



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACOPLE FLEXIBLE A  
UTILIZAR EN ZAFRA 2013, EN RELACIÓN A UN SISTEMA DE ACOPLE RÍGIDO  
UTILIZADO EN ZAFRA 2012, EN EL MOLINO CAÑERO NÚM. 5 DEL TÁNDEM “C” EN EL  
INGENIO MAGDALENA S. A.**

**Erick Fernando Vela Urizar**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, octubre de 2018



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACOPLER FLEXIBLE A  
UTILIZAR EN ZAFRA 2013, EN RELACIÓN A UN SISTEMA DE ACOPLER RÍGIDO  
UTILIZADO EN ZAFRA 2012, EN EL MOLINO CAÑERO NÚM. 5 DEL TÁNDEM "C" EN EL  
INGENIO MAGDALENA S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERICK FERNANDO VELA URIZAR**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de Leon
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a. i.)
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Roberto Rivera Pérez



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACOPLÉ FLEXIBLE A UTILIZAR EN ZAFRA 2013, EN RELACIÓN A UN SISTEMA DE ACOPLÉ RÍGIDO UTILIZADO EN ZAFRA 2012, EN EL MOLINO CAÑERO NÚM. 5 DEL TÁNDEM "C" EN EL INGENIO MAGDALENA S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 14 de octubre de 2013.



**Erick Fernando Vela Urizar**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 28 de agosto de 2018  
REF.EPS.DOC.735.08.18.

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Erick Fernando Vela Urizar** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200011543, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACOPLÉ FLEXIBLE A UTILIZAR EN ZAFRA 2013, EN RELACIÓN A UN SISTEMA DE ACOPLÉ RÍGIDO UTILIZADO EN ZAFRA 2012, EN EL MOLINO CAÑERO NUM. 5 DEL TÁNDEM "C" EN EL INGENIO MAGDALENA S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zapata  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo  
EDSZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 28 de agosto de 2018  
REF.EPS.D.329.08.18

Ing. Carlos Roberto Pérez Rodríguez  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

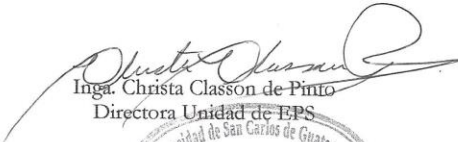
Estimado Ingeniero Pérez Rodríguez:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACOPLER FLEXIBLE A UTILIZAR EN ZAFRA 2013, EN RELACIÓN A UN SISTEMA DE ACOPLER RÍGIDO UTILIZADO EN ZAFRA 2012, EN EL MOLINO CAÑERO NUM. 5 DEL TÁNDEM "C" EN EL INGENIO MAGDALENA S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Erick Fernando Vela Urizar** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero **Edwin Estuardo Sarceño Zepeda**.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACOPLÉ FLEXIBLE A UTILIZAR EN ZAFRA 2013, EN RELACIÓN A UN SISTEMA DE ACOPLÉ RÍGIDO UTILIZADO EN ZAFRA 2012, EN EL MOLINO CAÑERO NUM. 5 DEL TÁNDEM "C" EN EL INGENIO MAGDALENA S.A.** del estudiante **Erick Fernando Vela Urizar**, CUI No. **2312329690301**, Reg. Académico No. **200011543** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Revisor  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, septiembre 2018  
/aej



Ref.E.I.M.298.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACOPLER FLEXIBLE A UTILIZAR EN ZAFRA 2013, EN RELACIÓN A UN SISTEMA DE ACOPLER RÍGIDO UTILIZADO EN ZAFRA 2012, EN EL MOLINO CAÑERO NUM. 5 DEL TÁNDEM "C" EN EL INGENIO MAGDALENA S.A.** del estudiante **Erick Fernando Vela Urizar, CUI No. 2312329690301, Reg. Académico No. 200011543** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Julio César Campos Paiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, octubre de 2018  
/aej





Universidad de San Carlos  
de Guatemala

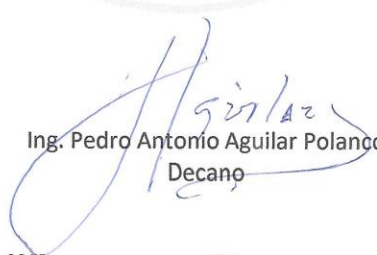


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 433.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACOPLAMIENTO FLEXIBLE A UTILIZAR EN ZAFRA 2013, EN RELACIÓN A UN SISTEMA DE ACOPLAMIENTO RÍGIDO UTILIZADO EN ZAFRA 2012, EN EL MOLINO CAÑERO NÚM. 5 DEL TÁNDEM "C" EN EL INGENIO MAGDALENA S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Erick Fernando Vela Urizar,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, octubre de 2018

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO:**

- Dios** Por acompañarme en cada momento de mi vida y mi carrera.
- Mis padres** José Manuel Vela y Aracely Urizar, por su amor, ejemplo, esfuerzo y apoyo. Este logro es de ustedes.
- Mi esposa** Mishell Merida, por su comprensión, amor, cariño y apoyo en todo momento.
- Mis hijos** Erick Esteban, Fernando Santiago y Natalia Belén Vela, por ser la fuente de inspiración de mi vida.
- Mis hermanos** José Manuel y Sergio Vela, por compartir conmigo los momentos buenos y malos de la vida y ser una importante influencia en mis metas académicas.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Gracias por brindarme la oportunidad de ser un profesional egresado de ti.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme una educación integral y profesional.
<b>Ingenio Magdalena S. A.</b>	Por abrirme sus puertas y permitirme la elaboración de mi EPS.
<b>Mi amigo</b>	Ing. Jorge Estuardo Morales Sitaví, muy agradecido por su apoyo y ayuda incondicional para la elaboración de este trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Orígenes.....	1
1.2. Situación Actual.....	5
1.2.1. Misión .....	5
1.2.2. Visión.....	6
1.2.3. Principios .....	6
1.2.4. Valores .....	7
1.3. Estructura organizacional .....	8
1.3.1. Organigrama de la empresa .....	9
1.3.2. Organigrama Departamento de Maquinaria en el Área de fábrica .....	10
1.4. Ubicación.....	12
2. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	15
2.1. Ahorro en el consumo de agua.....	15
2.1.1. Propósito de la limpieza de la caña de azúcar en las mesas receptoras.....	15

2.1.2.	Lavado de la caña de azúcar .....	17
2.1.3.	Equipo que compone el sistema .....	20
2.1.4.	Implementación de la limpieza en seco de la caña de azúcar .....	27
2.1.4.1.	Equipo que compone el sistema .....	30
2.1.5.	Comparación en el consumo de agua .....	37
2.1.6.	Comparación en el consumo energético .....	39
2.2.	Beneficios del ahorro en el consumo de agua .....	42
3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	45
3.1.	Descripción del proceso de extracción de sacarosa .....	45
3.1.1.	Preparación .....	46
3.1.2.	Extracción de jugo de la caña de azúcar .....	49
3.1.3.	Equipos utilizados en proceso de molienda de caña de azúcar .....	51
3.2.	Sistema de transmisión de potencia de un molino cañero .....	79
3.2.1.	Elementos de transmisión .....	80
3.2.1.1.	Elemento motriz .....	80
3.2.1.2.	Caja reductora .....	81
3.2.1.3.	Acople .....	85
3.3.	Elementos de sistemas de acoplamiento .....	87
3.3.1.	Sistema de acople rígido .....	87
3.3.1.1.	Partes del sistema .....	89
3.3.1.2.	Descripción de mantenimiento .....	92
3.3.2.	Sistema de acople flexible .....	94
3.3.2.1.	Partes del sistema .....	95
3.3.2.2.	Descripción de mantenimiento .....	98
3.4.	Situación zafra 2012 con sistema de acople rígido .....	98
3.4.1.	Consumo energético .....	98



3.4.2.	Desgaste de piezas .....	100
3.4.3.	Reporte de fallas.....	100
3.5.	Procedimiento de montaje de acoplamiento flexible.....	103
3.6.	Resultados en zafra 2013 utilizando acople flexible .....	108
3.6.1.	Consumo energético.....	108
3.6.2.	Reporte de mantenimiento .....	109
3.6.3.	Reporte de operación .....	110
3.7.	Optimización del sistema.....	111
3.7.1.	Comparación de resultados .....	111
4.	FASE DE DOCENCIA .....	117
4.1.	Presentación de la evaluación de acoples.....	117
4.1.1.	Análisis de resultados obtenidos .....	118
4.1.2.	Análisis de costos .....	120
4.1.3.	Propuesta de optimización del sistema .....	124
4.1.4.	Exposición a jefes de área.....	128
4.2.	Capacitación a personal operativo .....	133
4.2.1.	Mejoras del sistema.....	134
4.2.2.	Montaje de un acople flexible .....	135
4.2.3.	Inspección.....	142
4.2.4.	Seguridad Industrial.....	145
4.2.4.1.	Riesgos.....	145
4.2.4.2.	Equipo de protección .....	148
	CONCLUSIONES .....	149
	RECOMENDACIONES.....	151
	BIBLIOGRAFÍA.....	153



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Diagrama de estructura organizacional.....	10
2.	Organigrama Departamento de Maquinaria en el área industrial.....	12
3.	Mapa de ubicación de Ingenio Magdalena S. A. ....	13
4.	Descarga de caña en mesa receptora .....	16
5.	Equipo de bombeo de agua hacia condensadores .....	20
6.	Esquema de condensador .....	21
7.	Esquema de bomba de hélice horizontal .....	22
8.	Limpieza de caña utilizando agua en mesa receptora .....	23
9.	Esquema de pileta de enfriamiento.....	23
10.	Esquema de distribución de boquillas y sistema de bombeo .....	24
11.	Circuito de lavado en mesa sin retorno a pileta de bombas de inyección .....	25
12.	Caña antes de empezar el proceso de limpieza .....	30
13.	Pateador.....	32
14.	Conjunto de rodos para limpieza de la caña .....	33
15.	Conductor A de banda para salida de <i>trash</i> .....	34
16.	Conductor B de banda para salida de <i>trash</i> .....	35
17.	Conductor C de banda para salida de <i>trash</i> .....	36
18.	Tolva receptora de <i>trash</i> .....	37
19.	Circuito de reutilización de agua para condensadores de fábrica .....	43
20.	Descarga de caña en mesa receptora. ....	47
21.	Virador o malacate .....	51
22.	Mesa receptora de caña.....	52

