, encargados en el área de molienda y precisión y demás compañeros de trabajo, por su apoyo incondicional, su agradable trato y su gran aporte en el desarrollo del presente informe.

Mención especial merece el Ing. Ronald Brenes Brenes, profesor guía, por su orientación y consejos tanto para la elaboración del proyecto como para mi desarrollo profesional.

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

*A mis padres, hermanos y
amigos por toda la ayuda
y apoyo que me
brindaron durante mis
años de estudio.*

*"No creo que no hay nada más excitante
para el corazón humano que la emoción
sentida por el inventor cuando ve
una creación de su mente
convirtiéndose en algo exitoso.
Estas emociones son las que
un hombre no olvida como
sus sueños, amigos,
amor, todo. "*

— Nikola Tesla

RESUMEN

Porras, Alejandra. Junio, 2017. Uso de nuevos materiales y/o recubrimientos en las mazas empleadas en la molienda de caña de azúcar, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Profesor Asesor: Ronald Brenes Brenes.

Este proyecto fue desarrollado en la empresa Ingenio Hacienda Juan Viñas, localizada en Juan Viñas, Cartago, consistió en investigar materiales y recubrimientos para las mazas de molienda. El objetivo del estudio fue analizar el uso de nuevos materiales y/o recubrimientos en las mazas empleadas en la molienda de caña de azúcar. En el análisis de la situación actual se pudo determinar poseen una inconsistencia del tipo de la materia prima que utilizan, las mazas y el recubrimiento empleados no son compatibles para ser soldados y no utilizan técnicas de soldeo adecuadas. Las propuestas de solución consisten en determinar que el material de suministro es fundición gris y fundición nodular; en el caso de continuar con fundiciones, realizarles un recargue superficial antes de aplicar recubrimientos y utilizar soldadura y recubrimiento adecuados a cada tipo de material.

ABSTRACT

This project was developed at Ingenio Hacienda Juan Viñas, located in Juan Viñas, Carthage, consisted of investigating materials and coatings in the grinding maces. The objective of the study was to analyze the use of new materials and / or coatings in the maces used in sugarcane milling. In the analysis of the current situation It was be determined an inconsistency in of the type of raw material they use, the maces and coating used are not compatible to be welded and do not use suitable welding techniques. The proposed solutions consist are to determine that the supply material is gray cast iron and nodular cast iron; in the case of continue with castings, perform a surface recharge before applying coatings and use welding and coating suitable for each type of material.

Índice General

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL.....	i
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
EPÍGRAFE	iv
RESUMEN	v
Índice General	vi
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras.....	viii
I INTRODUCCIÓN	1
Identificación de la empresa o institución.....	1
Contacto Inicial	1
Tutores en la empresa	1
Justificación	3
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
Alcances y Limitaciones.....	4
II MARCO TEÓRICO.....	5
III ESTADO DEL ARTE	15
IV METODOLOGÍA	16
V ANÁLISIS Y RESULTADOS	18
Caracterización del material actual de las mazas	18
Condiciones de trabajo de las mazas	24

Materia prima y recubrimientos utilizados en la empresa	26
Selección de materia prima.....	28
Selección de electrodos de soldadura de reparación.....	29
Selección de recubrimientos duros	30
VI CONCLUSIONES	32
VII RECOMENDACIONES.....	33
VIII BIBLIOGRAFÍA	34
APÉNDICES.....	37
Apéndice A.....	38
Apéndice B.....	46
Apéndice C	55
Cronograma	57

Índice de Tablas

Tabla 1. Resultados de la espectrometría por emisión de la aleación procedente de Colombia.....	18
Tabla 2. Resultados de la espectrometría por emisión de la aleación procedente de Colombia.....	19
Tabla 3. Resultados de la microdureza en Vickers (HV 0,1) tomada de las probetas procedentes de Colombia y Brasil	23
Tabla 4. Condiciones de trabajo (presión de acople y velocidad de giro) de los molinos.	25

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso productivo de azúcar a partir de caña de azúcar.	5
Figura 2. Molino de cuatro mazas de Allied-Tek.	7
Figura 3. Diagrama básico de la teoría de molienda..	8
Figura 4. Molino convencional de tres mazas.	9
Figura 5. Fuerzas ejercidas por la superficie de las mazas sobre el bagazo.	11
Figura 6. Apertura de trabajo y apertura. (a) Apertura; (b) Apertura de trabajo. ..	11
Figura 7. Metalografía a 40x sin atacar de la muestra de la superficie del material procedente de Colombia.....	19
Figura 8. Metalografía a 250x sin atacar de la muestra de la superficie del material procedente de Colombia.....	20
Figura 9. Metalografía a 40x sin atacar de la muestra de la superficie del material procedente de Brasil.....	21
Figura 10. Metalografía a 250x sin atacar de la muestra de la superficie del material procedente de Brasil.	21
Figura 11. Metalografía a 250x atacada con Nital 4% de la muestra de la superficie del material procedente de Brasil.	22
Figura 12. Metalografía a 800x atacada con Nital 4% de la muestra de la superficie del material procedente de Brasil.	22
Figura 13. Diagrama de toma de datos de microdureza de las distintas probetas.	23
Figura 14. Maza maquinada con torno en Ingenio Hacienda Juan Viñas.	24
Figura 15. Molino 1, Ingenio Hacienda Juan Viñas.	25
Figura 16. Materia prima procedente de Fundiciones Universo, Colombia.	26
Figura 17. Reparaciones en los dientes de las mazas.	27
Figura 18. Condición de las mazas de molienda al finalizar la zafra del 2016.	27

I INTRODUCCIÓN

Identificación de la empresa o institución.

Nombre: Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A.

Actividad a la que se dedica: Producción de azúcar.

Apartado Postal: 3741-1000 San José Costa Rica.

Dirección Exacta: 100 metros oeste de la Iglesia Católica de Juan Viñas, Cartago.

Teléfono: (+506) 2532-2211

Número de Fax: (+506) 2532-2211

Correo Electrónico: calidad@juanvinas.com / rhumano@juanvinas.com

Número de Trabajadores: 600

Contacto Inicial

Nombre: Rolando Guardia Carazo

Puesto que desempeña: Gerente General

Teléfono: (+506) 2532-2211

Número de extensión: 61

Correo Electrónico: rguardia@juanvinas.com

Tutores en la empresa

Nombre: Arnoldo Ramírez Solano

Puesto que desempeña: Jefe Taller de precisión

Teléfono: (+506) 2532-2211

Número de extensión: 40

Correo Electrónico: aramirez@gmail.com

Nombre: José Hernández

Puesto que desempeña: Jefe de Molinos

Teléfono: (+506) 8749-0261

Correo Electrónico: jhernandez@juanvinas.com

Justificación

El Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A. ha ejecutado labores alrededor de 80 años, durante los cuales ha sido de gran ayuda para el desarrollo del cantón, así como ser una gran fuente de empleo para los habitantes de la comunidad. En la actualidad, durante el período de zafra (20 semanas), se procesa cerca de 180 mil toneladas de caña de azúcar, de los cuales se obtiene un aproximado de 400 mil bultos de 50 kilogramos de azúcar producida.

Por la alta demanda de trabajo, el equipo utilizado en el ingenio sufre considerables daños, lo que amerita altos costos en reparaciones, compra de materiales, manufactura de las determinadas piezas, entre otros; lo que a largo plazo implica una gran pérdida económica para la empresa. Los equipos que sufren mayor daño son los de la etapa de molienda, específicamente los cascros o masas que muelen la caña de azúcar; estas presentan grandes deterioros en las aletas lo que obliga a realizarles algún tipo de reparación, si es posible, o la colocación de una nueva pieza.

Las mazas o cascros son sustituidos en cada período de zafra, lo que provoca grandes inversiones en material, mano de obra y maquinado de dichas piezas. Por este motivo, el análisis realizado brindó la posibilidad de solventar el presente problema, contribuyendo de esa forma a un mayor rendimiento, menores costos y mejor funcionamiento de los equipos utilizados para la molienda de caña de azúcar.

Objetivo general

- Analizar el uso de nuevos materiales y/o recubrimientos en las mazas empleadas en la molienda de caña de azúcar del Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A., ubicada en Juan Viñas centro.

Objetivos específicos

- Caracterizar los materiales actualmente utilizados en la elaboración de las mazas de molienda, así como sus recubrimientos.
- Determinar las condiciones de trabajo que generan desgaste en los molinos.
- Proponer materiales que cumplan los requerimientos de trabajo en fusión de criterios ingenieriles.

Alcances y Limitaciones

Existen distintos factores que pueden ser analizados con relación a las mazas de molienda, como son el diseño, la materia prima, el funcionamiento, los esfuerzos mecánicos, el mantenimiento, acabados, recubrimientos, entre otros; sin embargo, en el presente trabajo solo se consideraran las variables de materia prima, acabados y recubrimientos, esto por sugerencia de la empresa.

II MARCO TEÓRICO

El proceso productivo del Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A. (figura 1), inicia con el recibimiento de la caña en la romana donde se pesa y se procede a tomarle una muestra que se envía al laboratorio para hacerle los análisis respectivos. Posteriormente, se realiza el lavado de la caña con agua en recirculación para eliminar impurezas para la molienda, haciéndola pasar bajo cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierte en astillas. El siguiente paso es la extracción del jugo mediante la compresión de la caña entre cilindros de gran tamaño llamados mazas. Para ayudar a la extracción del jugo, se rocía la torta de bagazo, al salir de cada unidad moledora, con chorros de agua o de jugo pobre en azúcar, esto ayuda a la extracción de azúcar por lixiviación. Este jugo se pasa por el conductor de tablillas y colador DSM para eliminar residuos de bagazo y bagacillo. (Hacienda Juan Viñas S.A., 2017).

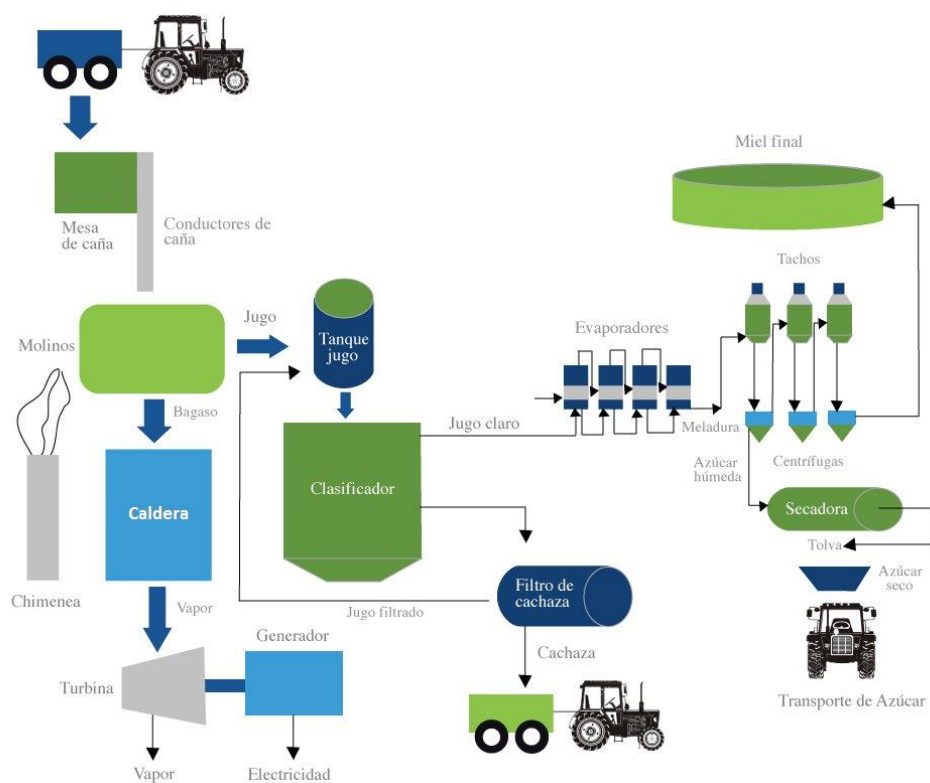


Figura 1. Proceso productivo de azúcar a partir de caña de azúcar.

El bagazo procedente de los molinos es utilizado como combustible biomásico en los hornos de las calderas para la producción de vapor; el agua que se utiliza para alimentar los domos de las calderas proviene de los condensados de tachos, evaporadores y calentadores. En la etapa de clarificación, el jugo procedente de los molinos pasa a la torre de sulfitación donde se le adiciona dióxido de azufre. Luego el jugo pasa por gravedad al tanque de alcalizado donde se le aplica el sacarato de calcio. Seguidamente se lleva a una temperatura de 105°C, se envía al tanque flash donde se le adiciona el floculante. El jugo extraído por el filtro es enviado al tanque de alcalización y la cachaza es separada. Las dos terceras partes del agua que aún contiene el jugo, se evapora en evaporadores de múltiple efecto al vacío. Al final de esta etapa el jugo será más denso porque ha perdido aproximadamente un 80% de agua. (Hacienda Juan Viñas S.A., 2017).