23.	Eje motriz de mesa receptora .....	53
24.	Esquema general de mesa receptora .....	54
25.	Conductor de tablillas .....	55
26.	Cadena 960 para montaje de tablillas y flautas de vapor para limpieza de conductor.....	56
27.	Cadena 960 montada sobre <i>sprockets</i> de eje motriz.....	57
28.	Conductor de banda .....	58
29.	Separador magnético.....	59
30.	Montaje de troceadoras .....	59
31.	Troceadoras montadas en sus pedestales .....	60
32.	Esquema de distribución de soportes y cuchillas en troceadoras.....	61
33.	Rotor de picadora oscilante .....	62
34.	Esquema de picadora oscilante.....	63
35.	Rodo alimentador de desfibradora.....	64
36.	Esquema de vista lateral de configuración desfibradora y rodo alimentador .....	64
37.	Esquema de operación de rodo alimentador, desfibradora y yunque.....	65
38.	Esquema de distribución de mazas sobre virgenes de molino cañero.....	66
39.	Esquema de configuración de transmisión de movimiento de molino cañero .....	67
40.	Componentes de la unidad de potencia hidráulica .....	68
41.	Esquema de control del sistema hidráulico.....	68
42.	Motor hidráulico para maza cañera.....	69
43.	Virgenes .....	70
44.	Camisa para maza de molino cañero .....	71
45.	Configuración de mazas de un molino cañero.....	72
46.	Camisa perforada para mayor drenaje de jugo.....	72

47.	Esquema de flujo de jugo en maza de molino.....	73
48.	Chumaceras de molino cañero .....	74
49.	Montaje de chumacera de maza superior en la virgen.....	74
50.	Esquema de distribución de cuchillas y peines en molino cañero.....	76
51.	Cuchilla central.....	77
52.	Cuchilla de cuarta maza.....	77
53.	Peine superior .....	78
54.	Peine bagacero .....	78
55.	Esquema de funcionamiento de cabezotes hidraulicos.....	79
56.	Esquema de motor eléctrico.....	80
57.	Reductor de baja Walkers utilizados en molinos cañeros de tándem C de Ingenio Magdalena S.A. ....	82
58.	Esquema de sistema de acople rígido. ....	88
59.	Mazas de sistema de acople rígido.....	91
60.	Eje de transmisión de sistema de acople rígido .....	91
61.	Esquema de sistema de acople flexible .....	95
62.	Desgaste en maza de sistema de acople rígido.....	100
63.	Maza quebrada de sistema de acople rígido de molino número 5 del tándem C.....	101
64.	Maza de sistema de acople rígido quebrada debido a fatiga .....	101
65.	Orden de trabajo para cambio de maza quebrada de sistema de acople rígido de molino núm. 5 del tándem C.....	102
66.	Elementos conductor y conducido de sistema de acople flexible montados en eje de reductor y eje de maza superior de molino respectivamente.....	103
67.	Montaje de elemento flotante de sistema de acople flexible .....	104
68.	Ubicación con grúa de elemento flotante en el medio de elementos conductor y conducido de sistema de acople flexible .....	104

69.	Eslingas montadas en enganches de elementos conductor y conducido de sistema de acople flexible.....	105
70.	Eslingas de trabajo ubicadas correctamente sobre las eslingas de seguridad en los enganches de elementos de sistema de acople flexible .....	106
71.	Tapas de seguridad de enganches cerradas luego de correcto montaje de eslingas.....	106
72.	Montaje de eslingas de retorno en enganches de elementos de sistema de acople flexible.....	107
73.	Montaje de eslingas de trabajo y de seguridad de parte inferior de sistema de acople flexible.....	107
74.	FSistema de acople flexible listo para operación de molino .....	108
75.	Esquemas de tipo de contacto entre ejes y elementos de sistemas de acoplamiento rígido y flexible respectivamente .....	113
76.	Comparacion de desgaste entre los elementos de sistema de acople rigido y sistema de acople flexible.....	114
77.	Reporte de trabajo de mantenimiento correctivo realizado sistema de acople rígido en molino núm. 5 de tándem C en zafra +2012-2013 .....	116
78.	Paso núm. 1 del montaje del acople flexible.....	136
79.	Paso núm. 2 del montaje del acople flexible.....	136
80.	Paso núm. 3 del montaje del acople flexible.....	137
81.	Paso núm. 4 del montaje del acople flexible.....	137
82.	Paso núm. 5 del montaje del acople flexible.....	138
83.	Paso núm. 6 del montaje del acople flexible.....	139
84.	Paso núm. 7 del montaje del acople flexible.....	139
85.	Paso núm. 8 del montaje del acople flexible.....	140
86.	Paso núm. 9 del montaje del acople flexible.....	140
87.	Paso núm. 10 del montaje del acople flexible.....	141

88.	Paso núm. 11 del montaje del acople flexible .....	141
89.	Lista de chequeo de operación de acople flexible.....	143

## TABLAS

I.	Tabla de consumo de agua por lavado en mesa receptora en zafra 2009-2010 .....	26
II.	Agua ahorrada en zafra 2011-2012 y 2012-2013.....	38
III.	Ahorro de agua total en zafras 2011-2012 y 2012-2013 .....	38
IV.	Motores eléctricos de equipos que componen sistema de lavado de caña .....	39
V.	Listado de motores eléctricos de equipos que componen el sistema de limpieza de caña en seco.....	40
VI.	Capacidades totales instaladas para sistemas de limpieza de caña....	41
VII.	Datos de consumo de grasa para sistema de acople rígido.....	92
VIII.	Datos de consumo de electrodo para reparación de sistema de acople rígido.....	93
IX.	Datos de medidas y capacidades de eslingas de sistema de acople flexible	97
X.	Datos promedio de consumo energético semanal de molino núm. 5 del tándem C, accionado por sistema de acople rígido en zafra 2012-2013.....	99
XI.	Datos contenidos en la orden de trabajo.....	102
XII.	Datos semanales promedio de consumo energético de molino núm. 5 de tándem C en zafra 2013-2014.....	109
XIII.	Tiempos perdidos de molino número 5 de tándem C en zafra 2013-2014 .....	110
XIV.	Datos comparativos mensuales promedio de consumo energético de zafra 2012-2013 y zafra 2013-2014 .....	112

XV.	Datos comparativos de mantenimientos requeridos para sistema de acople rígido y sistema de acople flexible.....	115
XVI.	Consumo total de grasa, suministrada durante la zafra 2012-2013....	120
XVII.	Consumo de electrodo en reparación de sistema de acople rígido ....	121
XVIII.	Comparativo de ahorro diario entre el sistema de acople rígido y el sistema de acople flexible.....	122
XIX.	Tiempo de retorno de inversión por implementación de sistema de acople flexible .....	122
XX.	Calculo monetario de cantidad pendiente de retorno para zafra 2014-2015.....	123
XXI.	Ahorro debido a la implementación de sistema de acople flexible.....	123
XXII.	Ahorro por implementar el sistema de acople flexible en los cuatro molinos restantes de tándem C .....	125
XXIII.	Costo de elementos mecánicos de sistema de acople rígido .....	125
XXIV.	Costos de operación de cuatro molinos cañeros con sistema de acople rígido .....	126
XXV.	Tiempo de retorno de inversión por implementación de sistema de acople flexible en cuatro molinos cañeros de tándem C.....	127
XXVI.	Calculo monetario de cantidad pendiente de retorno para zafra 2015-2016.....	128
XXVII.	Ahorro por operación de cinco molinos cañeros de tándem C con sistema de acople flexible.....	128
XXVIII.	Comparativo de consumo de lubricante entre sistema rígido y sistema flexible .....	129
XXIX.	Comparativo de consumo de electrodo entre sistema rígido y flexible.....	130
XXX.	Paros históricos de molino número 5 de tándem C en zafra 2012-2013.....	131
XXXI.	Comparativo de consumo entre sistema rígido y sistema flexible .....	133



XXXII. Riesgos en el área de molinos..... 146



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Amperio
<b>HP</b>	Caballo de fuerza
<b>2RC</b>	Cadena doble
<b>RC</b>	Cadena simple
<b>cm</b>	Centímetro
<b>gl</b>	Galón
<b>gpm</b>	Galón por minuto
<b>hr</b>	Hora
<b>KV</b>	Kilovoltio
<b>KW</b>	Kilowatt
<b>KW/día</b>	Kilowatt por día
<b>KW/hr</b>	Kilowatt por hora
<b>Lb</b>	Libra
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minuto
<b>Núm.</b>	Número
<b>ppm</b>	Partículas por millón
<b>pie/min</b>	Pie Por Minuto
<b>%</b>	Porcentaje
<b>plg</b>	Pulgada
<b>Q.</b>	Quetzales

<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>S.A.</b>	Sociedad anónima
<b>Tn/día</b>	Tonelada de caña molida por día
<b>Tn/hr</b>	Tonelada de caña molida por hora
<b>Tn</b>	Tonelada molida
<b>Tn/zafra</b>	Toneladas de caña molida por zafra
<b>pie</b>	Unidad de longitud que equivale aproximadamente a 28 centímetros
<b>WF</b>	Viga de acero perfil i o h. según standard americano ( <i>wide flange beams</i> )
<b>V</b>	Voltio

## GLOSARIO

<b>AISI</b>	Instituto del hierro y del acero.
<b>Azúcar</b>	Término para la sacarosa disacárida y productos de la industria azucarera.
<b>Bagacillo</b>	Fracción fina del bagazo obtenida mediante tamizado o separación neumática.
<b>Bagazo</b>	Residuo de la caña, que sale del molino después de la extracción de la caña.
<b>Balancín</b>	Elemento mecánico de malacate que se engancha en jaulas para voltear en mesa receptora.
<b>Brix</b>	Es la suma de todos los sólidos disueltos, azúcar y no azúcar, expresada como % en peso. Es aplicable al jugo y cualquier otra disolución que contenga azúcar.
<b>Cadena rivetless</b>	Cadena que se utiliza para diversos tipos de transportadores.
<b>Combustión</b>	Efecto que ocurre cuando interactúan oxígeno, calor y combustible.