La meladura es trasladada al clarificador de meladura, donde por la densidad de la misma y con la reacción de los productos químicos aplicados, las impurezas flotan y son extraídas por decantación. La cristalización se lleva a cabo en recipientes al vacío, de simple efecto, en los cuales se concentra la meladura clarificada hasta quedar saturada de azúcar. La malla perforadora retiene los cristales de azúcar que se lavan con agua condensada. El azúcar que sale de las centrifugas se introduce en un cilindro giratorio para eliminar el exceso de humedad que contiene, luego se introduce en otro cilindro giratorio con ventiladores para someterlo a un proceso de enfriamiento y así quede listo para empaque. Al salir de la enfriadora, el azúcar es depositado en las tolvas para ser empacado. (Hacienda Juan Viñas S.A., 2017).

Durante la molienda, la extracción del jugo de caña se consigue apretando la caña preparada, bajo alta presión, entre un par de rodillos, seguido de lavado. Varias unidades de molienda, generalmente seis, se establecen en tándem con el fin de maximizar la extracción. (Kwenda, P., 2015). En el Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A., el proceso de molienda está constituido por cinco molinos, los cuales, poseen cuatro mazas, como se ve en la figura 2; dichas piezas giran mediante unos ejes que están soportados en unas bases metálicas denominadas Vírgenes. Los molinos

son ubicados de tal manera que el bagazo que sale de un molino sea transportado por un conductor intermedio a otro, para lograr una mayor extracción de sacarosa.



Figura 2. Molino de cuatro mazas de Allied-Tek. Fuente: Allied-Tek Engineering Co, Ltd. (2012). *Allied-Tek Cane Mill*. Recuperado de http://www.allied-tek.com/C_CaneMill_V5.1.pdf

La molienda es esencialmente un proceso volumétrico. Considerando el diagrama de alimentación de la Figura 3, se asume que:

- a) El suministro de caña preparada/bagazo (en adelante "caña") se presenta como un tablón, de sección rectangular de ancho l en m y altura h en m, alimentado a las dos mazas o rodillos del molino, cada una de longitud l y diámetro d en m.
- b) Las mazas se encuentran separadas a una distancia constante, que resulta en una "abertura de trabajo" h_D en m.
- e) La caña preparada está constituida por cuatro componentes: fibra, agua libre de Brix, jugo (= sólidos disueltos + agua disponible) y aire. El contenido de cenizas insolubles es normalmente pequeño (1 a 2 % del total) y se incluye en el modelo como "fibra".

- d) La extracción se desarrolla secuencialmente, primero del aire y luego del jugo. Los sólidos insolubles (fibra) no se extraen con el jugo.
- e) Las mazas o rodillos son cilíndricas y sin rayado.
- f) Ambas mazas rotan con una velocidad n en s^{-1} , resultando en una velocidad circunferencial sobre la superficie de las mazas u en m/s , es decir $u = \pi \cdot d \cdot n$
- g) La alimentación es suministrada simétricamente al par de mazas y en dirección normal (perpendicular) a sus ejes. (Rein, P., 2012).

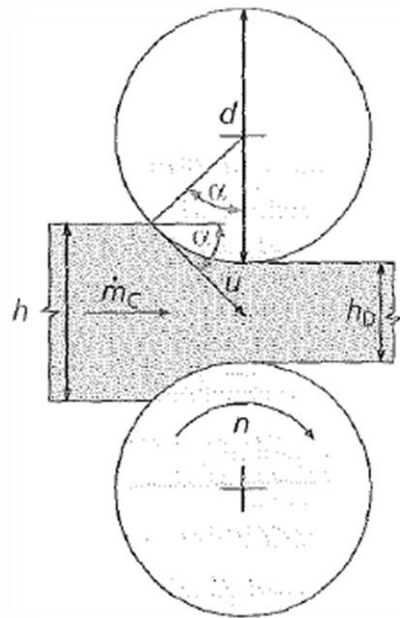


Figura 3. Diagrama básico de la teoría de molienda. Fuente: Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Berlín, Alemania: Bartens.

El molino básico está constituido de tres mazas (figura 4): la maza superior, que debe ser capaz de "flotar" hacia arriba durante la operación y las mazas cañera y bagacera que deben ser ajustables hacia los costados. Normalmente, en el modelo de los molinos, se asume que las mazas se encuentran separadas con una distancia fija. Sin embargo, existe un límite de compresibilidad del colchón de caña (y de la materia extraña tal como rocas y trozos de metal). Debido a esto los fabricantes de molinos han introducido diseños donde una o más de las mazas tienen la capacidad de "flotar", las cuales son cargadas con pesos muertos, resortes, cilindros

neumáticos o hidráulicos para aplicar la máxima presión sobre el colchón de caña que se puede ejercer de manera segura. (Rein, P., 2012).

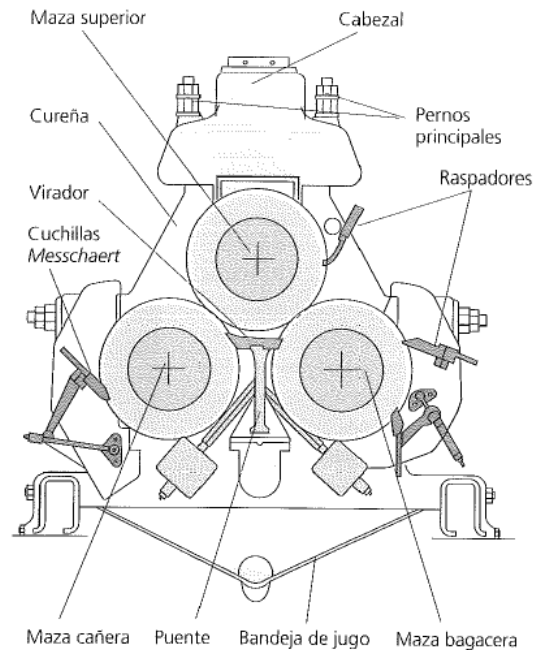


Figura 4. Molino convencional de tres mazas. Fuente: Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Berlín, Alemania: Bartens.

Las mazas tienen forma de cilindros acanalados que permiten la compresión de la caña y de esta forma la extracción de jugo. Dentro del molino encontramos una maza superior que es la que sufre la mayoría de esfuerzos y desgaste, esta no se encuentra fija en la estructura, esto para evitar exceso de esfuerzos cuando el flujo de la caña aumenta. La maza cañera que junto con la maza superior ejercen mayor presión a la caña produciéndose así la primera extracción de jugo de caña, además, es la que induce a la alimentación de cada uno de los molinos.

Por último, se tiene la maza bagacera que ejerce presión contra la caña con la maza superior produciéndose así la mayor extracción de jugo. Los raspadores o peines se ubican entre la maza cañera y la maza bagacera, estos tienen como función evacuar el bagazo que se acumula entre los dientes de las mazas, para evitar la compresión y adherencia del bagazo sobre los espacios de los dientes de la maza.

Además, estos raspadores poseen el mismo recubrimiento que es utilizado para las mazas de los molinos.

Existen varias razones para el uso de rayado o dientes en los molinos:

- El rayado ayuda a romper la caña. Esta es una función relativamente poco importante cuando la caña se ha preparado bien antes de la molienda.
- Las mazas rayadas presentan una mayor área superficial de contacto con la caña y por lo tanto mejor tracción.
- La caña no alcanza a penetrar el fondo de la "V" del rayado, proporcionando por lo tanto un conducto de drenaje natural para el jugo exprimido.
- Las caras inclinadas de los dientes del rayado proporcionan una fuerza adicional de extracción sobre la caña sin incrementar la carga hidráulica (u otra) sobre las mazas, es decir sin incrementar los esfuerzos de flexión sobre la maza y su eje como se muestra en la figura 5.

Sin embargo, las mayores desventajas del rayado de mazas son: las raíces del rayado constituyen "concentradores de esfuerzo" que pueden llevar a fallas por fatiga del casco y del eje y; para una misma abertura de trabajo entre dos mazas, la holgura libre para el paso de cualquier objeto extraño sólido tal como un pedazo de hierro o roca se reduce, incrementando la probabilidad de daño de la maza. (Rein, P., 2012).

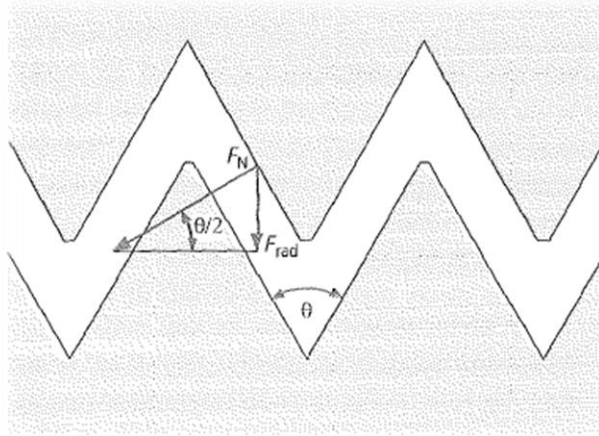


Figura 5. Fuerzas ejercidas por la superficie de las mazas sobre el bagazo. Fuente: Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Berlín, Alemania: Bartens.

Las aberturas entre los diversos rodillos y la relación de la placa de giro con los rodillos, generalmente denominados ajustes del molino (figura 6), varían mucho con diferentes equipos y diferentes condiciones de funcionamiento. La calidad de la caña, la velocidad de trituración, el ranurado del molino, las presiones y especialmente las velocidades del molino entran en estas determinaciones. (Chen, J., Chou, C., 1993).

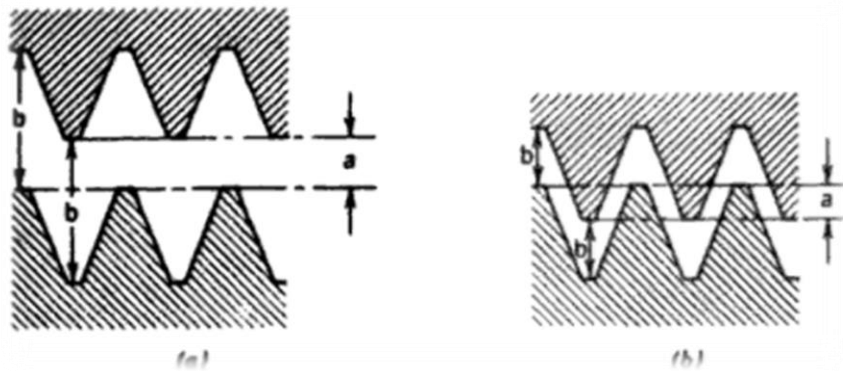


Figura 6. Apertura de trabajo y apertura. (a) Apertura; (b) Apertura de trabajo. Fuente: Chen, J., Chou, C. (1993). *Cane Sugar Handbook*. Recuperado de

https://books.google.co.cr/books?id=bDlwq2UZ8sYC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

La mayoría de los molinos modernos funcionan a aproximadamente 5 rpm, o aproximadamente 50 ft / min, pero en muchos países prevalecen velocidades más lentas, algunas de hasta 1,5 rpm. Otro factor en el ajuste de la velocidad del molino es la velocidad relativa de los molinos sucesivos en el tren. En algunas áreas, las velocidades del molino disminuyen desde la primera hasta la última; la otra práctica es aumentar 10-15% en molinos sucesivos. Muchos molinos modernos, sin embargo, mantienen la misma velocidad en todas partes. (Chen, J., Chou, C., 1993).

Los materiales utilizados para elaborar las mazas de los molinos requieren cumplir con ciertas propiedades que beneficien el correcto funcionamiento de dichas piezas a lo largo del tiempo de zafra. Las principales propiedades a cumplir son: buena tenacidad, la cual se define como la energía que absorbe un material hasta que se fractura (Pazos, N., 2006); muy buena maquinabilidad lo que indica que son maquinables por corte o arranque de viruta, aquellos materiales en los que, aplicando fuerzas tecnológicas razonables, puede romperse la cohesión de las partículas; buena soldabilidad que la poseen aquellos materiales en los que, por unión de las sustancias respectivas (soldadura por fusión o por presión) puede conseguirse una cohesión local. (Appold, H., Feiler, K., Reinhard, A., Schmidt, P., 2005). Por último, la resistencia a la tracción y la dureza, los cuales son indicadores de la resistencia de un metal a la deformación plástica. Por consiguiente, son, a grandes rasgos, proporcionales; sin embargo, la relación de proporcionalidad no es la misma para todos los metales (William, D., Callister, Jr., 2007).

El material utilizado actualmente en la empresa para la elaboración de las mazas de los molinos son las fundiciones grises, estas son aleaciones de hierro carbono del 2 al 5%, cantidades de silicio del 2 al 4%, del manganeso hasta 1%, bajo azufre y bajo fósforo. Se caracterizan por que se pueden vaciar del horno cubilote para obtener piezas de muy diferente tamaño y complejidad, pero no pueden ser sometidas a deformación plástica, no son dúctiles ni maleables y poco soldables, pero sí maquinables, relativamente duras y resistentes a la corrosión y al desgaste. (Castro, G., 2009).