<b>Cuchilla</b>	Elemento mecánico de molino utilizado en cuarta maza y maza superior para su limpieza.
<b>Desbasurador</b>	Conductor de tablillas de arrastre, encargado de retornar al proceso la caña que cae de la mesa receptora.
<b>Extracción</b>	Acción de extraer jugo a la caña por medio de molino cañero.
<b>Faldones</b>	Sellos laterales de conductores de caña fabricados con lámina de acero inoxidable.
<b>Fibra</b>	Estructura fibrosa insoluble seca de la caña.
<b>Fricción</b>	Rozamiento entre dos cuerpos en contacto.
<b>Góndola</b>	Contenedor halado por camión para traslado de <i>trash</i> contenido en la caña.
<b>Hembra mango plate</b>	Perfil utilizado en correderas de conductores de caña
<b>Idler</b>	Rodos montados sobre estructura de conductor en serie sobre los que rota una banda de hule.
<b>Imbibición</b>	Proceso de añadir agua en la planta de extracción para aumentar la extracción

<b>Jaula</b>	Estructura metálica enganchada halada por camión para traslado de caña de azúcar.
<b>Malacate</b>	Estructura metálica que consta de elementos hidráulicos y un balancín para descargar las jaulas en mesa receptora.
<b>Mesa receptora</b>	Conductor ancho y corto que es movido por motores independientes, encargado de recibir la caña que trasladan las jaulas.
<b>Molienda</b>	Proceso industrial de extracción de sacarosa de la caña
<b>Molino</b>	Máquina mecánica encargada de extraer la máxima cantidad de la sacarosa que contiene la caña
<b>Pateador</b>	Elemento mecánico montado en parte superior de mesa receptora encargado de golpear la caña con sus aspas para separarla de partículas minerales y vegetales que contenga.
<b>Peine</b>	Utilizado en maza cañera y maza bagacera, su propósito es limpieza entre ranuras de maza.
<b>Pol</b>	Es la sacarosa contenida en una disolución, expresada como % en eso, determinado analíticamente por un sacarímetro o polarímetro.

<b>Quinel</b>	Rama de río provocada para proveer el agua para riego de cultivos.
<b>Ratio</b>	Vocablo latino que se utiliza como sinónimo de razón, contiene el sentido del cociente de los números o de cantidades comparables.
<b>Sacarosa</b>	Compuesto químico puro conocido como azúcar blanco, generalmente medido mediante polarización en caso de soluciones puras y con GC y HPLC en caso de soluciones de baja pureza.
<b><i>Sprocket</i></b>	Rueda dentada que por medio de cadena transmite movimiento.
<b>Tándem</b>	Configuración de molinos cañeros en serie.
<b>Turno</b>	Jornada de 8 horas seguidas en época zafra
<b><i>Trash</i></b>	partículas minerales y vegetales que contiene la caña al descargar en mesa receptora.
<b>Virgen</b>	Fundición de acero encargada de mantener las mazas del molino cañero en la orientación deseada.
<b>ZAFRA</b>	Época de producción de ingenio, noviembre a mayo.



## RESUMEN

La primera fase del Ejercicio Profesional Supervisado será el conocimiento del lugar de trabajo, en este caso será en el Ingenio Magdalena S. A., específicamente en el área de fábrica en el departamento de maquinaria.

Ya conociendo el área de trabajo y comprendiendo el proceso que ese lleva a cabo en el ingenio, se procede a evaluar los objetivos de implementar el nuevo sistema de acople flexible en el molino cañero núm. 5 del tándem C. Se hará la respectiva investigación sobre los beneficios de la implementación de un acople flexible, donde se evaluarán las ventajas que conlleva la utilización del mismo, dentro de las cuales se esperan obtener reducción de consumo energético, así como reducción de costos por mantenimientos. Con base en los resultados obtenidos en la investigación acerca de los beneficios que brinda el acoplamiento flexible, posteriormente se llevará a cabo el montaje, iniciando con una breve capacitación para la instalación del mismo, capacitación que se llevara a cabo mediante información proporcionada por el fabricante.

Posteriormente de la instalación del acople flexible se procede a la toma de datos mediante monitoreo constante, estos resultados que serán de utilidad en la comparación de los tipos de acoples evaluados, serán la base del análisis de resultados, dando las diferentes conclusiones de la implantación de un nuevo acople y por medio de dicho análisis y comparación de resultados, determinar si se llevaron a cabo las diferentes proyecciones de los beneficios de la implementación de un nuevo acople flexible.

Como último punto se llevará a cabo la fase docente con la participación de los jefes de área a los cuales se les expondrán los resultados, beneficios y costos de la implementación de un sistema de acople flexible, así como de la participación de mecánicos a los cuales se les proporcionará una capacitación.

# OBJETIVOS

## General

Determinar qué sistema de acople es el más rentable para la operación de un molino en el Ingenio Magdalena S. A.

## Específicos

1. Estudiar si mediante la implementación de un sistema de acople flexible, se reducen o evitan paros de operación del equipo.
2. Evaluar si con la implementación de un acople flexible se reducen costos por mantenimiento.
3. Identificar qué sistema presenta los mayores beneficios económicos y teóricos para el Ingenio Magdalena S. A.
4. Evaluar si con la implementación del sistema de acople flexible se prolonga la vida útil de los componentes mecánicos que interactúan con él.



## INTRODUCCIÓN

La operación de un ingenio demanda una alta tasa energética debido a todos los equipos que están trabajando simultáneamente, de los equipos de vital importancia, pero de muy alto consumo son los molinos, encargados de extraer la materia prima de la caña, estos constan de cuatro mazas de hierro fundido, maza superior, maza bagacera, maza cañera y cuarta maza. La potencia es transmitida al molino por medio de un sistema de acople rígido al cual se le transfiere el movimiento de un motor eléctrico por medio de una configuración de cajas reductoras en serie. En conjunto demanda un alto consumo energético.

Debido a la necesidad de disminuir el consumo energético interno, reducir costos de mantenimiento y disminuir o evitar paros de operación del equipo por problemas mecánicos de la transmisión, la empresa se ve en la necesidad de estudiar y evaluar la implementación de un nuevo sistema de acople flexible. Entre sus funciones serán disminuir esfuerzos mecánicos para demandar menos amperaje del motor eléctrico, reducir el costo de mantenimiento mecánico que serían gastos por compra de repuestos cuando el material se fatiga y llega al punto de la ruptura, pago de mano de obra por soldadura especializada para reparar cuando ya existe desgaste, y mediante la evaluación de la implementación de este nuevo sistema comparado con el sistema de acople rígido, concluir que sistema beneficia más el proceso en la extracción de la materia prima.



## **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

El capítulo 1 presenta la información general y desglosada de la empresa Ingenio Magdalena S. A. Da a conocer la historia, cambios y ampliaciones que se han venido con el pasar de los años, así como sus valores y principios que han sido base fundamental para ser una empresa firme. También muestra la visión y misión que se basa el Ingenio Magdalena S. A. para ser la empresa líder en la rama de los productores de azúcar a nivel mundial.

### **1.1. Descripción de la empresa**

El Ingenio Magdalena S. A. es una empresa agroindustrial que se dedica a la siembra y cosecha de caña de azúcar, para luego extraer el jugo en sus tándems de molinos para fabricar azúcares en diferentes tipos y alcohol para distintas aplicaciones.

A su vez genera electricidad usando como combustible en las calderas el bagazo que es residuo de la caña de azúcar.

#### **1.1.1. Orígenes**

En 1983-1984 a comienzos de los años 80, Ingenio Magdalena es reubicado en la Finca Bugarvilia (localización actual). Anteriormente, el ingenio estaba instalado en la Finca Magdalena, de la cual se deriva su nombre, ubicada en el Rodeo, Escuintla. Inicialmente, dedicaba su operación a producción de mieles como materia prima, para fabricación de licor.

Con el cambio de administración, se inicia una etapa de crecimiento continuo. Se le compró un tándem de molinos a Central Guánica, Puerto Rico sustituyendo los molinos iniciales, alcanzado las 18 200 TM de azúcar durante este período.

Durante 1990-1991 esta zafra se alcanza una producción de 53 792 TM de azúcar, con una plantación de 5 550 hectáreas.

En los años siguientes se innovan los sistemas de corte, alojamiento de cortadores, sistemas de transporte, se completa la instalación de los molinos 5 y 6 del tándem de Guánica y se adicionan terceras mazas. Además, comenzamos incipientemente inversiones para un programa de cogeneración.

De 1994 a 1996 se duplica la producción de la zafra de 1990-1991, alcanzando una producción de 105 855 TM de azúcar. En la fábrica se inicia una nueva ampliación con la adquisición de un nuevo tándem de molinos adicionales, con capacidad de 9 200 TM elevando la molienda a 16 000 TM de caña molida por día.

En el campo inicia el laboratorio de Meristemas para la producción de semilla de caña y selección de variedades, con una producción de 400 000 plantas iniciales. Actualmente se producen más de dos millones.

En el 2001 inician los trabajos de destilería con la instalación de una planta de alcohol con capacidad de 120 000 litros diarios. Un año más tarde se inicia la exportación.

En el 2004 se amplía la generación de energía eléctrica, con más inversión en un turbo generador *condensing* de 16,5 MW con capacidad de 53,5



MW y en una nueva línea de transmisión eléctrica para incrementar la entrega al sistema eléctrico nacional.

En el 2005 se logró una expansión en el área agrícola de 1 570 nuevas hectáreas sumando una cobertura total de 36 000 hectáreas de plantación de caña, además se incrementó en riego cubriéndose 56 % del área del cultivo.

En talleres y transporte se adquieren 100 camiones destinados al transporte de la caña, nueve cosechadoras mecánicas y maquinaria agrícola para asistir técnicamente las operaciones móviles.

La fábrica amplía sus instalaciones con un tándem adicional de molinos con una capacidad de 9 200 TM diarias de molienda. Con esta instalación Magdalena es el primer ingenio de la región que cuenta con tres tándems de molinos. Y en energía se instala una planta adicional de cogeneración con capacidad de 30 MW.

En el 2006 el área de campo coordina y programa una operación para garantizar 4 780 000 TM de caña de azúcar de acuerdo a las 45 887 hectáreas de tierra cultivables.

Nuevamente, se realizan inversiones para ampliar las instalaciones y consolidar la operación de la fábrica.

Se invierte en tecnología para hacer eficiente la operación de molienda contando con una capacidad instalada de 34 040 TM de caña molida por día. Esto incluye evaporación y clarificación de meladura.

En el 2007 para la fabricación de azúcar refinado, se ampliaron las áreas de centrifugado, evaporación, tachos y envasado, contando con una capacidad instalada de producción de 2 760 TM de azúcar refinado por día.

En el área de cogeneración se aumentó la capacidad instalada a través de nuevas inversiones: Proyecto de transmisión: Elevación de 69 kV a 230 kV en la subestación de energía dentro de las instalaciones de Ingenio Magdalena.

Instalación de líneas de transmisión 230 kV. Construcción e instalación de subestación de interconexión de 230 kV. en el municipio de Siquinalá, Escuintla. Instalación de un turbo de 45 MW y planta termoeléctrica de 45 MW (zafra 2008-2009).

En el 2008 el laboratorio de Meristemas aumenta su capacidad de producción convirtiéndose en una biofábrica con una capacidad instalada de producción artificial de plantas, a través de la técnica de multiplicación de tejidos vegetativos o micro propagación de 2 500 000 plántulas. Se dedica el 80 % a la caña de azúcar y el 20 % a otros vegetales.

Se inicia el programa de producción de entomopatógenos utilizados para el control biológico de plagas específicas que afectan la caña de azúcar con una capacidad de 45 000 dosis por temporada (marzo a octubre).

Alcohol: se consolidan las operaciones de una segunda planta de alcohol, con una capacidad instalada de 300 000 litros diarios.

En el 2010 se inicia la construcción de una nueva Planta de Generación Eléctrica a través de la utilización de combustibles renovables.

Durante el 2012 se inaugura con la presencia del Señor. Presidente de la República de Guatemala la nueva planta de generación de energía eléctrica adicionando 60 MW a la capacidad instalada del ingenio y se inicia la instalación de un domo para almacenar azúcar refino con una capacidad de 76 000 TM.

En el 2013 se inicia la instalación de una nueva caldera con un turbogenerador para aumentar la capacidad instalada en la planta de energía. Se Finaliza la construcción del domo de azúcar y se construyen tres nuevos complejos habitacionales.

## **1.2. Situación actual**

Actualmente el Ingenio Magdalena S.A. es el más grande del país y uno de los más grandes del mundo, genera fuentes de empleo estables, siendo uno de los principales empleadores de Guatemala.

Se ha diversificado de tal manera que es la exportadora de azúcar refino más grande de América Latina; cuenta con la destiladora de alcohol neutro más grande de la región; y uno de los mayores logros es el proveerle al país un importante porcentaje de energía eléctrica, de varias fuentes, pero sobre todo de energía renovable. De esta manera ha llegado a ser uno de los más fuertes impulsores de la economía del país.

### **1.2.1. Misión**

Desarrollamos con innovación y eficiencia productos alimenticios, agrícolas y energéticos para mejorar la calidad de vida de las personas.

### **1.2.2. Visión**

Al 2015 desarrollaremos y atenderemos con presencia directa en al menos cinco mercados seleccionados en sus distintas líneas de negocio, con productos y servicios diferenciados con un negocio energético equivalente al 50 % del resultado de Magdalena.

### **1.2.3. Principios**

Dios: sabemos que en Él y por Él somos. Es nuestra inspiración para toma decisiones y para la correcta administración de los recursos con que nos ha provisto.

Familia: motivo y razón que nos impulsa a lograr nuestros ideales trabajando con honradez, dedicación y visión; en ella cultivamos nuestros valores y principios por los que trascendemos, contribuyendo al desarrollo de los nuestros y la sociedad.

Trabajo: nuestra realización se basa en el sentimiento de logro y metas cumplidas, nos permite dejar un legado a través del tiempo, con el que vemos crecer a nuestra gente y nuestro país.

Patria: es la que engrandecemos con nuestro esfuerzo diario en su desarrollo y de quien nos enorgullecemos por su riqueza, belleza natural, tradiciones y costumbres.

#### **1.2.4. Valores**

Responsabilidad: actuamos con pleno conocimiento de nuestras obligaciones, sintiendo como propios los objetivos de la organización, procurando el bien y asumiendo las consecuencias de nuestros actos con un verdadero compromiso por contribuir con el progreso del país.

Integridad: obramos con rectitud y con probidad, basados en la transparencia de nuestros actos para cumplir con los compromisos acordados, apegados a nuestra visión y principios, siempre buscando la superación constante con esfuerzo positivo, sin el deterioro de otros.

Pasión: alcanzamos nuestras metas con inspiración, coraje y audacia, actuando en forma disciplinada y trabajando en equipo, a la vanguardia de nuestro negocio, tomando decisiones en forma oportuna y acertada.

Servicio: somos confiables. Nos entregamos con dedicación a lograr la satisfacción y confianza de nuestros colaboradores, clientes, accionistas, proveedores y comunidades, valorando y construyendo nuestra relación con ellos.

Innovación: mantenemos interés constante en investigar nuevas oportunidades y formas de hacer las cosas y desarrollarlas con calidad, para ir un paso adelante y consolidar nuestro liderazgo.

### **1.3. Estructura organizacional**

La empresa está dirigida por un gerente general el cual reporta a un consejo directivo. La empresa se divide en seis gerencias subalternas a la gerencia general que son:

- Gerencia de auditoría

Garantizar el cumplimiento de los procesos y procedimientos de cada área que integra parte del Ingenio Magdalena S. A.

- Gerencia de operaciones

Es la encargada de velar por el buen funcionamiento de las áreas de fábrica, cogeneración y destilería

- Gerencia financiera

Control del buen manejo del presupuesto de cada una de las áreas del ingenio,

- Gerencia de comercialización

Tiene la función de comercializar los productos fabricados por el ingenio y buscar mercados nuevos.

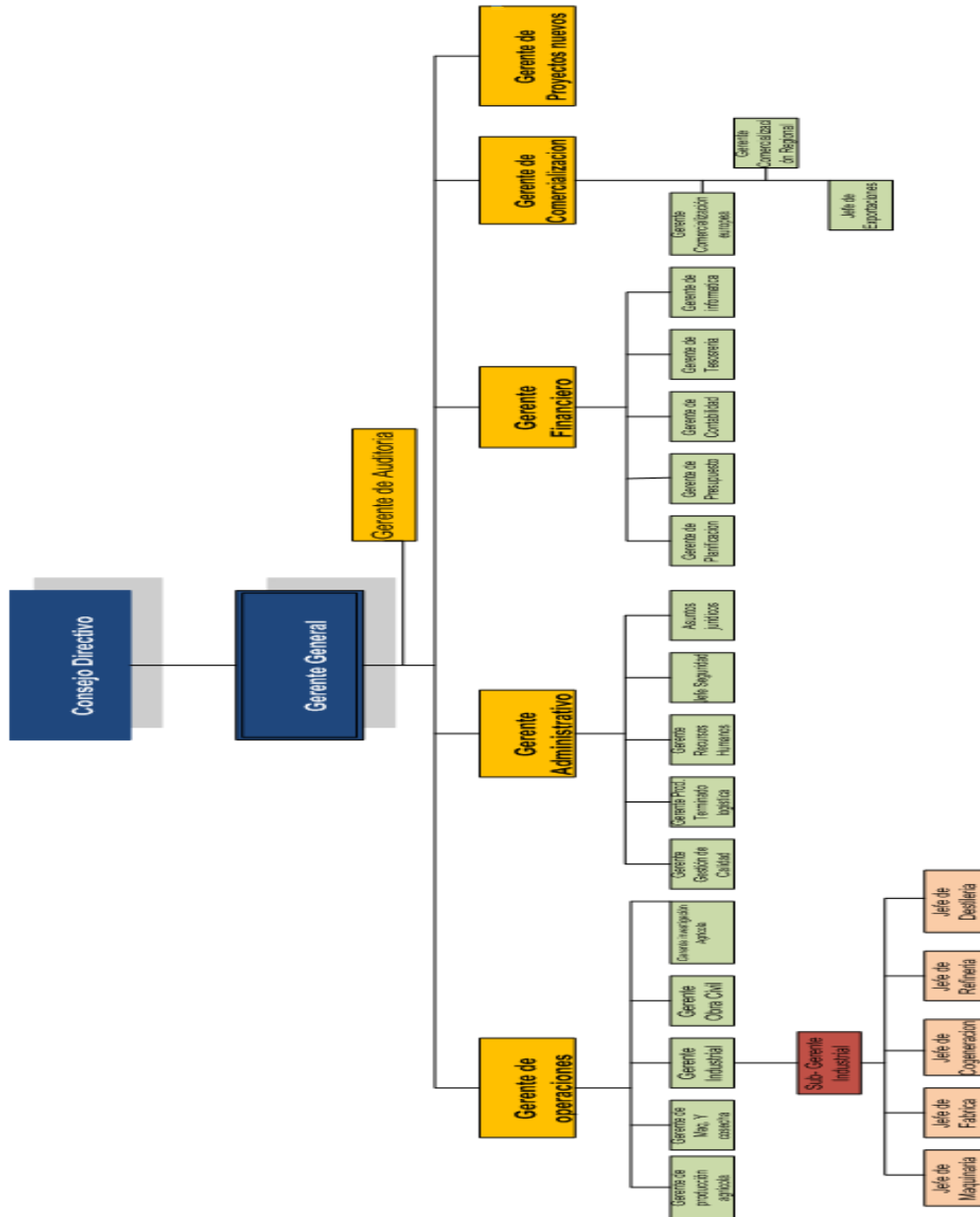
- Gerencia de proyectos nuevos

Tiene la función de evaluar y administrar las ampliaciones de las distintas áreas del ingenio.