Las fundiciones de hierro colado gris tienen relativamente pocas cavidades por contracción y poca porosidad. Este tipo de fundiciones tienen una superficie de rotura gris por motivo de que predomina el silicio, el cuál es el causante de que el carbono, al enfriarse, se separe en forma de grafito. La fundición gris es frágil y se cuele fácilmente. Los usos típicos del hierro colado gris se encuentran en los motores, las bases de máquinas, las carcasas de los motores eléctricos, las tuberías y las superficies de desgaste de las máquinas. (Kalpakjian, S., Schmid, S., 2002).

Los recubrimientos duros-protectores, consisten en la aplicación a una pieza de metal, de una capa superficial más dura y resistente que el metal base. Este recubrimiento se aplica por varias razones: para resistir la corrosión, para protección contra altas temperaturas o cambios bruscos de temperatura y para resistir el desgaste causado por abrasión, erosión, fricción o impacto. Las fundiciones blancas de alto cromo depositadas por soldadura son el recubrimiento duro más utilizado para combatir el desgaste en mazas de molinos de caña. Los carburos que por lo general se encuentran en los recubrimientos de maza y en muchas otras aplicaciones de recubrimiento duro por soldadura son los del tipo M7C3, donde M representa varios elementos, en este caso Fe y Cr. (Aroca, R., Peña, J., 2011).

El recubrimiento duro aplicado a las mazas de los molinos de la empresa es el AW Mazablin 99, el cual es un electrodo de alto contenido de manganeso para unir y reconstruir partes de acero al manganeso, aceros de construcción y en piezas sometidas a alto impacto y compresión, trabaja fácilmente en posición plana y horizontal, sus depósitos resistentes al agrietamiento le permiten usarse adecuadamente en materiales fatigados. Use corriente directa electrodo positivo (CDPI), se emplea como base en materiales fatigados para después colocar un colchón elástico, reparación de cruces, agujas y sapos de ferrocarril, endurece por presión e impacto. (Ver ficha técnica en Apéndice B) (Electrodos Infra, 2012).

El desgaste se puede definir como “un proceso donde se presenta un daño superficial en un cuerpo sólido cuando entra en contacto con otro cuerpo o medio por acción de fuerzas de fricción, combinada algunas veces con fuerzas de impacto y/o corrosión. Lo anterior trae como consecuencia la variación de la macro y micro geometría superficial de la estructura y de las propiedades de las capas superficiales; con o sin pérdida de material”. También ha sido definido como “la remoción de material de una superficie sólida como resultado del contacto entre superficies con movimiento relativo”. (Olaya, J., 2013).

Los sistemas de molienda de caña se someten a grandes esfuerzos y cargas mecánicas causadas por la presencia de impurezas en las fluctuaciones de la caña de azúcar, resultando en desgaste mecánico del equipo y la necesidad de reparaciones constantes de soldadura en rodillos para asegurar el rendimiento óptimo del equipo. Un fallo o daño que requiere que un molino deje de impactar sólo esta etapa específica, que puede ser retirado del servicio sin detener el conjunto completo. (Oliverio, J., Davila, A., Faber, A., Soares, P., s.f.)

El mayor desgaste se concentra en el virador o peine, especialmente cuando se trabaja con ranuras en los rodillos circunferenciales profundos y con el acanalado usual de drenaje de jugo. Es muy notable incluso después de sólo unos pocos meses de trabajo, la forma en que las grandes brechas se producen en los bordes del virador. Esto es evidentemente causado por el bagazo que se empaqueta con fuerza en las ranuras de drenaje, y al ser llevado más allá del borde del virador corta gradualmente estas cavidades. Este proceso como todos los otros procesos abrasivos similares en un molino de azúcar, se apresura por la acción corrosiva de los ácidos naturales en el jugo de caña. (Camden, E. s.f.).

III ESTADO DEL ARTE

Durante el período de zafra, las mazas no son remplazadas por una nueva a menos que sufran una fractura de grandes dimensiones que provoque el mal funcionamiento de las mismas, lo que se realiza son reparaciones, principalmente en los dientes o ranuras de dichos elementos, con el propósito de que puedan soportar el tiempo restante del período de molienda (figura 17). Para estas reconstrucciones primero se realiza una rectificación a la circunferencia de la maza, luego por medio de torneado se elimina el recubrimiento de los dientes, sin disminuir en gran medida sus dimensiones, seguidamente se realiza el rellenado del diente con soldadura Níquel 55 hasta obtener una semejanza con los otros dientes y finalmente se le vuelve a aplicar revestimiento.

En el caso de los recubrimientos, se les brinda mantenimiento o se realiza una nueva aplicación dependiendo del índice de preparación de la caña y de la cantidad de sacarosa que aún posea el bagazo. Además, el recubrimiento es aplicado bajo el proceso de soldadura SMAW, sin embargo, lo aplican de forma manual y a criterio propio del operario, con una penetración a lo largo del diente de una pulgada aproximadamente. El principal inconveniente que se presenta con dicho recubrimiento es que cuando se realiza una inspección visual de las mazas este no se encuentra gastado, sino que sufre un desprendimiento de la materia prima, lo que nos hace concluir que el material de recubrimiento (AW Mazablin 99) y la fundición gris no poseen una buena soldabilidad entre ellos (figura 18).

IV METODOLOGÍA

Este es un proyecto que persigue brindar una solución viable para la problemática existente en el Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A., el cuál aportará información, mejoras en los procesos y mayor rendimiento en las piezas a tratar. Cada uno de los objetivos se detallará a continuación:

La caracterización del material utilizado en la elaboración de las mazas es uno de los inconvenientes que se presentan en la empresa por motivo de que no poseen registro histórico del material que utilizan para maquinar las mazas, por lo que será necesario comprobar la clase de materia prima que emplean. Para realizar esta comprobación se tomarán muestras de la materia prima de las mazas. Se prepararán las muestras en el laboratorio de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica según la norma ASTM A247, donde se le realizarán a cada una, metalografías y espectrometría de emisión, de esta forma conocer la composición estructural de las piezas y pruebas de dureza para así verificar el tipo de material empleado.

Las muestras brindadas por la empresa eran de aproximadamente 1cm x 1cm x 1cm, las cuales fueron montadas en la máquina Specimen Mount Press™ Buehler con resina, para realizarle el debido pulido con ayuda de pulidoras HandiMet 2 Roll Grinder Buehler, hasta obtener una apariencia tipo espejo, con el objetivo de realizarle a las probetas metalografías mediante microscopio electrónico, para así conocer su estructura y poder determinar la clase de material que se está empleando. Además, se tomará micro durezas de las probetas con un durómetro Vickers HM-101 Mitutoyo.

Con relación a la forma de las mazas, se analizarán de forma dimensional dichas piezas para así conocer las dimensiones y diseño de las mismas, con el propósito de considerar la maquinabilidad que debe poseer el material recomendado.

Además, por medio de inspección visual, se observará el proceso de manufactura que se le realiza a dichas piezas y de igual forma los acabados aplicados. Por medio de medición y toma de datos, se conocerá las condiciones de trabajo en las cuales laboran las mazas.

Conociendo los procesos de producción, materia prima y fabricación, se investigará sobre otros posibles materiales que cumplan con mayor efectividad las condiciones de trabajo en las que son sometidas las mazas. Además, se analizará la recuperación o reparación de las mazas de molienda por medio de recubrimientos duros, los cuales ayudarán a reducir costos en comparación con el reemplazo total de las mazas. Estos recubrimientos deben cumplir con ciertas características para satisfacer las condiciones de trabajo y, además, que sean ellos los que reciban los esfuerzos presentes y de esa forma, el material base presente el menor desgaste posible. En el caso de que se presenten problemas de soldabilidad entre los materiales se puede optar por realizar un recargue o relleno superficial que consiste en la aplicación de una capa de metal sobre la superficie de trabajo que ayude a la adherencia del recubrimiento duro a utilizar.

V ANÁLISIS Y RESULTADOS

Caracterización del material actual de las mazas

El primer punto a tratar para el desarrollo de la investigación es la verificación del tipo de material utilizado para elaborar las mazas, para ello se tomaron muestras de la superficie de distintos cilindros de materia prima, entre ellos los procedentes de Colombia y Brasil; en el caso del proveniente de El Salvador, no se pudieron tomar muestras por motivo de que las mazas ya se encontraban maquinadas y puestas en funcionamiento.

Para comprobar la naturaleza de las muestras tomadas, se decidió realizar una espectrometría por emisión para conocer los elementos y sus proporciones aproximadas en el material, obteniendo los resultados que se muestran en las tablas 1 y 2:

Tabla 1. Resultados de la espectrometría por emisión de la aleación procedente de Colombia.

Muestra	Fe %	C %	Cr %	Mn %	S %	Si %	P %
Colombia	Balance	3.57	0.247	0.742	0.051	2.25	0.048
% Desv. Est.		0.25	0.47	0.34	1.90	0.14	0.25

Tabla 2. Resultados de la espectrometría por emisión de la aleación procedente de Colombia.

Muestra	Fe %	C %	Cr %	Mn %	S %	Si %	P %
Brasil	Balance	3.13	0.494	0.726	0.013	2.20	0.036
% Desv. Est.		0.28	0.58	0.08	1.36	0.24	2.54

Los datos mostrados en las tablas 1 y 2, demuestran que las muestras analizadas cumplen con la composición normal de las fundiciones de hierro. Sin embargo, para comprobar la clase de fundición con la que se trabaja, se realizaron metalografías a cada una de las probetas.

Primeramente, se le realizaron las metalografías a las muestras procedentes de Colombia, obteniendo los siguientes resultados:



Figura 7. Metalografía a 40x sin atacar de la muestra de la superficie del material procedente de Colombia.



Figura 8. Metalografía a 250x sin atacar de la muestra de la superficie del material procedente de Colombia.

Como se puede observar en las figuras 7 y 8, el grafito posee una forma de finas láminas curvas, las cuales son características de las fundiciones grises, además son estas mismas las que proporcionan la singular fractura grisácea en el material.

Seguidamente, se le realizaron las metalografías a las muestras procedentes de Brasil, obteniendo los siguientes resultados:



Figura 9. Metalografía a 40x sin atacar de la muestra de la superficie del material procedente de Brasil.

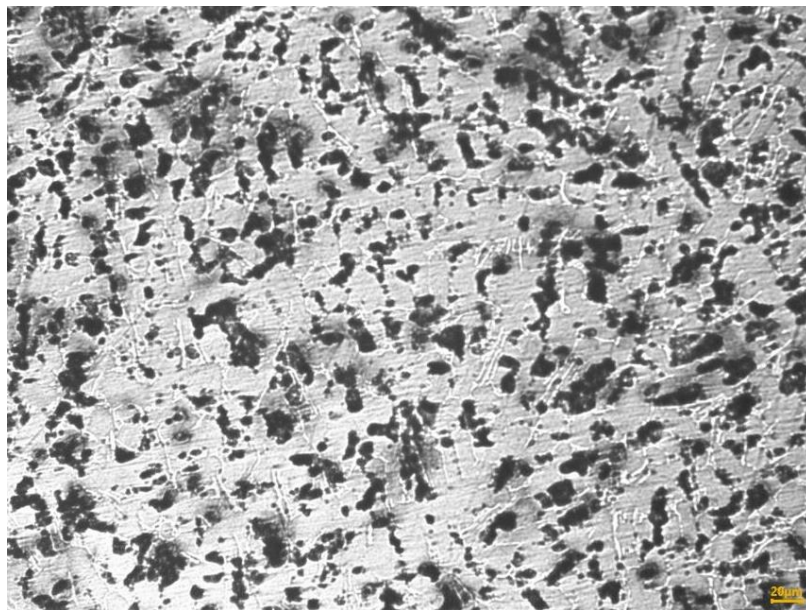


Figura 10. Metalografía a 250x sin atacar de la muestra de la superficie del material procedente de Brasil.

Como se puede observar en las figuras 9 y 10, la estructura del grafito del material no se encuentra bien definida, por lo que decide atacar la muestra con Nital para así observar de mejor forma su estructura. A continuación, se muestran las metalografías obtenidas:

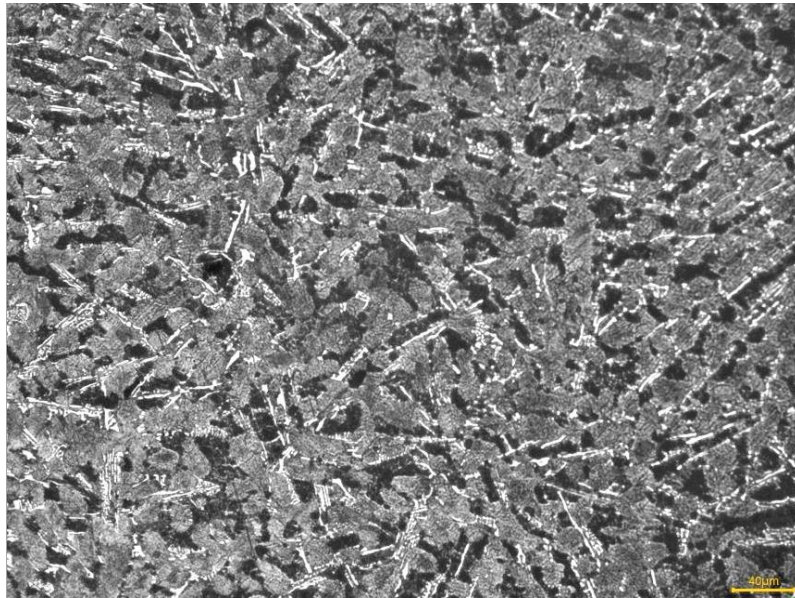


Figura 11. Metalografía a 250x atacada con Nital 4% de la muestra de la superficie del material procedente de Brasil.