### **1.3.1. Organigrama de la empresa**

El Ingenio Magdalena S.A. es dirigido por el consejo directivo, al cual le reporta al gerente general de la empresa. El gerente general se apoya en sus seis distintas gerencias encargadas de cada una de las áreas que se divide el ingenio.

Figura 1. Diagrama de estructura organizacional



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Departamento de Recursos Humanos.*



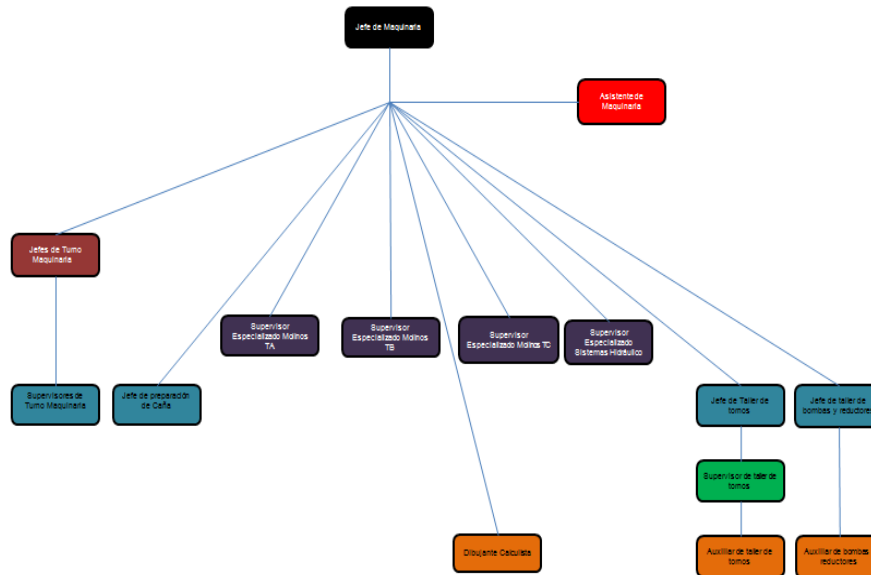
### **1.3.7. Organigrama Departamento de Maquinaria en el área de fábrica**

El Departamento de Maquinaria del área fábrica es dirigido por el Jefe de Maquinaria, tiene para su apoyo a un ingeniero de auxiliar y cuatro de turno encargados del área que cubre el departamento durante la zafra u operación. En tiempo de reparación o muerto el área que le corresponde al Departamento de Maquinaria se divide en los cinco ingenieros que están bajo el mando del ingeniero jefe de maquinaria, el área que le corresponde a maquinaria es el patio de caña y los molinos de los tándems A, B y C.

Además, dentro del Departamento de Maquinaria también están nueve supervisores, seis de mantenimiento y tres de turno para auxiliar a los dos ingenieros de mantenimiento y a los cuatro que están de turno.

A continuación se presenta el organigrama del Departamento de Maquinaria de fábrica:

Figura 2. **Organigrama Departamento de Maquinaria en el Área Industrial**

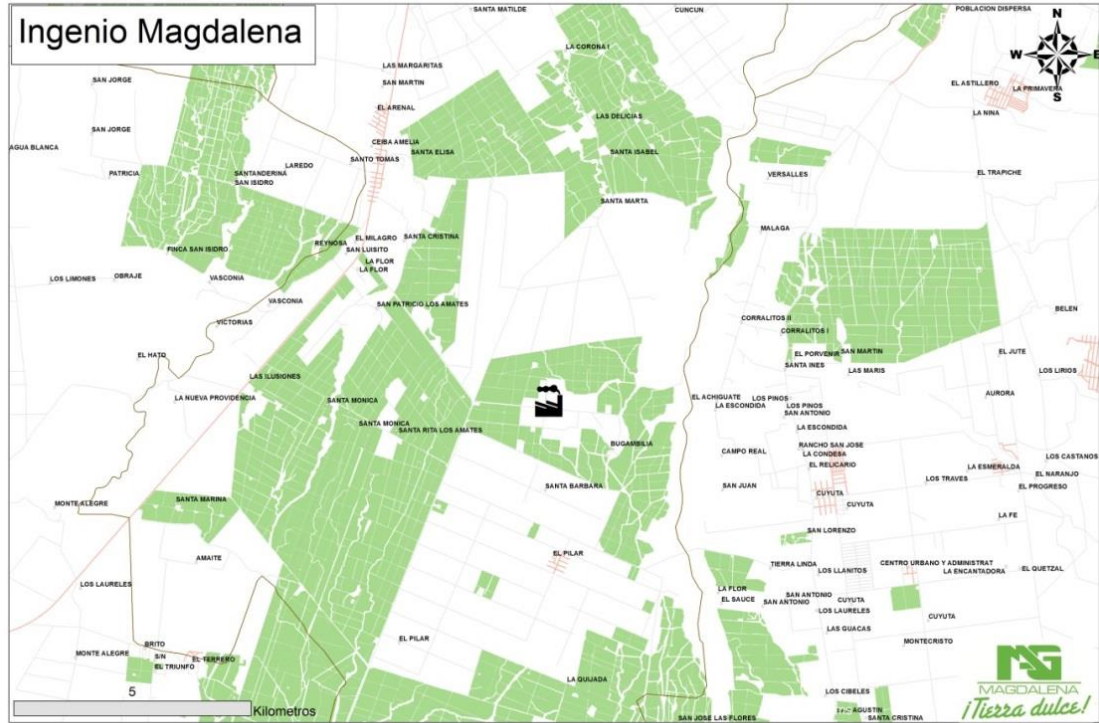


Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Departamento de Recursos Humanos.*

#### 1.4. Ubicación

A comienzos de los 80, Ingenio Magdalena es reubicado en el kilómetro 100, interior de Finca Buganvilia, La Democracia, Escuintla.

Figura 3. Mapa de ubicación de Ingenio Magdalena S. A.



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. Área de proyectos de gestión agrícola.



## **2. FASE DE INVESTIGACIÓN**

El presente capítulo da a conocer la manera en que el Ingenio Magdalena S. A. protege el medio ambiente cuidando los recursos naturales, en este caso el ahorro de agua, por medio de la limpieza en seco de la caña de azúcar en sus mesas receptoras.

### **2.1. Ahorro en el consumo de agua**

Debido al alto consumo de agua para limpieza de la caña de azúcar en las mesas de recepción, el ingenio se vio en la necesidad de hacer un cambio en su sistema de limpieza, instalado actualmente. Para lo cual implemento la limpieza de la caña de azúcar en seco.

Además, se describirá la comparación del consumo de agua, así como el consumo energético que existe entre los dos sistemas para la limpieza de la caña de azúcar en las mesas receptoras, que es la primera etapa para la preparación de la caña en el proceso de extracción de jugo.

#### **2.1.1. Propósito de la limpieza de la caña de azúcar en las mesas receptoras**

La limpieza de la caña es un proceso en el que se elimina parcialmente agentes extraños en la caña como la tierra, las sudaciones de la caña, insectos adheridos, entre otros.

A continuación, se presenta en la figura 4 el momento en que se descarga la caña a la mesa para su limpieza.

Figura 4. **Descarga de caña en mesa receptora**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de Caña*.

Los efectos de la limpieza de la caña:

- Eliminación de tierra:

Eliminando la tierra que trae la caña de azúcar del campo se logró dar una vida más larga a las cuchillas y martillos de picadoras y desfibradoras respectivamente. Beneficia en brindar un combustible limpio, ósea un bagazo limpio a las calderas, y un mejor material en filtración al vacío de cachaza.

- Mejor extracción de jugo en molinos:

La limpieza de la caña beneficia a la extracción del molino evitando que la fibra sea mezclada con tierra y esta ocupe espacio disminuyendo la capacidad de extracción, reduciendo la eficiencia del molino.

- Producción de biomasa:

Con la limpieza de la caña se produce una biomasa de mejor calidad, siendo este un combustible con mayor poder calorífico que aumenta la eficiencia de la generación de vapor por medio de una caldera.

### **2.1.2. Lavado de la caña de azúcar**

El proceso de lavado de la caña se lleva a cabo en la mesa receptora, la mesa tiene alrededor de 35° de inclinación, la caña es arrastrada hacia arriba por medio de tablillas movilizadas por cadenas, el agua se rocía sobre la caña cuando esta es llevada hacia la parte más alta, de tal manera que el agua arrastre toda la suciedad, partículas minerales y vegetales que vengan con ella del campo.

El agua cae en la parte de debajo de la mesa donde es dirigida hacia un conductor de tablillas llamado desbasurador, en el cual se separan los tallos de caña que pueden ser todavía procesados de todas las partículas que el agua se encarga de quitarle a la carga de caña.

Después de ser rociada con agua la carga de caña, es pasada por las troceadoras, que se encargan de disminuir el tamaño de los tallos de caña, luego de esta disminución de tamaño la carga cae al conductor auxiliar de tablillas que se encarga de transportar la caña para pasarla por la picadora oscilante y la desfibadora, esta última encargada de romper la caña hasta dejarla en estado de fibra lista para entrar al tándem de cinco o seis molinos donde se le extraerá el jugo a esta caña preparada.

- Ventajas de lavar la caña:

- Mayor porcentaje de efectividad de limpieza:

Este proceso tiene el mayor porcentaje de efectividad refiriéndose a la limpieza de la caña en cuanto es la eliminación de agentes extraños en la caña.

- Reducción de impurezas minerales en el proceso:

En el lavado el agua se encarga de remover de la caña de azúcar la tierra, piedras y partículas metálicas que esta contenga al momento que se reciba en la mesa de recepción.

- Menor consumo de insumos:

Lavando la caña de azúcar el desgaste de las piezas mecánicas es menor.

- Costos de mantenimiento:

Debido a que el desgaste de piezas mecánicas es menor los paros de producción para mantenimiento serán menos, con esto se evita el tiempo perdido por mantenimientos correctivos, y los preventivos serán más espaciados.



- Volumen de cachaza:

Incremento de la capacidad de la fábrica al reducir la cantidad de materia extraña.

- Desventajas de lavar la caña de azúcar:

- Alto consumo de agua de una fuente natural:

La fábrica debe tener acceso a una fuente externa de agua para el proceso, por lo general es un río, esto ocurre cuando se carece de circuitos cuidadosamente diseñados para el manejo del agua.

El agua que proporciona al proceso por el río no es retornado en su totalidad, y lo que se retorna es el agua que sirve para lavados.

- Daño al medio ambiente por la quema de la caña:

Utilizando el método de limpieza con agua, la caña es quemada en el campo para la eliminación de hojas, estas hojas quemadas provocan una gran cantidad de ceniza en el aire que puede abarcar un radio bastante grande de donde se está efectuando esta labor, aparte provoca elevación de temperatura en el campo de terreno que se practica la quema.

- Perdidas en el proceso:

La cantidad de azúcar que se elimina en el lavado de caña tiene valores medios para el lavado en mesas alimentadoras de 800 ppm de azúcar

### **2.1.3. Equipo que compone el sistema**

La fuente de agua para utilizar es el agua que llega a la pileta de bombas de inyección de un quinel, para luego ser bombeada a los condensadores por medio de una bomba Goulds con capacidad de 20,000 gpm, la cual es accionada por una configuración de motor eléctrico de 700 hp y un reductor de ratio 2.5, 1763 RPM de entrada y 705 RPM de salida. En la siguiente figura se muestra la configuración de motor, reductor y bomba utilizada en este proceso.

Figura 5. **Equipo de bombeo de agua hacia condensadores**

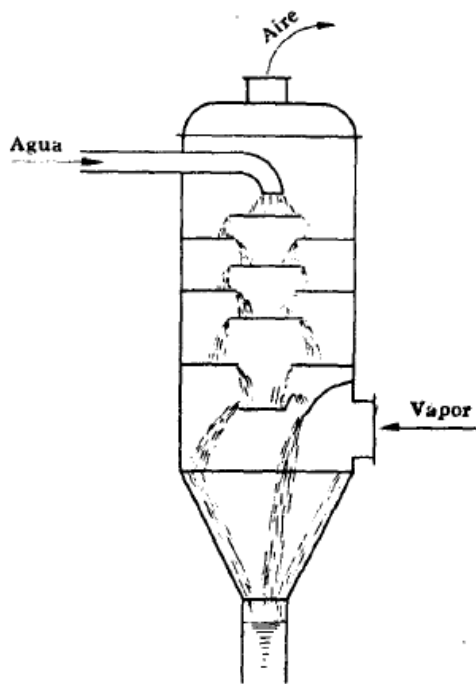


Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Pileta de inyección de fábrica, bombas y reductores de área industrial.*

El agua se bombea hacia los condensadores para que dentro del cuerpo del condensador se haga el choque térmico con el vapor y así lograr la

condensación. En el esquema siguiente se muestra el funcionamiento del condensador y la mezcla que se hace dentro de él.

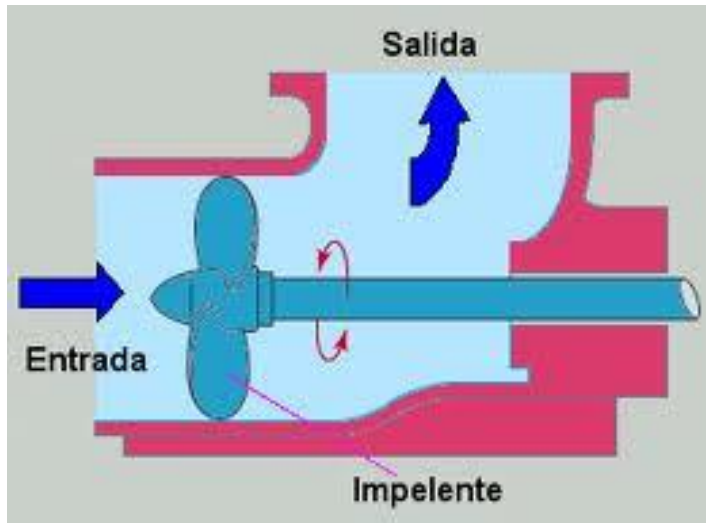
Figura 6. **Esquema de condensador**



Fuente: HUGOT, Emile. *Manual para Ingenieros Azucareros*.

Luego en la salida todo el condensado es dividido, enviando una parte a la pileta de enfriamiento y otra hacia otra bomba de hélice horizontal la cual se encarga de enviarla hacia las mesas. La figura 7 describe el funcionamiento de la bomba de hélice horizontal, la cual por medio del impele de su alabe empuja el agua en la dirección de la salida, o se podría decir en la dirección requerida.

Figura 7. **Esquema de bomba de hélice horizontal**



Fuente: Esquema de bomba de hélice horizontal

[www.sabelotodo.org/aparatos/imagenes/bombaaiial.png](http://www.sabelotodo.org/aparatos/imagenes/bombaaiial.png). Consulta: octubre de 2013.

Esta bomba de hélice horizontal es accionada por un motor de 200Hp y le transmite la potencia por una configuración de poleas y faja.

El agua que llega de la bomba de hélice horizontal a la mesa tiene el trabajo de retirar de la caña tierra, piedras, arenas, barro, cualquier partícula mineral o vegetal que no se requiere en el proceso. El agua es distribuida en la mesa por medio de la tubería de lavado la cual se muestra en la siguiente figura 8.

Figura 8. **Limpieza de caña utilizando agua en mesa receptora**

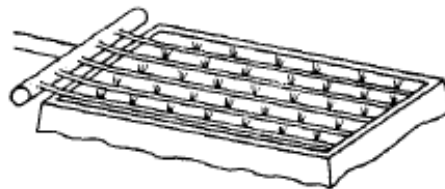


Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Mesa receptora de caña de tándem A.*

Luego de hacer su trabajo de lavado en las mesas de recepción es dirigida por debajo de las mesas hacia un quinel de drenaje fuera del ingenio.

El agua de los condensadores que no llega a las mesas se dirige a la pileta de enfriamiento, mostrada en la siguiente figura

Figura 9. **Esquema de pileta de enfriamiento**

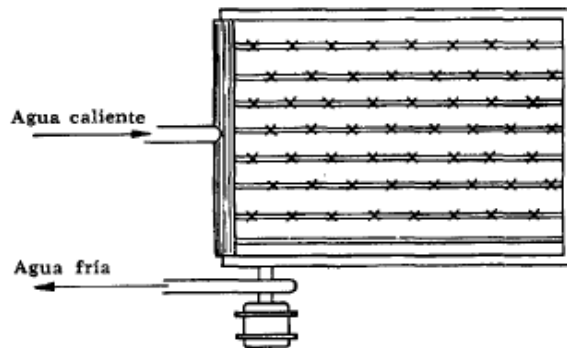


Fuente: HUGOT, Emile. *Manual para Ingenieros Azucareros.*

La pileta de enfriamiento consiste en un estanque rectangular grande y plano de altura entre 0,8 m y 1 m, sobre el que el agua circula por medio de tubos con boquillas aspersores a intervalos regulares, cuando el agua entra en contacto con la atmosfera, una pequeña parte se evapora. La evaporación y el contacto con el ambiente producen el enfriamiento necesario.

En la figura 10 se muestra la distribución de las boquillas en la tubería donde circula el agua a enfriar.

Figura 10. **Esquema de distribución de boquillas y sistema de bombeo**

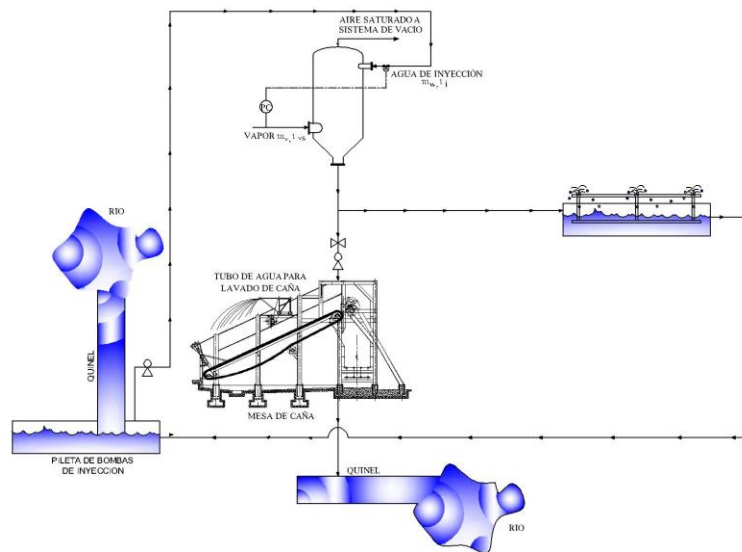


Fuente: HUGOT, Emile. *Manual para Ingenieros Azucareros*.

El agua fría se bombea de vuelta a la pileta de bombas de inyección para su reutilización.

El agua hace su recorrido en tubería de 24" de lámina rolada de 1/4" de hierro negro.