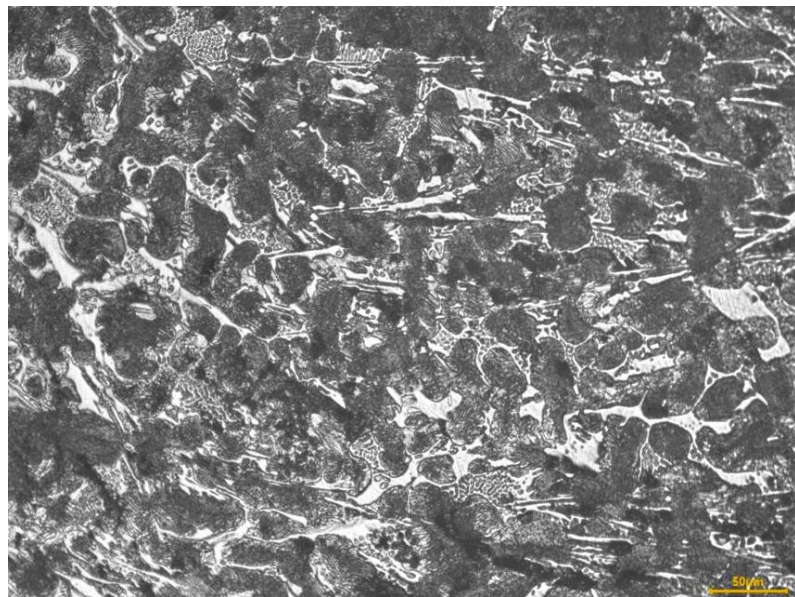


Figura 12. Metalografía a 800x atacada con Nital 4% de la muestra de la superficie del material procedente de Brasil.

En la figura 11, se puede observar con un poco de mayor claridad la forma nodular que presenta el material y en la figura 12, a 800x se puede comprobar que el carbono posee forma esferoidal, con lo que se puede concluir que se trata de una fundición nodular.

Adicionalmente, se tomaron los datos de micro dureza de las distintas probetas para comprobar la variación de dureza a través de la pieza. La toma de datos se realizó como se muestra en la figura 13 y se obtuvieron los resultados presentes en la tabla 3:

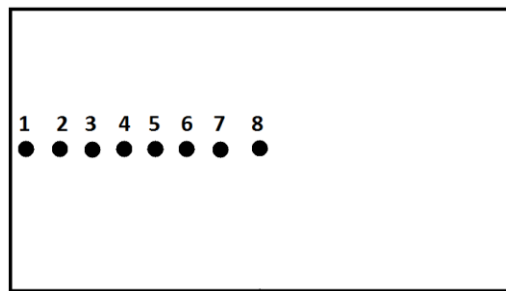


Figura 13. Diagrama de toma de datos de micro dureza de las distintas probetas.

Tabla 3. Resultados de la micro dureza en Vickers (HV 0,1) tomada de las probetas procedentes de Colombia y Brasil

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8
Colombia	338,7	283,0	311,5	272,2	262,1	272,2	252,5	241,7
Brasil	272,2	241,7	344,5	316,6	321,9	289,7	296,7	324,6

En el caso de las muestras de Colombia, se puede percibir como la dureza va disminuyendo conforme se avanza al centro de la probeta, por consiguiente, se puede considerar que la tenacidad del material aumenta conforme se avanza al interior del material, lo que conlleva a que la pieza pueda absorber gran cantidad de esfuerzos de trabajo. No obstante, al observar las micro durezas de la muestra de Brasil, se aprecia como varía ésta a lo largo del material, presentando así una

inconsistencia en su dureza, aunque se distingue una tendencia a ir aumentando conforme se va acercando al núcleo del material; lo que puede provocar un material con una tenacidad mayor en su superficie y un núcleo menos tenaz y, considerando los continuos esfuerzos a los que se debe someter, este va a tender a fracturarse con mayor facilidad.

Condiciones de trabajo de las mazas

El proceso de producción en el Ingenio Hacienda Juan Viñas se desarrolla en varias etapas; no obstante, para el desarrollo de la siguiente investigación se centró en la etapa de molienda de la caña de azúcar, en la cual se enfocó en las mazas de los molinos, encargadas de la trituración de la caña (figura 14). Esta etapa es de gran importancia para el proceso por motivo de que de ella depende la cantidad de jugo extraído de caña y por consiguiente la cantidad de azúcar obtenida finalmente.

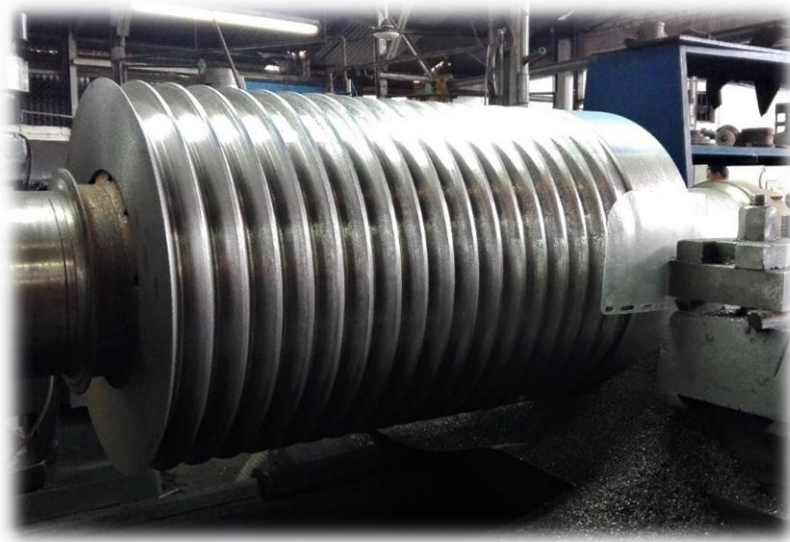


Figura 14. Maza maquinada con torno en Ingenio Hacienda Juan Viñas.

La etapa de molienda consta de una serie de cinco molinos, los cuales se encuentran constituidos por cuatro mazas cada uno; estos elementos se encuentran bajo varias condiciones de trabajo, como se muestra en la tabla 4:

Tabla 4. Condiciones de trabajo (presión de acople y velocidad de giro) de los molinos.

Molino	Presión en Acople (psi)	Velocidad de giro (rpm)
1	3400	5
2	3600	5
3	1900	6
4	2000	6
5	1900	6

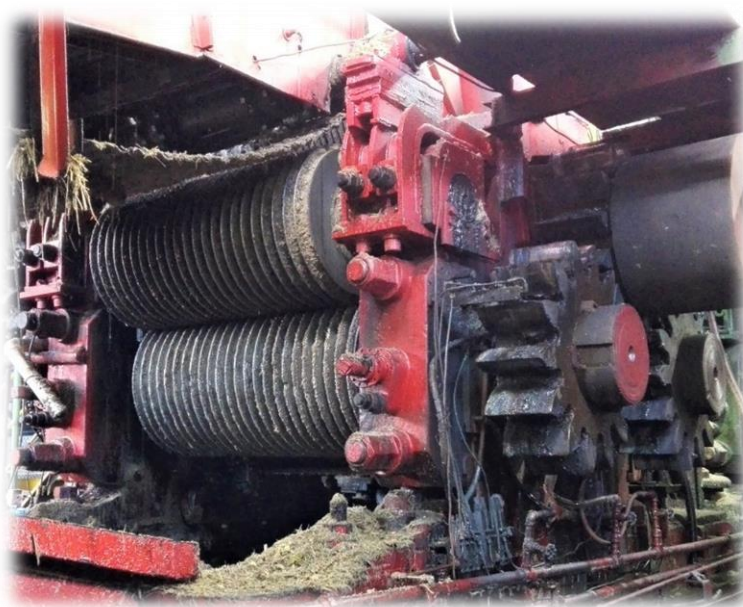


Figura 15. Molino 1, Ingenio Hacienda Juan Viñas.

En el presente período de zafra, estos molinos (figura 15) procesan en promedio 72 toneladas por hora de caña de azúcar sin pausa alguna; por consiguiente, las mazas empleadas sufren constantes esfuerzos de trabajo, se encuentran en un ambiente

corrosivo, en algunas ocasiones se hacen presentes cuerpos extraños (piedras, objetos metálicos) que provocan mayor deterioro de las mismas.

Materia prima y recubrimientos utilizados en la empresa

El tipo de material que ordena la empresa son cilindros de fundición gris (figura 16), no obstante, ninguno de los distribuidores presenta algún tipo de información o ficha técnica del producto que despachan.



Figura 16. Materia prima procedente de Fundiciones Universo, Colombia.

Las principales fracturas de las mazas ocurren en los dientes de las mismas como se observa en la figura 17. En esta imagen se perciben los grandes depósitos de soldadura de reparación que se le brindan a las piezas.



Figura 17. Reparaciones en los dientes de las mazas.

Al finalizar el periodo de zafra, las mazas no presentan recubrimiento alguno, como se muestra en la figura 18, esto por los constantes esfuerzos que sufren en la molienda de caña de azúcar.



Figura 18. Condición de las mazas de molienda al finalizar la zafra del 2016.

Selección de materia prima

Para realizar la selección del material para las mazas de molienda, es de gran importancia considerar el medio y las condiciones de trabajo a las que se encontrarán sometidas, es por ello que entre las características principales que debe de disponer el material son la buena tenacidad, muy buena maquinabilidad, excelente soldabilidad, buena resistencia a la tracción y buena dureza; todas estas condiciones en sus propiedad beneficiarán a que el material pueda ser recuperado ante la presencia de desgaste, absorberá gran parte de la energía recibida antes de presentar fracturas, su manufactura será mucho más factible para los operarios y mejorará su resistencia a la deformación plástica.

Considerando lo anteriormente mencionado, uno de los materiales más utilizados para realizar esta clase de trabajo son las fundiciones de hierro, estas son un tipo de material que puede ser sometido a las condiciones de trabajo del proceso de molienda. Estos presentan buena maquinabilidad, buena resistencia al desgaste, mucha resiliencia lo cual nos indica que es capaz de absorber trabajo; la gran diferencia es la dificultad para ser soldados y, por consiguiente, su difícil recuperación.

Las fundiciones más difundidas en la industria son las ASTM A48, las cuales se dividen en diversas clases dependiendo de la cantidad de carbono y tenacidad necesaria para la pieza desea. Para el caso de las mazas de molienda es recomendable utilizar fundiciones de la Clase 30 hasta la Clase 40, por ende, un material posible de implementar en las mazas de molienda es el ASTM A48 Clase 30 (ver apéndice A), este tipo de material es una fundición gris, posee una buena resistencia a la tracción y buena dureza, presenta una distribución del carbono de forma laminar lo que puede propagar a lo largo de la maza una posible fractura, además, por su contenido de silicio promueve una buena resistencia a la corrosión. Otra posible opción a utilizar es el ASTM A48 Clase 40 (ver apéndice A), es un hierro gris que brinda propiedades mecánicas superiores, buen acabado superficial y

buena capacidad de endurecimiento, pero presenta un núcleo menos tenaz que el de clase 30.

No obstante, también es factible la utilización de una fundición nodular del tipo ASTM A536. Un posible material es un ASTM A536 Clase 60-40-18 (ver apéndice A), este tipo de material posee una alta tenacidad y maquinabilidad, además de poseer una resistencia a tracción muy similar a la de los aceros al carbono; la forma esferoidal de los carbonos presentes favorece a que la fundición conserve una matriz con mayor continuidad. Otra posible fundición es la ASTM A536 Clase 65-45-12 (ver apéndice A), esta presenta una resistencia a la tracción y límite de fluencia similares a los aceros SAE 1030, presenta una buena maquinabilidad y buen acabado superficial.

Selección de electrodos de soldadura de reparación

Para el caso de las fundiciones, las soldaduras de reparación fueron más difícil de seleccionar por motivo del alto contenido de carbono que presentan estos materiales, sin embargo, lo más conveniente es la utilización de electrodos de núcleo metálico de aleación de níquel, esto por motivo de que evita la fisuración por la aparición de fases duras y frágiles, presenta alta elongación, además, de que soporta la dilatación y contracción, sin olvidar su maquinabilidad. Otro punto a considerar es su difícil soldabilidad, por consiguiente, es recomendable siempre pre calentar la pieza antes de realizar el proceso de soldadura.

Tanto para el hierro gris ASTM A48 Clase 30 y Clase 40, se recomienda utilizar un electrodo Tech Rod 99 (ver apéndice B), este contiene gran cantidad de níquel y produce un depósito blando y maleable, además de que necesita un aporte térmico más bajo lo que es favorable para la soldadura de relleno. En el caso del hierro nodular, ASTM A536 Clase 60-40-18 y Clase 65-45-12, es recomendable utilizar un electrodo Tech Rod 55 (ver apéndice B), este posee una cantidad menor de níquel en comparación con el Tech Rod 99; sin embargo, es particularmente aplicable a

este tipo de fundiciones, produce un depósito de hierro-níquel que puede ser mecanizado fácilmente.

Selección de recubrimientos duros

Los recubrimientos duros por lo general presentan grandes porcentajes de cromo y un contenido de carbono entre el 3% y 4%, lo que le brinda la característica de poseer una alta dureza que puede alcanzar hasta los 62 HRC y, por consiguiente, un difícil mecanizado. Por las condiciones de trabajo, es necesario que posea un acabado rugoso que permita el arrastre de la caña de azúcar por cada una de las mazas de molienda. La accesible soldabilidad de los aceros permite que estos recubrimientos se suelden de forma directa en ellos; sin embargo, en las fundiciones es necesario aplicar un recargue superficial antes de adicionar un recubrimiento. Estos recargues se pueden realizar con un electrodo AW 127 (ver apéndice B), es utilizado para depósitos de relleno, de unión o reparación de fundiciones, además de servir como anclaje para después colocar otro tipo de depósito; en casos muy difíciles de soldar se pueden usar en combinación los electrodos AW Ferronilox 60 o AW Nilox (ver apéndice B).

En la industria se encuentran gran cantidad de electrodos para recubrimientos duros o blindaje de las mazas cañeras; no obstante, pueden variar significativamente en su dureza y acabado final. En adición a las características que ya se han mencionado, los recubrimientos deben poseer una alta resistencia a la abrasión y la corrosión por el medio húmedo en el que se encuentran; es por ello por lo que se recomienda la utilización de electrodos como el AW Mazablin 99, AW Dur Weld 7180 y el AW 718S (ver apéndice B). Entre sus principales ventajas, es que se pueden aplicar en los dientes de las mazas, ya sea detenida o en movimiento, asimismo, puede ser depositado para el graneado o chapisco y al poseer una superficie rugosa, garantizan alargar el tiempo de vida del diámetro de las mazas.

Tanto para los electrodos de soldadura de reparación como para los recubrimientos duros, es necesario tener un control del proceso de soldadura que se utilizará, para el caso de los electrodos recomendados el proceso a utilizar es el SMAW. Para evitar problemas de soldabilidad y que los encargados de aplicar dichas soldaduras no cometan error y ejecuten las técnicas de soldeo con la mayor eficiencia posible, es necesario la utilización de hojas de especificaciones de procesos de soldadura (EPS) y un registro de calificación de procedimiento (RCP) (ver apéndice C), el primero es un documento que relaciona las variables a considerar en la realización de una soldadura específica, determina la ejecución de las pruebas de calificación del proceso y del procedimiento como del operario. El segundo, valida y respalda el EPS, además, contiene las variables reales utilizadas en la prueba y los resultados del ensayo realizado para propósitos de calificar las especificaciones del procedimiento de soldadura.

VI CONCLUSIONES

Durante las primeras semanas del análisis de trabajo de las mazas de molienda del Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A., a pesar de que dichas piezas funcionaban de forma aceptable, el proceso de soldadura y recubrimiento presentaba grandes inconvenientes tanto en la ejecución como la selección de los electrodos empleados.

Al poder caracterizar la materia prima que normalmente empleaba la empresa por medio de la espectrometría, se pudo deducir que la composición concordaba con fundición de hierro, sin embargo, mediante las metalografías se presentaron variaciones en la estructura del carbono presente, obteniendo material con una estructura nodular y otro con estructura laminar.

Las mazas de molienda de caña de azúcar realizan un arduo trabajo durante el período de zafra, se encuentran en un medio abrasión y con constantes esfuerzos, para lo cual la materia prima frecuentemente utilizada son las fundiciones de hierro que presentan una apta resistencia mecánica.

En la industria existen gran cantidad de electrodos ya sea para reparación, recargue o recubrimientos, que si son empleados adecuadamente pueden aumentar la vida de las mazas de molienda. Para el caso de las fundiciones, es muy importante considerar la utilización de electrodos con núcleo de níquel para realizar las reparaciones respectivas a las piezas. Para los recubrimientos duros es importante considerar la cantidad de carbono que posean ya que de ello depende la dureza que va a presentar los depósitos.

Finalmente, hay que tener siempre en cuenta la soldabilidad de los materiales, ya que de ella depende la adherencia de la soldadura o los recubrimientos, si presenta una difícil soldabilidad, se debe aplicar una recargue superficial antes de aplicar los electrodos.

VII RECOMENDACIONES

Es de suma importancia solicitar una ficha técnica a las empresas distribuidoras de materia prima que respalde el tipo de material, la composición y propiedades para de esa forma certificar que los procesos que se le aplicarán son los adecuados para cada material y que no se presenten los inconvenientes actuales.

En el proceso de molienda del Ingenio Hacienda Juan Viñas S.A., lo esperado es obtener un satisfactorio rendimiento de las mazas de molienda, para ello es necesario la mejor selección de materia prima para aprovechar toda la capacidad de las mazas de molienda, considerando la continua utilización de fundiciones de hierro para la elaboración de dichos elementos, esto por la gran implementación de este tipo de material en el sector azucarero.

Si se desea continuar utilizando como materia prima las fundiciones, sin importar si son nodulares o grises, es de suma importancia realizarle el recargue superficial a las mazas de molienda para que de esta forma no ocurra el problema de desprendimiento del recubrimiento duro y que las piezas pierdan vida útil.

Para la aplicación de soldaduras y recubrimiento, es fundamental seguir las técnicas de soldeo de cada uno de los electrodos, con su debido amperaje, tamaño de cordón y los pre o post precalentamientos, como lo indica la hoja de especificaciones de procesos de soldadura (EPS) y un registro de calificación de procedimiento (RCP).

VIII BIBLIOGRAFÍA

Kalpakjian, S., Schmid, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México, Pearson Educación.

Castro, G. (2009). *Fundiciones*. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.

Pazos, N. (2006). *Tecnología de Materiales y Procesos de Manufactura*. Recuperado de <https://books.google.co.cr/books?id=Sx3GrOhecS4C&pg=PA109&dq=tenacidad+de+los+metales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiV6u7V4tTSAhVpsVQKHUEcBvAQ6AEIMzAE#v=onepage&q&f=false>

Appold, H., Feiler, K., Reinhard, A., Schmidt, P. (2005). *Tecnología de los Metales*. Recuperado de <https://books.google.co.cr/books?id=e0h1WvbEpYC&pg=PA65&dq=tenacidad+de+los+metales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiV6u7V4tTSAhVpsVQKHUEcBvAQ6AEIRDAH#v=onepage&q&f=false>

William, D., Callister, Jr. (2007). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales 1*. Recuperado de https://books.google.co.cr/books?id=gnfPV1txXiUC&pg=PA141&dq=resistencia+a+la+tracci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Electrodos Infra. (2012). *Recubrimientos duros*. Recuperado de http://www.electrodosinfra.com.mx/tablaespeciales_revestimiento.html

Aroca, R., Peña, J. (2011). *Análisis de recubrimientos duros para molinos de caña de azúcar*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16369/1/An%C3%A1lisis%20de%20recubrimientos%20duros%20para%20molinos%20de%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar.pdf>

Olaya, J. (2013). *Análisis tribológico del desgaste y pérdida de agarre de un depósito de soldadura de recubrimiento duro en forma de lágrima sobre mazas de molinos de caña de azúcar*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7989/1/CB-0486323.pdf>

Hacienda Juan Viñas S.A. (2017). *Proceso productivo de azúcar de caña*.

Allied-Tek Engineering Co, Ltd. (2012). *Allied-Tek Cane Mill*. Recuperado de http://www.allied-tek.com/C_CaneMill_V5.1.pdf

Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Berlín, Alemania: Bartens.

Chen, J., Chou, C. (1993). *Cane Sugar Handbook*. Recuperado de https://books.google.co.cr/books?id=bDIwg2UZ8sYC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Kwenda, P. (2015). *A review of the sugar milling process in South Africa and how it influences the length of the milling season*. Recuperado de http://efwe.ukzn.ac.za/Libraries/ResearchSeminars/Jenkins_E.sflb.ashx

Oliverio, J., Davila, A., Faber, A., Soares, P. (s.f.). *Juice Extraction Systems: Mills and Diffusers-The Brazilian Experience*. Recuperado de http://www.codistil.com.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=163&Itemid=40&lang=pt

Camden, E. (s.f.). *Some notes on machinery maintenance in a cane sugar factory*. Recuperado de http://www.sasta.co.za/wp-content/uploads/Proceedings/1930s/1938_Smith_Some%20Notes%20On%20Machinery.pdf

APÉNDICES

Apéndice A

A continuación, se presenta la ficha técnica de los distintos materiales recomendados como materia prima para las mazas de molienda:

ASTM A48 Clase 30

► VERSA-BAR FC-200 - Hierro gris perlítico/ferrítico

► Descripción

VERSA-BAR FC-200 es un hierro gris cuya característica principal es su excelente maquinabilidad, esto aumenta la velocidad de corte y reduce el desgaste prematuro de las herramientas. Esta especificación es similar a la ASTM A48 Clase 30.

► Microestructura

La microestructura típica de VERSA-BAR FC-200 presenta grafito en forma laminar, forma VII, tipo A, tamaño 3 - 6 según la norma ASTM A247. La matriz es predominantemente perlítica con un 5% a 20% de ferrita. La periferia está compuesta de grafito tipo D, tamaño 6 - 8 y matriz esencialmente ferrítica con un 5% máximo de carburos dispersos. (Figuras 6 y 7).



Figura 6 – Microestructura típica en el núcleo (VERSA-BAR FC-200)

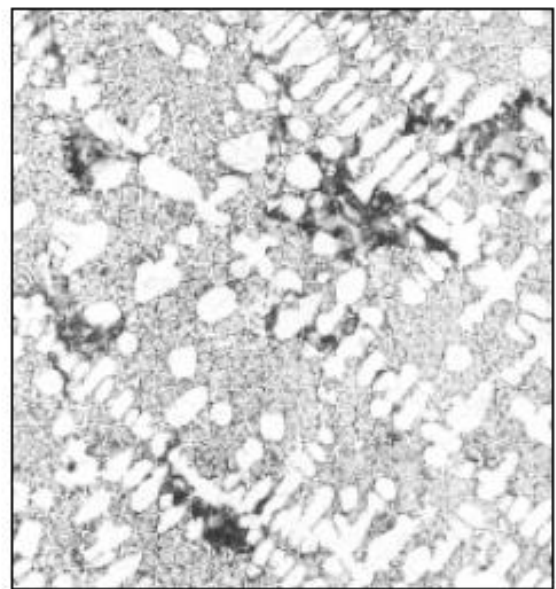


Figura 7 – Microestructura típica en la periferia (VERSA-BAR FC-200)

► Propiedades mecánicas

Los valores mínimos de dureza y límite de resistencia a la tracción de VERSA-BAR FC-200 se especifican en la Tabla 2 y se refieren a resultados encontrados en muestras de pruebas tomadas de la sección radial media de la barra.

Dimensión		Dureza	Fuerza de elasticidad (mín.)	
(pulgada)	(mm)	(BHN)	(Psi)	(MPa)
hasta - 1.000	hasta - 25.4	163 - 229	30,000	207
1.001 - 1.750	25.4 - 44.4	163 - 229	28,500	197
1.751 - 2.500	44.4 - 63.5	163 - 229	27,000	186
2.501 - 3.125	63.5 - 79.4	163 - 229	25,500	176
3.126 - 3.625	79.4 - 92.0	163 - 229	24,000	166
3.626 - 4.375	92.1 - 111.1	163 - 229	22,500	155
4.376 - 5.000	111.1 - 127.0	163 - 229	21,000	145
5.001 - 5.750	127.0 - 146.0	163 - 229	19,500	135
5.751 - 10.000	146.0 - 254.0	163 - 229	18,000	124

Tabla 2 – Dureza y Límite de resistencia a la tracción de VERSA-BAR FC-200

El límite de resistencia a la tracción varía según el espesor de la sección y el diámetro de la barra (Figura 8).

Cuanto más grande sea el diámetro de la barra, menor será su límite de resistencia a la tracción debido a las diferentes velocidades de solidificación y enfriamiento. El límite de resistencia a la tracción de una barra de 1 pulgada de diámetro corresponde a 30.000 psi (especificación mínima).