Figura 11. **Circuito de lavado en mesa sin retorno a pileta de bombas de inyección**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

### 2.1.2.2. Consumo histórico de agua

Según información proporcionada por el laboratorio de fábrica del Ingenio Magdalena S.A. que es el ente encargado de auditar que se cumplan los parámetros en el proceso de fabricación del azúcar el cálculo histórico del consumo de agua en el lavado en las mesas es, que por cada 400 Tn/hr molida se consumen 18,925 m<sup>3</sup>/min. Según los cálculos se consumen 2 838 m<sup>3</sup> de agua por cada tonelada de caña molida.

En la zafra 2009-2010 tuvo el consumo más alto de agua y se presenta la tabla I:

Tabla I. **Tabla de consumo de agua por lavado en mesa receptora en Zafra 2009-2010**

<b>CONSUMO DE AGUA EN ZAFRA 2009-2010</b>		
<b>RATIO</b>	<b>CAÑA MOLIDA (Tonelada)</b>	<b>CONSUMO AGUA (m<sup>3</sup>)</b>
<b>1 hora</b>	1 375,00	3 902,25
<b>1 turno 8 horas</b>	11 000,00	31 218,00
<b>1 día zafra (24 horas)</b>	33 000,00	93 654,00

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de Área Industrial.*

En la zafra 2009-2010 se molió un total de 5 644 478,63 toneladas de caña, por lo que el consumo total de agua fue de 16 019 030,35 m<sup>3</sup>.

Siendo esta la zafra de mayor consumo de agua del Ingenio Magdalena S. A. A partir de esto el Ingenio en las siguientes zafras preocupándose por el impacto ambiental se dio a la tarea de innovar su sistema de limpieza de la caña en las mesas, e implemento el sistema de limpieza en seco. Reduciendo con esto el consumo a partir de la zafra 2011-2012.



#### **2.1.4. Implementación de la limpieza en seco de la caña de azúcar**

Para la limpieza de la caña en seco, su principal objetivo es la reducción del consumo de agua y además disminuir las pérdidas de jugo en el proceso, la cantidad de azúcar que se elimina en el lavado de caña tiene valor medio para el lavado en mesas alimentadoras de 800 ppm de azúcar. En este sistema se sustituye la caída de agua en la mesa receptora de caña y se agrega un eje pateador y una cama de rodillos limpiadores.

Se alimenta la mesa y la cadena arrastre se encarga de transportar hacia arriba la caña y hacerla pasar por el eje pateador que se encarga de golpear la caña en el faldón frontal de la mesa de tal manera de que el golpe sacuda la tierra, luego la caña cae en una cama de rodillos limpiadores los cuales su cuerpo está formado por discos separados  $\frac{3}{8}$ " uno del otro, y  $\frac{1}{2}$ " de filo de disco a fondo de rodillo, y  $12\frac{3}{4}$ " de centro de eje a centro de eje, de tal manera que la tierra pase en el espacio que existe, para caer a bandas de hule transportadoras encargadas de sacar de la fábrica toda la tierra que viene en la caña y recolectarla en un punto específico.

El objetivo primordial de hacer la limpieza de la caña es el evitar el desgaste prematuro de los equipos de preparación, además de lograr un alto índice de preparación para luego tener una buena extracción, y por último mandar un bagazo de buena calidad para combustible de las calderas, y enviar jugo lo más limpio posible hacia la fábrica.

- Ventajas de la limpieza en seco de la caña de azúcar:

- **Reducción de los impactos ambientales:**

Debido a que la limpieza de la caña de azúcar es en seco ya no es necesario un alto consumo de agua en las mesas receptoras, reduciendo el consumo de agua de una fuente natural. Tampoco es necesaria la quema de la caña en el campo ya que el sistema de limpieza en seco está diseñado para la remoción de hojas de la caña, raíces y rastrojos, suelo del campo, arenas, arcilla y piedras, con esto se deja de contaminar el aire con cenizas, y se evita la elevación de temperatura que esta labor provoca en el campo de cultivo. El suelo de campo que se retira de la caña con este sistema en la mesa es retornado al campo de cultivo.

- Evita perdidas por quema de caña de azúcar:

La intensidad del daño a la caña durante la quema está en función de la intensidad del fuego. Con esta labor se provocan grietas en la corteza de la caña, se provoca tensión (*stress*) puesto que la quema no mata a la caña sino la lastima. La reacción de la caña frente a la quema es verse en la necesidad de cambiar su metabolismo en forma inmediata consumiendo o transformando parte de las especies de carbohidratos presentes en su composición. La cantidad de azúcar que se destruye durante la quema es variable. Evaluaciones preliminares indican un cambio durante la quema equivalentes a 0,40 a 0,50 unidades por caña, aunque los valores indicados presentan alta dispersión en las evaluaciones realizadas.

- Evita pérdidas en lavado en mesas receptoras de caña:

Un porcentaje del azúcar que trae la caña del campo es eliminado por el agua de lavado en las mesas, elimina según cálculos 5 libras azúcar/ tonelada de caña. Se puede decir que la limpieza en seco vino a recuperar esa cantidad de azúcar.

- Desventajas de implementar la limpieza en seco de la caña de azúcar:

- Costo de instalación de equipo adicional:

A la mesa convencional diseñada para lavar la caña de azúcar con agua se le deben hacer modificaciones debido a que el trabajo de limpieza que hacia el agua lo hace un eje pateador y una cama de rodillos encargados de retirar de la caña tierra de campo, arena, arcilla, raíces, cogollos y rastrojo, además de implementar un circuito de bandas encargadas de transportar todo este material fuera de la fábrica hacia los camiones encargados de retornarlo al campo nuevamente.

- Mantenimiento y operación:

Debido a la implementación de nuevos mecanismos a la mesa de recepción de caña existen más partes mecánicas que sufrirán desgaste y fatiga por lo tanto se debe intensificar la rutina de mantenimientos. De la misma manera al existir más elementos mecánicos en la mesa se debe reforzar la capacitación de los operadores para su correcta y optima operación.

- Pérdida de materia prima:

Entre los rodillos de limpieza que se le implementan a la mesa de recepción de caña existe una abertura entre uno al otro equidistante en la cual se puede filtrar caña y caer en las bandas encargadas de sacar el material removido en la mesa.

#### **2.1.4.1. Equipo que compone el sistema**

Una mesa alimentadora de doble ancho y doble eje motriz en tándem para lavado en seco eficiente de la caña, con 25 grados de inclinación, este lavado en seco se lleva a cabo por el golpeteo de la caña contra el deflector provocado por el eje pateador, la tierra se separa en el conjunto de rodos la cual se transporta por medio de bandas conductoras hacia el silo de descarga de *trash*, esta mesa está montada perpendicular al conductor auxiliar. La mesa recibe la caña de los camiones por medio de los descargadores y la alimenta al conductor auxiliar. La figura 12 muestra la caña antes de pasar por el pateador para empezar el proceso de limpieza.

Figura 12. **Caña antes de empezar el proceso de limpieza**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Mesa receptora de caña, patio de caña,*

La estructura de la mesa tiene un área proyectada de 48 pies de ancho por 56 pies de longitud y está fabricada con columnas y vigas WF y forradas con lámina de hierro negro. Para el arrastre de la caña cuenta con veinticuatro hileras de cadenas tipo Rivetles 698, y 694 tablillas de arrastre fabricadas en angular de 3" x 3/8" x 41".

La mesa cuenta con dos ejes motrices fabricados con tubo de hierro de 24" diámetro cedula 80, en cada uno de los cuales están montados 12 s de 8 dientes para cadena 698, los extremos de los ejes descansan en chumaceras de 5 15/16". También cuenta con dos ejes coleros fabricados con tubo de 20" apoyados en ejes y chumaceras de 4 15/16".

Para su accionamiento proporcionado por 2 motores eléctricos de 40 hp de 1200rpm con 2 reductores ratio 29:1. La reducción final de las dos primeras transmisiones es con un doble juego de *sprockets* RC-180 de 15 y 75 dientes y 2RC-200 de 15 y 45 dientes y de las segundas RC-180 de 15 y 45 dientes y 2RC-200 de 15 y 45 dientes.

Sobre la mesa hay instalado un nivelador de caña de doble eje fabricado con tubo de 20" diámetro cedula 60 y ejes de 5 15/16" diámetro en los extremos apoyados en chumaceras de bronce. Para su movimiento se utiliza dos motoredutores de 30HP/1775 R.P.M. con reductores ratio 11,53:1 y ratio 17:1 y reducción final con s RC-160 de 21 y 45 dientes.

Seguido de los ejes motrices de la mesa se encuentra el pateador de caña, encargado de sacudir la caña de azúcar de manera de botarle toda la tierra que pueda traer del campo. La figura 13 muestra el pateador de caña.

Figura 13. **Pateador**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Área de repuestos, Departamento de Maquinaria de área industrial.*

El pateador está fabricado de tubo cedula 30 de 30" de diámetro con 14 discos de refuerzo interno y eje de 5 15/16" con 500 aspas el movimiento se realiza con motor eléctrico de 150 hp/1750rpm una caja reductora de 150 hp con entrada de 1750 rpm y salida de 126 rpm, ratio 13,9. con *sprockets* de 2RC-200 de 19 y 21 dientes con 20 pies de cadena 2RC-200.

La mesa consta de un conjunto de 36 rodos fabricados con tubo 6" cedula 80 y eje de 1040 de 2 15/16" fabricándose rodos tipo A con 85 platos 12" diámetro exterior con lamina de 3/8 y 6" diámetro interno, tipo B con 84 platos, tipo C con 85 platos y tipo D con 85 platos, en los extremos hay 72 chumaceras de pared de 2 15/16", con 24 acoplamiento 1090T10 con 6 moto reductores de 15 hp con ratio de 29,0 a 1750/60 rpm de entrada/salida marca CHHS-6175-YSB-29. La siguiente figura muestra el mencionado conjunto de rodillos.