Elemento	%
C ¹	2.0 - 3.70
Si	2.30 - 2.70
Mn	0.40 - 0.80
S	0.20 máx.
P	0.10 máx.

Tabla 3 – Composición Química de VERSA-BAR FC-200

Nota 1: Los rangos del carbono son especificados a cada grupo de medidas para controlar el tipo y tamaño de las laminas de grafito. La variación dentro del mismo es de aproximadamente un 0,20%.

► Tratamiento térmico

VERSA-BAR FC-200 puede tratarse en aceite para aumentar la dureza en la periferia, aumentando así la resistencia al desgaste. Otro tratamiento térmico usual es el recocido, usado para reducir la dureza, y mejorar el mecanizado. Para tratamientos térmicos específicos, póngase en contacto con nuestro equipo de soporte técnico.

ASTM A48 Clase 40

▶ VERSA-BAR FC-300 – Hierro gris perlítico

▶ Descripción

VERSA-BAR FC-300 es un hierro gris con estructura totalmente perlítica que le brinda propiedades mecánicas superiores, buen acabado superficial y buena capacidad de endurecimiento. Otra característica importante que conviene señalar es su buena estanqueidad. Esto da buenos resultados en aplicaciones que trabajan a presión tales como componentes hidráulicos. Esta especificación es similar a la ASTM A48 Clase 40.

▶ Microestructura

La microestructura típica de VERSA-BAR FC-300 presenta grafito en forma laminar, forma VII, tipo A, tamaño 3 - 6 según la norma ASTM A247. La matriz es predominantemente perlítica, con un 10% máximo de ferrita. La periferia presenta grafito tipo D, tamaño 6 - 8 en matriz ferrítica/perlítica con aproximadamente un 5% de carburos dispersos. (Figuras 11 y 12).

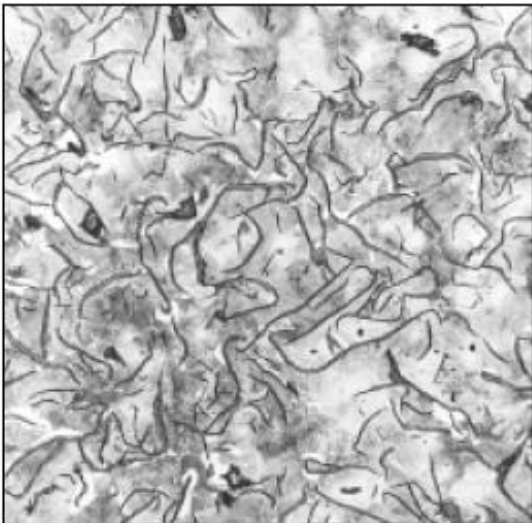


Figura 11 – Microestructura típica en el núcleo (VERSA-BAR FC-300)

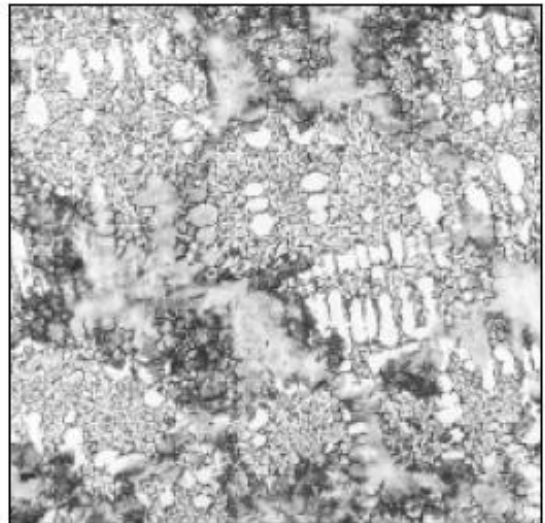


Figura 12 – Microestructura típica en la periferia (VERSA-BAR FC-300)

► Propiedades Mecánicas

Los valores mínimos de dureza y límite de resistencia a la tracción de VERSA-BAR FC-300 son especificados en la Tabla 4 y se refieren a resultados encontrados en muestras de pruebas tomadas de la sección radial media de la barra.

Dimensión		Dureza	UTS (min.)	
(pulgada)	(mm)	(BHN)	(Psi)	(MPa)
hasta - 1.000	hasta - 25.4	197 - 285	40,000	276
1.001 - 2.000	25.4 - 50.8	197 - 269	37,000	255
2.001 - 3.125	50.8 - 79.4	197 - 269	35,500	245
3.126 - 4.125	79.4 - 104.7	197 - 269	34,000	235
4.126 - 6.250	104.8 - 158.7	197 - 269	30,000	207
6.251 - 10.250	158.7 - 260.3	179 - 255	27,000	186
10.251 - 13.500	260.3 - 345.0	179 - 255	25,500	176
13.501 - 21.000	342.9 - 533.4	179 - 255	24,000	166

Tabla 4 – Dureza y Límite de resistencia a la tracción de VERSA-BAR FC-200

El límite de resistencia a la tracción varía según el espesor de la sección y el diámetro de la barra (Figura 13).

Cuanto más grande sea el diámetro de la barra, menor será su límite de resistencia a la tracción debido a las diferentes velocidades de solidificación y enfriamiento. La resistencia a la tracción de una barra de 1 pulgada de diámetro corresponde a 40.000 psi (especificación mínima).

► Composición química

La composición química general para VERSA-BAR FC-300, se muestra en la Tabla 5, las propiedades mecánicas dependen de la composición química. El análisis químico se refiere a muestras tomadas del horno de fusión y podrán variar ligeramente cuando son comparadas con la composición química de la pieza.

Elemento	%
C ¹	2.80 - 3.70
Si	2.30 - 2.70
Mn	0.40 - 0.80
S	0.20 máx.
P	0.10 máx.

Nota 1: Los rangos del Carbono son especificados a cada grupo de medidas para controlar el tipo y tamaño de las láminas de grafito. La variación dentro del mismo es de aproximadamente un 0,20%.

► Tratamiento térmico

Se usa VERSA-BAR FC-300 cuando la dureza es un factor crítico para el componente, permitiendo utilizar el tratamiento térmico para aumentar la resistencia mecánica, la dureza y la resistencia al desgaste. Los tratamientos térmicos más usuales son: Inducción y endurecimiento por llama templando en aceite.

Nuestro equipo técnico está a su disposición para ofrecerle más información técnica sobre el tratamiento térmico para dimensiones específicas.

ASTM A536 Clase 60-40-18

► Hierro nodular ferrítico - VERSA-BAR FE-40015

► Descripción

VERSA-BAR FE-40015 (clase 60-40-18) es un hierro nodular con grafito tipo I y II, en una matriz completamente ferrítica obtenida por tratamiento térmico. Además de su excelente maquinabilidad, la matriz ferrítica proporciona alta tenacidad y alta permeabilidad magnética.

Este material presenta en condición bruta de fusión, límite de resistencia a la tracción y alargamiento, similares al acero SAE 1020 laminado en caliente.

Esta especificación es similar a la clase 60-40-18 según norma ASTM A536

► Microestructura

La microestructura típica de VERSA-BAR FE-40015 (clase 60-40-18) está constituido por grafito esferoidal, forma I y II, tamaño 5 - 8, como lo indica la norma ASTM A247. La matriz es totalmente ferrítica. (Figuras 20 y 21).

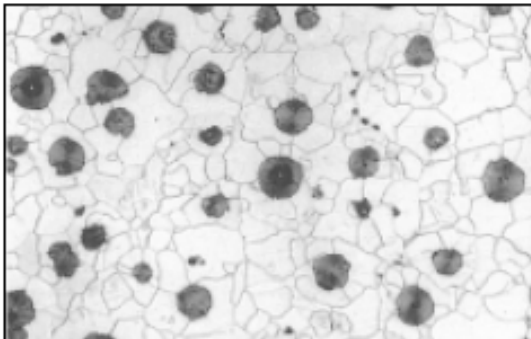


Figura 20 – Microestructura típica en el núcleo (VERSA-BAR FE-40015)

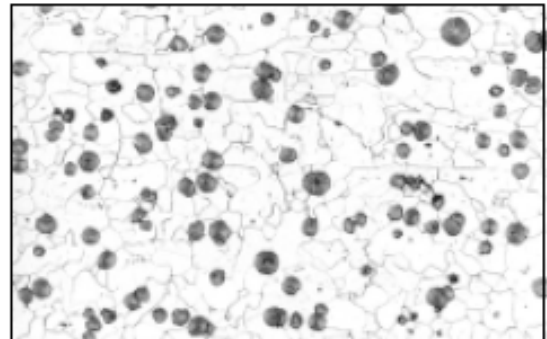


Figura 21 – Microestructura típica en la periferia (VERSA-BAR FE-40015)

► Composición química

La composición química general para VERSA-BAR FE-40015 (Clase 60-40-18) se muestra en la Tabla 8, las propiedades mecánicas dependen de la composición química. El análisis químico se refiere a muestras tomadas del horno de fusión y podrán variar ligeramente cuando son comparadas con la composición química de la pieza.

Elemento	%
C ¹	3.30 - 4.00
Si	2.40 - 3.10
Mn	0.20 máx.
S	0.020 máx.
P	0.10 máx.
Mg ²	0.03 - 0.05

Tabla 8 – Composición Química de VERSA-BAR FE-40015

Nota 1: Los rangos de carbono son especificados para cada grupo de medidas y la variación dentro de la misma es de aproximadamente un 0,20%.

Nota 2: Se adiciona Mg para promover la obtención del grafito esferoidal.

► Propiedades mecánicas

Los valores mínimos de dureza, límite de resistencia a la tracción, límite de fluencia y alargamiento de VERSA-BAR FE-40015 (clase 60-40- 18) se muestran en la Tabla 7.

Dimensiones		Dureza
(pulgadas)	(mm)	(BHN)
1,000 – 21,000	25,4 – 533,4	131- 207

Límite de resistencia a la tracción = 60.000 psi (414 MPa) min.
Límite de fluencia = 40.000 psi (276 MPa) min.
Alargamiento = 18 (%) min.

Tabla 7 – Propiedades mecánicas de VERSA-BAR FE-40015

ASTM A536 Clase 65-45-12

▶ VERSA-BAR FE-45012 – Hierro nodular ferrítico/perlítico

▶ Descripción

VERSA-BAR FE-45012 (clase 65-45-12) es un hierro nodular con grafito tipo I y II, en una matriz ferrítica/perlítica obtenida bruta de fundición o por tratamiento térmico. Este material posee límite de resistencia a la tracción y límite de fluencia similares a los aceros SAE 1030 laminados en caliente. Sus principales características son la buena maquinabilidad, buen acabado superficial y resistencia a la estanqueidad.

Esta especificación es similar a la ASTM A536 clase 65-45-12.

▶ Microestructura

La microestructura típica de VERSA-BAR FE-45012 (clase 65-45-12) está compuesta de grafito esferoidal, formas I y II, tamaño 5 - 8. La matriz es esencialmente ferrítica con aproximadamente un 25% de perlita y un máximo de 5% de carburos dispersos. (Figuras 26 y 27).

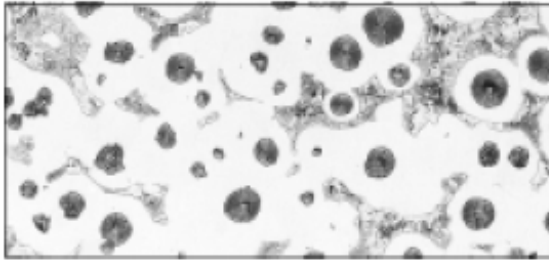


Figura 26 – Microestructura típica en el núcleo (VERSA-BAR FE-45012)

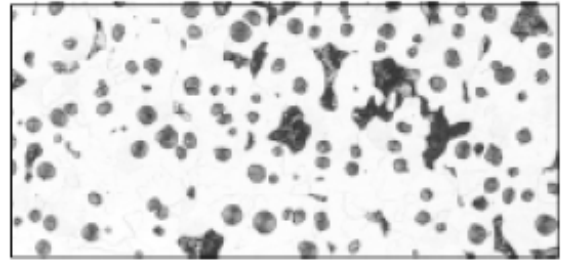


Figura 27 – Microestructura típica en la periferia (VERSA-BAR FE-45012)

▶ Propiedades Mecánicas

Los valores típicos de dureza, límite de resistencia a la tracción, límite de fluencia y alargamiento de VERSA-BAR FE-45012 (clase 65-45-12) se especifican en la Tabla 9.

Dimensiones		Dureza
(pulgada)	(mm)	(BHN)
11.000 – 2.000	25.4 – 50.8	143 – 217
2.001 – 21.000	50.8 – 533.4	143 – 207

Límite de resistencia a la tracción = 65.000 psi (450 MPa) min.
Límite de fluencia = 45.000 psi (310 MPa) min.
Alargamiento = 12% min.

Tabla 9 – Propiedades mecánicas de VERSA-BAR FE-45012

► Composición química

La composición química general para VERSA-BAR FE-45012 (clase 65-45-12) se muestra en la Tabla 10, las propiedades mecánicas dependen de la composición química. El análisis químico se refiere a muestras tomadas del horno de fusión y podrán variar ligeramente cuando son comparadas con la composición química de la pieza.

Elemento	%
C ¹	3.30 - 4.00
Si	2.40 - 3.10
Mn	0.20 máx.
S	0.020 máx.
P	0.10 máx.
Mg ²	0.03 - 0.05

Tabla 10 – Composición Química de VERSA-BAR FE-45012

Nota 1: Los rangos de carbono son especificados para cada grupo de medidas y la variación dentro de la misma es de aproximadamente un 0,20%.

Nota 2: Se adiciona Mg para promover la obtención del grafito esferoidal.

► Tratamiento térmico

VERSA-BAR FE-45012 (clase 65-45-12) puede templarse en aceite para alcanzar una dureza de aproximadamente 45 HRC.

Este material no es recomendable para hacer endurecimiento superficial tales como llama y tratamiento térmico por inducción. Cuando se requiere una dureza superficial alta, se recomienda un tratamiento térmico de nitruración.

Apéndice B

A continuación, se presenta la ficha técnica de los electrodos para soldadura, reparación, recargue superficial y recubrimientos duros recomendados:

Grinox 29

ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)

Grinox® 29
Inoxidable • AWS E312-16

Características Principales

► El Grinox® 29 presenta características notables de sus depósitos de soldadura: alta resistencia a la corrosión, a la escamación hasta temperaturas de 1100 °C, al agrietamiento y a la fluencia térmica (creep) hasta 850 °C.

Conformancia

AWS A5.4

E312-16

Posiciones de Soldadura

Todas, excepto vertical descendente

Aplicaciones Típicas

► Soldadura de aceros al carbono, de baja, media y alta aleación con o sin tratamiento térmico, aceros de composición desconocida, aceros para herramientas de alta sensibilidad al agrietamiento. Recomendable como recargue y unión de materiales sujetos a impacto, fricción, corrosión. Uniones disímiles entre aceros al carbono e inoxidables, puede usarse como capa de transición para depósito de aleaciones contra abrasión. Las aplicaciones más frecuentes están en la reparación de dientes de engranajes, tornillos sinfin, arrancadores de bombas, asientos de válvulas, balistas, herramientas como mandriles para trabajo en caliente, estampas, broques y rodillos.

DIÁMETROS / EMPAQUE

Diámetro in (mm)	Longitud in (mm)	Cápsula 10 lb (4.54 kg) Caja Master 30 lb (13.62 kg)
3/32 (2.4)	12 (305)	55735
1/8 (3.2)	14 (350)	55736

PROPIEDADES MECÁNICAS⁽¹⁾. De acuerdo con AWS A5.4/A5.4M: 2006

	Resistencia a la Cedencia ⁽¹⁾ MPa (ksi)	Resistencia a la Tensión MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-Notch J (ft*lb) @ °C (°F)
Requerimiento AWS E312-16	No especificado	655 (95) mín.	22 mín.	No especificado
Resultados Típicos ⁽²⁾ . Tal como se soldó, Diámetro del Electrodo 1/8" (3.2 mm)	No Especificado	938 (136)	25	No especificado

COMPOSICIÓN QUÍMICA⁽¹⁾. De acuerdo con AWS A5.4/A5.4M: 2006

	%C	%Mn	%Si	%P	%S
Requerimiento AWS E312-16	0.15 máx.	0.50 – 2.5	0.90 máx.	0.04 máx.	0.03 máx.
Resultados Típicos ⁽²⁾ .	0.109	0.571	0.795	0.021	0.022
	%Ni	%Cr	%Mo	%Cu	
Requerimiento AWS E312-16	8.00 – 10.5	28.0 – 32.0	0.75 máx.	0.75 máx.	
Resultados Típicos ⁽²⁾ .	8.845	29.548	0.029	0.089	

PROCEDIMIENTOS TÍPICOS DE OPERACIÓN

Polaridad ⁽³⁾	3/32 in (2.4 mm)	Corriente (Amps) 1/8 in (3.2 mm)		
A.C.	70 – 85	85 – 110		

Tech Rod 99

TECH-ROD® 99

Níquel - AWS EN-CI

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Las soldaduras que se producen son generalmente más moldeables que el depósito Tech-Rod® 99.
- Se requiere una temperatura de precalentado y de interpasso no menor a 350°F durante la soldadura para evitar fisuración.
- Q2 Lot® - el certificado muestra la actual composición de depósito disponible en línea.

APLICACIONES TÍPICAS

- Reparación de fundiciones
- Soldaduras de hierros fundidos
- Unión de hierro fundido en aceros dulces

CUMPLIMIENTOS

AWS A5.15/A5.15M: R2006

EN-CI

UNS

W 82001

DIÁMETROS / EMPAQUE

Diámetro		Longitud pulg. (mm)	Lata abre-Fácil 8 lb (3.6 kg) Caja Master 24 lb (10.9 kg)	Lata abre-Fácil 10 lb (4.5 kg) Caja Master 30 lb (13.6 kg)	 Skin Pak 1 lb (0.45 kg) Caja Master 20 lb (9kg.)
pulg. (mm)					
3/32	(2.4)	12 (305)	EL99093632		
1/8	(3.2)	14 (355)		EL99125634 EL99156634 EL99161634	50751
5/32	(4.0)	14 (355)			
3/16	(4.76)	14 (355)			

COMPOSICIÓN DE DEPÓSITO®. COMO SE REQUIERE DE ACUERDO CON LA AWS A5.15/A5.15M: R2006

	%C	%Mn	%Si	%S	%Pb
Requerimientos AWS EN-CI	2.0 máx.	2.5 máx.	4.0 máx.	0.03 máx.	8.0 máx.
Desempeño normal® Tech-Rod® 99	1.5	0.6	0.2	0.002	3.0
	%Ni	%Cu	%Al	%Otro	
Requerimientos AWS EN-CI	85.0 mín.	2.5 máx.	1.0 máx.	1.0 máx.	
Desempeño normal® Tech-Rod® 99	94.0	0.1	0.1	-	

PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES TÍPICOS

Diámetro pulg. (mm)	Longitud pulg. (mm)	Corriente (Amps)	
		Plano	Vertical y sobrecabeza
3/32 (2.4)	12 (305)	70-85	65-75
1/8 (3.2)	14 (355)	85-110	80-90
5/32 (4.0)	14 (355)	110-140	110-120

Tech Rod 55

ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)

Tech-Rod[®] 55

Níquel • AWS ENiFe-CI

Características principales

- ▶ Se utiliza para soldar hierros fundidos en otros hierros fundidos y para unir los mismos en aceros dulces
- ▶ Se utiliza para reparar fundiciones
- ▶ Las soldaduras son moderadamente duras y requieren herramientas con punta de carburo para el moldeado
- ▶ Se requiere una temperatura de precalentado y de interpaso no menor a 350 °F durante la soldadura para evitar fisuración

Cumplimientos

AWS A5.15/A5.15M: 1990	ENiFe-CI
UNS	W82002
ASME	QSC-395

DIÁMETROS/EMPAQUE

Diámetro In (mm)	Largo In (mm)	8 lb (3.6 kg) Lata Mylar 24 lb (10.9 kg) Caja Master	10 lb (4.5 kg) Lata Mylar 30 lb (13.6 kg) Caja Master
3/32 (2.4)	12 (305)	EL55093832	EL55125834 EL55158834
1/8 (3.2)	14 (355)		
5/32 (4.0)	14 (355)		

COMPOSICIÓN DE DEPÓSITO⁽¹⁾ : como se requiere de acuerdo con AWS A5.15/A5.15M: 1990

	% C	% Mn	% Si	% S	% Fe
Requerimientos AWS ENiFe-CI	2.0 máx.	2.5 máx.	4.0 máx.	0.03 máx.	Excedente
Desempeño normal ⁽²⁾ Tech-Rod [®] 55	0.7	0.7	0.1	0.003	—
	% Ni	% Cu	% Al	% Otro	
Requerimientos AWS ENiFe-CI	45.0 - 60.0	2.5 máx.	1.0 máx.	1.0 máx.	
Desempeño normal ⁽²⁾ Tech-Rod [®] 55	54.4	0.3	0.01	—	

PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES TÍPICOS

Diámetro In (mm)	Longitud In (mm)	Amperaje	
		Plano	Vertical y sobrecabeza
3/32 (2.4)	12 (305)	70-85	65-75
1/8 (3.2)	14 (355)	85-110	80-90
5/32 (4.0)	14 (355)	110-140	110-120

AW 127

AW 127

Identificación punto:
VIOLETA

NORMA:

ASME SFA-5.15 E St
AWS A 5.15 E St

DESCRIPCIÓN

Electrodo de acero revestido para soldadura de hierros colados o fundiciones (St = Steel), diseñado para soldar en toda posición, trabaja con CDPI (electrodo al positivo). Depósitos no maquinables.

APLICACIONES

Para depósitos de relleno o de unión en hierro colado donde no sea necesario el maquinado posterior, para usarse en reparación de lingoteras y piezas pesadas donde se busque igualar el color del hierro colado, los depósitos y uniones de este electrodo se pueden esmaltar, para sellar fundición gris cuando esté impregnada de aceite o cualquier otro líquido contaminante, útil también para recuperar piezas de fundición.

VENTAJAS

Las uniones hechas con este electrodo sirven como anclaje y buena apariencia, para después colocar algún otro tipo de depósito maquinable como AW Nilox y AW Ferronilox 60; la escoria se desprende con mucha facilidad. Esta aleación es usada frecuentemente en fundiciones viejas, requemadas o extremadamente sucias y contaminadas, sella perfectamente las paredes de los biselés realizados, permitiendo uniones libres de poros por vaporización de grasa, aceites o cualquier otro material contaminante que tenga la pieza por soldar; se recomienda limpiar lo más perfectamente posible las zonas de unión.

COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN AWS

	% Máximo		% Máximo
Carbono	0,15	Manganeso	0,60
Silicio	0,15	Azufre	0,04
Fósforo	0,04	Hierro	Remanente

TÉCNICA DE SOLDEO

Elimine la presencia de óxidos, grasa y otros contaminantes del área para soldar, use polaridad invertida (positivo al portaelectrodo), reduciendo al mínimo el amperaje, deposite cordones cortos y rectos (una pulgada máxima de largo) evitando oscilar el electrodo, use la técnica de cordones alternados para evitar sobrecalentamiento, martille los depósitos mientras están calientes. La pieza debe enfriarse lentamente cubierta en cal ó arena refractaria seca. Depósito no maquinable.

AW Ferrnilox 60

AW FERRONILOX 60

Identificación punto:
BLANCO

NORMA:

ASMESFA-5.15 E NiFe-CI
AWS A 5.15 E NiFe-CI

DESCRIPCIÓN

Electrodo de níquel-hierro para soldadura de hierros colados o fundiciones (Ni = Níquel, Fe = Hierro, CI = Cast Iron) diseñado para soldar en toda posición, trabaja con CDPI (electrodo al positivo).

APLICACIONES

Electrodo para reparación de piezas de hierro colado gris y maleable como: bases de maquinaria, motores, cuerpos o impulsores de bombas, cajas de engranes, coronas, levas, formación de dientes gastados en engranes, mazas cañeras, válvulas, carcazas, etc. Depósitos maquinables.

VENTAJAS

Esta es una aleación de níquel y hierro de alta resistencia y gran facilidad para depositarse aún en piezas muy impregnadas de aceite o grasa con muy bajo amperaje, los depósitos de éste electrodo son totalmente maquinables, no deja puntos duros y se pueden usar en forma combinada con AW NILOX y AW 127 en casos difíciles. Da buenos resultados como recubrimiento ante el desgaste por fricción por su alto grado de pulido.

COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN AWS

	% Máximo		% Máximo
Carbono	2,0	Níquel	45,0 - 60,0
Manganeso	2,5	Silicio	4,0
Azufre	0,03	Cobre	2,5
Aluminio	1,0	Hierro	Remanente
Otros elementos			1,0

TÉCNICA DE SOLDEO

Bisele con electrodo (CUT – WELD) o esmeril para evitar ángulo y rellenar mejor, limpie cuidadosamente el área por unir o revestir, conecte la máquina en polaridad invertida (positivo al portaelectrodo) y deposite cordones cortos y rectos, martille rápidamente cada depósito mientras está caliente, use la técnica de cordones alternados para no recalentar la zona. Cuando termine de soldar cubra la pieza con cal o arena refractaria seca para lograr un enfriamiento lo más lento posible, evite corrientes de aire durante la aplicación de la soldadura.

AE Nilox

AW NILOX

Identificación punto:
AZUL CLARO

NORMA:

ASME SFA-5.15 E Ni-CI
AWS A 5.15 E Ni-CI

DESCRIPCIÓN

Electrodo de níquel para soldadura de hierros colados o fundiciones (Ni = Níquel, CI = Cast Iron) diseñado para soldar en toda posición, trabaja con corriente directa polaridad directa (electrodo al negativo) o bien, con corriente alterna.

APLICACIONES

Para aplicarse en reparación de piezas y maquinaria de hierro colado gris, maleable o esteroide. Este producto es extensamente usado en el mercado para reconstruir piezas como: monoblocks, cabezas, bases de maquinaria pesada, cajas de engranes, carcazas de motores eléctricos y en general piezas caras y delicadas donde se requiera un margen de seguridad alto en el éxito de una reparación.

VENTAJAS

Aleación 100% maquinable para soldar en frío hierro colado sin poros o grietas, éste electrodo utiliza un mínimo amperaje de trabajo dejando depósitos lisos libres de poros y con buena apariencia, puede trabajar en todas las posiciones sin chisporroteo o salpicaduras. Su gran elongación permite absorber fácilmente todas las tensiones residuales que quedan en el interior de las piezas soldadas. El arco produce pulsos periódicos que incrementan la energía del mismo, logrando mayor depósito que otros electrodos y mejor "liga" con extensión favorable del depósito.

COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN AWS

	% Máximo		% Máximo
Carbono	2,0	Níquel	85,0 mínimo
Manganeso	2,5	Silicio	4,0
Azufre	0,03	Cobre	2,5
Aluminio	1,0	Hierro	8,0
Otros elementos			1,0

TÉCNICA DE SOLDEO

Gran parte del éxito de la soldadura de hierro colado radica en el porcentaje de limpieza que se le puede dar a una pieza, es recomendable, por lo tanto, tener especial cuidado en la eliminación de grasa, polvo, óxido, aceite y otros agentes extraños al metal base, que en el momento de la aplicación del arco (calor), se gasifican provocando la aparición de poros, cráteres y micro grietas que afectarán posteriormente las cualidades de la soldadura; por esto mismo, trate siempre que sea posible empezar a soldar sólo después de haberse asegurado una limpieza satisfactoria. Bisele las partes por soldar en "V" procurando redondear los ángulos después de remover la escoria, grasa, óxidos, etc., use polaridad directa (polo negativo al portaelectrodo) depositando cordones cortos y rectos. En las caras del bisel, martille los depósitos mientras están calientes rápidamente y no muy fuerte, quite la escoria entre pasos, procure alternar los cordones para evitar sobrecalentamiento en el área; después de terminado el trabajo, cubra la pieza con cal o arena refractaria seca para evitar enfriamientos bruscos.

MEDIDAS DISPONIBLES

milímetros	pulgadas	Amperes
2,4 x 305	3/32 x 12	70 - 90
3,2 x 356	1/8 x 14	85 - 105
4,0 x 356	5/32 x 14	110 - 140

EMPAQUE

Bote plástico c/5 kg en bolsa termosellada.



AW Mazablin 99

AW MAZABLIN 99

Identificación punto:

NATURAL

DESCRIPCIÓN

Electrodo para blindaje de maza de molienda en la industria azucarera, contiene elementos que forman un depósito de alta resistencia a la abrasión y corrosión en medios húmedos. Utilizable con CDPI (electrodo al positivo), o bien, con corriente alterna.

APLICACIONES

Depósito utilizado en los laterales de los dientes de la maza cañera, ya sea detenida y/o en movimiento (4-6 r.p.m.); su acabado es rugoso, el cual permite un mejor desplazamiento de caña y mayor extracción de jugo.

VENTAJAS

Mazablin 99 tiene una inmejorable adherencia en los dientes de la maza aún en medios húmedos, proporcionando una superficie rugosa, la cual permite obtener un mejor arrastre de caña logrando una mayor extracción de jugo, garantizando alargar el tiempo de vida del diámetro de la maza durante más tiempo durante el trabajo efectuado. La transferencia del metal es suave en forma de finísimas gotas de rocío. No requiere limpieza extrema.

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL METAL DEPOSITADO

Diámetro del electrodo 4,0 mm (5/32")

Dureza 53,5 HRC

COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DEPOSITADO

	%		%
Carbono	4,24	Manganeso	1,56
Cromo	23,21	Azufre	0,01
Silicio	2,11		

TÉCNICA DE SOLDEO

Aunque no se requiere una limpieza extrema en la pieza por recubrir, es conveniente retirar grasa, óxidos o cualquier otro contaminante con la finalidad de ayudar a obtener una mejor adherencia del depósito, encender por el método de contacto o de rayado y mantener un ángulo aproximado de 20 a 30° respecto a la superficie del diente de la maza. También se puede aplicar por medio de punteo (graneado). No requiere acabado posterior.

AW Dur Weld 7180

AW DUR WELD 7180

DESCRIPCIÓN

Electrodo para blindaje de maza de molienda en la industria azucarera, contiene elementos que forman un depósito de alta resistencia a la abrasión y corrosión en medios húmedos en forma de glóbulos pequeños, empleado para el graneado o chapisco con magnífica adherencia y dureza. Use corriente directa electrodo positivo (CDPI).

APLICACIONES

Depósito utilizado en los laterales de los dientes de la maza cañera, ya sea detenida y/o en movimiento (4 – 7 r.p.m.); su acabado es rugoso, el cual permite un mejor arrastre de caña y mayor productividad.

VENTAJAS

Fácil encendido y reencendido con buena adherencia en los laterales de los dientes de la maza aún en medios húmedos, proporcionando una superficie rugosa, la cual permite obtener mayor tiempo de vida del diámetro de la maza durante más tiempo durante el trabajo efectuado. El tamaño de sus glóbulos permite trabajar sin necesidad de abrir en exceso los peines.

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL METAL DEPOSITADO

Dureza 50,4 HRC

COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DEPOSITADO

Carbono	4,00 %
Manganeso	2,00 %
Cromo	25,00 %
Azufre	0,01 %
Silicio	1,80 %

TÉCNICA DE SOLDEO

Aunque no se requiere una limpieza extrema en la pieza por recubrir, es conveniente retirar grasa, óxidos o cualquier otro contaminante con la finalidad de ayudar a obtener una mejor adherencia del depósito, encender por el método de contacto o de rayado y mantener perpendicular el electrodo con respecto al lateral del diente de la maza. También se puede aplicar por medio de punteo (graneado). No requiere acabado posterior.

AW 718S

AW 718 S

DESCRIPCIÓN

Electrodo para blindaje de maza de molinera en la industria azucarera, contiene elementos que forman un depósito de alta resistencia a la abrasión y corrosión en medios húmedos en forma de glóbulos pequeños. Utilizable con CDFI (electrodo al positivo).

APLICACIONES

Depósito utilizado en los laterales de los dientes de la maza cañera, ya sea detenida y/o en movimiento (4 – 7 r.p.m.); su acabado es rugoso, el cual permite un mejor arrastre de caña y mayor productividad.

VENTAJAS

Fácil encendido y reencendido, con buena adherencia en los laterales de los dientes de la maza aún en medios húmedos, proporcionando una superficie rugosa, la cual permite obtener mayor tiempo de vida del diámetro de la maza durante más tiempo durante el trabajo efectuado. El tamaño de sus glóbulos permite trabajar sin necesidad de abrir en exceso los peines.

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL METAL DEPOSITADO

Dureza al depósito

58-62 HRC

COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DEPOSITADO

	%
Carbono	4
Cromo	25
Silicio	1,8
Manganeso	2,0

TÉCNICA DE SOLDEO

Aunque no se requiere una limpieza extrema en la pieza por recubrir, es conveniente retirar grasa, óxidos o cualquier otro contaminante con la finalidad de ayudar a obtener una mejor adherencia del depósito, encender por el método de contacto o de rayado y mantener perpendicular el electrodo con respecto al lateral del diente de la maza. También se puede aplicar por medio de punteo (graneado). No requiere acabado posterior.

MEDIDAS DISPONIBLES

milímetros	pulgadas	Amperes
3,2 x 356	1/8 x 14	140 - 190
4,0 x 356	5/32 x 14	190 - 240
4,8 x 356	3/16 x 14	230 - 280

EMPAQUE

Caja de 20 kg con 4 bolsas plásticas de 5 kg c/u.



Apéndice C

ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS) SI []
 PRECALIFICADA _____ CALIFICADA POR ENSAYO _____
 REGISTRO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO (RCP) SI []

Empresa _____ Procedimiento No. _____
 No. de RCP que soporta _____ Revisión _____ Fecha _____ Por _____
 Proceso(s) de soldadura _____ Tipo: Manual [] Semiaut. [] Mecaniz. [] Autom. []

DISÑO DE UNION EMPLEADA

Tipo: _____
 Costura unilateral [] bilateral []
 Respaldo: Si [] No []
 Material del respaldo _____
 Abertura de raíz _____ Altura del talón _____
 Angulo de ranura _____ Radio (J - U) _____
 Resanado: Si [] No [] Método _____

METALES BASE

Especificación del material _____
 Tipo o grado _____
 Espesor: Ranura _____ Filete _____
 Diámetro (tubo) _____

METALES DE APORTE

Especificación AWS _____
 Clasificación AWS _____

PROTECCION

Fundente _____ Gas _____
 Composición _____
 Electrodo-Fundente(Clas.) Flujo _____
 Diám. de tobera de gas _____

PRECALENTAMIENTO

Temp. de Pre calentamiento, Min. _____
 Temp. entre pasadas: Mín. _____ Máx. _____

POSICION

Posición para cost. de Ranura _____ Filete _____
 Progresión: Ascendente [] Descendente []

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Modo de transferencia (GMAW):
 Cortocircuito [] Globular [] Gota Fina []
 Corriente: CA [] CDEP [] CDEN [] Pulsada []
 Otra _____
 Electrodo de tungsteno (GTAW):
 Tipo: _____ Diámetro _____

TECNICA

Cordón estrecho u oscilado _____
 Pasada(s) simple o múltiple (por lado) _____
 Número de electrodos _____
 Espacio entre electrodos: Longitudinal _____
 Lateral _____
 Angulo _____
 Distancia pieza - boquilla de contacto _____
 Martillado _____
 Limpieza entre pasadas _____

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR

Temperatura _____
 Tiempo _____

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

No. de Pasada	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Veloc. de Sold. (m/h)	Detalles de la unión
		Clasif.	Diám. (mm)	Tipo y Polarid.	Intensid. o Veloc. de Alm.			

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)

PROCEDURE SPECIFICATION

Material specification _____
 Welding process _____
 Manual, semiautomatic, automatic: _____
 Position of welding _____

Filler metal specification _____
 Filler metal classification _____
 Weld metal analysis _____
 Shielding gas _____
 Flow rate _____
 Single or multiple pass _____
 Single or multiple arc _____
 Welding current _____
 Welding progression _____
 Preheat temperature _____
 Welder's ID _____
 Welder's name _____

GROOVE WELD TEST RESULTS

Tensile Strength, psi

1. _____
 2. _____

Guided-Bend Tests (2 root-, 2 face-, or 4 side-bends)

Root	Face	Side
1. _____	1. _____	1. _____
2. _____	2. _____	2. _____
		3. _____
		4. _____

Radiographic-Ultrasonic Examination

RT Report No: _____
 UT Report No: _____

VISUAL INSPECTION RESULTS

Appearance _____
 Undercut _____
 Piping porosity _____

FILLET WELD TEST RESULTS

Minimum size multiple pass Macroetch	Maximum size single pass Macroetch
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____

ALL-WELD-METAL TENSION TEST RESULTS

Tensile strength, psi _____
 Yield point/strength, psi _____
 Elongation in 2 in, % _____
 Laboratory Test No: _____

Test Date _____
 Witnessed by _____

WELDING PROCEDURE

Pass No.	Electrode Size	Welding Current		Speed of Travel	Joint Detail
		Amperes	Volts		

We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct.

Procedure No. _____
 Revision No. _____

Manufacturer or Contractor _____
 Authorized by _____
 Date _____

Cronograma

Meses		Febrero		Marzo					Abril				Mayo					Junio			
Actividad		III	IV	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV
OE 1	1. Tomar muestras de la materia prima utilizada para las masas.		X	X																	
	2. Realizar metalografías y pruebas de dureza para observar la composición estructural del material.							X	X												
	3. Mediante material bibliográfico, determinar el tipo de material empleado en las piezas.								X												
OE 2	1. Utilizando los planos procedentes de la empresa, se examinará el diseño para las masas y los molinos.					X	X														
	2. Mediante inspección visual y toma de datos, se conocerá las condiciones de trabajo de las mazas.				X																
	3. Por medio de inspección visual y datos brindados por la empresa, se analizarán los acabados aplicados a las masas.			X																	
OE 3	1. Investigar sobre materiales con mejores propiedades que cumplan las condiciones de trabajo.								X		X	X	X	X							
	2. Analizar distintos tipos de acabados que cumplan con el buen funcionamiento.														X	X					
	3. Cotizar en diferentes empresas el costo de los materiales.																X	X			
Informes	I Avance / II Avance / Borrador Informe Final/ Informe Final							X						X			X				X
Presentación																					X