Figura 14. **Conjunto de rodos para limpieza de la caña**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Mesa receptora de caña, patio de caña.*

La salida de *trash* se realizará por medio de 3 conductores de banda (a, b y c). El conductor A con 147 pies de banda de 24" clase 2-160 con 3/16 de cubierta exterior y 1/16 de lado interior. Consta de 13 rodos de carga C3528-24, 1 rodo alineador superior C3532S-24, 6 rodos de retorno C3517S-24, 1 alineador inferior C3520S-24, 2 rodos C3501S-24, 1 polea motriz vulcanizada de 20" diámetro X 27" largo con eje 2 7/16", 1 polea de tensión 14" de diámetro X 27" con eje de 1.15/16, 1 polea de 16" de diámetro y 27" largo con eje de 1.15/16", 2 chumaceras de rodillos esféricos PLB-6839FR para eje 2.7/16", 2 chumaceras para ajustar la tensión de la banda tipo DS-LB6831-12 para eje 1.15/16", 1 motor eléctrico de 5 hp/1800 rpm/440 volts, 60 Hz 3 fases, 1 reductor ratio 29 de 5 hp y acoplamiento 1030T10, *sprocket* 15 y 19 dientes para cadena RC-140 y 15 pies de cadena RC-140.

La figura 15 muestra la salida A de *trash* que está ubicada por debajo del conjunto de rodillos de limpieza.

*Figura 15.* **Conductor A de banda para salida de *trash***



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de Caña.*

El conductor B con 100 pies de banda de 24" clase 2-160 con 3/16 de cubierta exterior y 1/16 de lado interior. Costa de 13 rodos de carga C3528-24, 1 rodo alineador superior C3532S-24, 6 rodos de retorno C3517S-24, 1 alineador inferior C3520S-24, 2 rodos C3501S-24, 1 polea motriz vulcanizada de 20" diámetro X 27" largo con eje 2.7/16", 1 polea de tensión 14" de diámetro X 27" con eje de 1,15/16, 1 polea de 16" de diámetro X 27" largo con eje de 1,15/16", 2 chumaceras de rodillos esféricos PLB-6839FR para eje 2,7/16", 2 chumaceras para ajustar la tensión de la banda DS-LB6831-12 para eje 1,15/16", 1 motor eléctrico de 5 hp/1800 rpm/440 volts, 60 Hz 3 fases, 1 reductor ratio 29 de 5hp y acoplamiento 1030T10, *sprocket* tipo B 15 y 19 dientes para cadena RC-140 y 15 pies de cadena RC-140.



La salida B mostrada en la figura 16 recibe la carga que le entrega la salida A.

Figura 16. **Conductor B de banda para salida de *trash***



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de caña*.

Conductor C con 420 pies de banda de hule de 30" clase 2-160 de 3/16 de capa exterior y 1/16 de capa interior. Consta de 45 rodos de carga C3528-30, 4 rodos alineadores superiores C3532S-30, 16 rodos de retorno C3517S-30, 3 alineadores inferiores C3520S-30, 2 todos C3501S-30, 1 polea motriz vulcanizada de 20" diámetro X 33" con eje de 2 7/16", 1 polea de tensión de 14" de diámetro X 33" con eje de 1,15/16", 4 poleas de 16" diámetro X 33" con eje de 1 15/16", 2 chumaceras de rodillos esféricos PLB-6839-FR para eje de 2 7/16", 10 chumaceras de rodillos esféricos PLB-6831R para eje de 1.15/16", 1 motor eléctrico de 7,5 hp/1800 rpm/440 volts/60 Hz de 3 fases, 1 reductor ratio 29 de 15 hp y acoplamiento 1030T10 con *sprocket* tipo B de 15 y 19 dientes para cadena RC-140 y 15 pies de cadena RC-140.

La salida C de la figura 17 recibe de la salida B, y es la encargada de descargar a la tolva general de *trash*.

Figura 17. **Conductor C de banda para salida de *trash***



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de Cana*.

De los conductores de *trash* antes descritos el Ingenio Magdalena S.A. cuenta con dos de cada tipo, cada tándem cuenta con un circuito de bandas A, B y C, y cada uno de estos tres circuitos descarga a una tolva general, la cual descarga a góndolas transportadas por camiones para regresar todo el *trash* al campo.

En la figura 18 se muestra un camión que está siendo cargado en la tolva general que recibe todo el *trash*.

Figura 18. Tolva receptora de *trash*



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de caña*.

### 2.1.5. Comparación en el consumo de agua

La reducción del consumo ha sido notoria cuantitativamente. Cada zafra el Ingenio Magdalena S. A. ha venido incrementando el ratio de molienda, y con esto se hubiera incrementado el consumo de agua para lavado de la caña, la implementación de la limpieza en seco vino a evitar este consumo que hoy por hoy es innecesario.

La tabla II muestra la cantidad de agua que se ha ahorrado desde la zafra 2011-2012.

Tabla II. **Agua ahorrada en zafra 2011-2012 y 2012-2013**

RATIO	ZAFRA 2011-2012		ZAFRA 2012-2013	
	CAÑA MOLIDA (Tn)	CANTIDAD DE AGUA AHORRADA (m <sup>3</sup> )	CAÑA MOLIDA (Tn)	CANTIDAD DE AGUA AHORRADA (m <sup>3</sup> )
1 hora	1 521,74	4 318,69	1 634,45	4 638,57
1 turno 8 horas	12 173,92	34 549,58	13 075,60	37 108,55
1 día zafra 24 horas	36 521,76	103 648,75	39 226,80	111 325,65

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

En la zafra 2011-2012 se molieron 5 871 872,52 y en la zafra 2012-2013 se molieron 6 930 375,82, estas dos zafras nos dan un total de 12 802 248,34 toneladas molidas.

Tabla III. **Ahorro de agua total en zafras 2011-2012 y 2012-2013**

ZAFRA	CAÑA MOLIDA (Tonelada)	AHORRO DE AGUA (m <sup>3</sup> )
2011-2012	5 871 872,52	16 664 374,21
2012-2013	6 930 375,82	19 668 406,58
<b>TOTAL AGUA AHORRADA</b>		<b>36 332 780,79</b>

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

En estas dos zafras se logró un ahorro total de 36 332 780,79 m<sup>3</sup> de agua.

### 2.1.6. Comparación en el consumo energético

Con el sistema de limpieza de la caña de azúcar con agua, la cantidad de motores eléctricos utilizados era menor, ya que solo se utilizaban para activar las bombas que alimentaban las mesas. Con este sistema únicamente se utilizaban cinco motores, pero el consumo en las bombas principales del sistema era elevado.

Tabla IV. **Motores eléctricos de equipos que componen sistema de lavado de caña**

Equipo	HP	RPM	A	V	kW Instalado
<b>Motor bomba de inyección</b>	350	1 200	390	440	297
<b>Motor bomba de hélice</b>	200	1 200	236	440	180
<b>Motor bomba auxiliar en mesa A</b>	40	1 800	52	440	40
<b>Motor bomba auxiliar en mesa B</b>	40	1 800	52	440	40
<b>Motor bomba auxiliar en mesa C</b>	40	1 800	52	440	40
<b>TOTAL kW INSTALADOS</b>					<b>596</b>

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo taller eléctrico de área industrial.*

Ahora con la implementación de la limpieza de la caña en seco en las mesas receptoras, se incrementó la capacidad instalada debido a una mayor cantidad de motores que requiere el sistema de limpieza en seco.

Tabla V. **Listado de motores eléctricos de equipos que componen el sistema de limpieza de caña en seco**

<b>EQUIPO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>HP</b>	<b>RPM</b>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>kW Instalado</b>
<b>Motor pateador</b>	3	150	1 800	168	440	384
<b>Motor rodillos</b>	18	20	1 800	27	440	370
<b>Motor banda 3A</b>	1	10	1 800	13	440	10
<b>Motor banda 2A</b>	1	10	1 800	13	440	10
<b>Motor banda 1A</b>	1	15	1 800	18	440	14
<b>Motor banda 3B</b>	1	10	1 800	13	440	10
<b>Motor banda 2B</b>	1	20	1 800	27	440	21
<b>Motor banda 1B</b>	1	30	1 800	41	440	31
<b>Motor banda 3C</b>	1	10	1 800	13	440	10
<b>Motor banda 2C</b>	1	20	1 800	27	440	21
<b>Motor banda 1C</b>	1	30	1 800	41	440	31
<b>TOTAL kW INSTALADOS</b>						<b>911</b>

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo taller eléctrico de área industrial.*

La tabla VI muestra los datos totales de capacidades instaladas respectivamente utilizadas para los dos sistemas de limpieza de caña de azúcar.

Tabla VI. **Capacidades totales instaladas para sistemas de limpieza de caña**

<b>SISTEMA AGUA /SECO</b>	<b>A</b>	<b>kW</b>
Capacidad total Instalada para sistema De limpieza con agua	782	596
Capacidad total Instada para sistema De limpieza en seco	1 196	911

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo taller eléctrico de área industrial.*

Con la implementación del sistema de limpieza en seco de la caña de azúcar se incrementó la cantidad de motores eléctricos, provocando esto un incremento de 315 kW de capacidad instalada, esta cantidad de incremento se podría dividir entre los tres tandems con los que cuenta el Ingenio Magdalena S.A. y comparar con los beneficios de ahorro de agua y de recuperación de materia prima son mayores que el mencionado incremento en la capacidad instalada.

## **2.2. Beneficios del ahorro en el consumo de agua**

La implementación del sistema de limpieza en seco de la caña de azúcar es de beneficio productivo para el ingenio y de beneficio al medio ambiente, a continuación, se enumeran los más importantes:

- Reducción del consumo de agua:

El Ingenio Magdalena S.A. actualmente tiene la capacidad de moler 42 000 toneladas diarias, y lo está haciendo, los cálculos del agua que se está ahorrando con esta ratio de molienda es de 119 196,00 m<sup>3</sup> diarios, reduciendo así el impacto ambiental.

- Recuperación en el proceso:

Al limpiar en seco la caña en la mesa receptora reducimos las pérdidas por el agua que se le aplicaba anteriormente, recuperando un cálculo de 5 libras de azúcar por tonelada de caña molida.

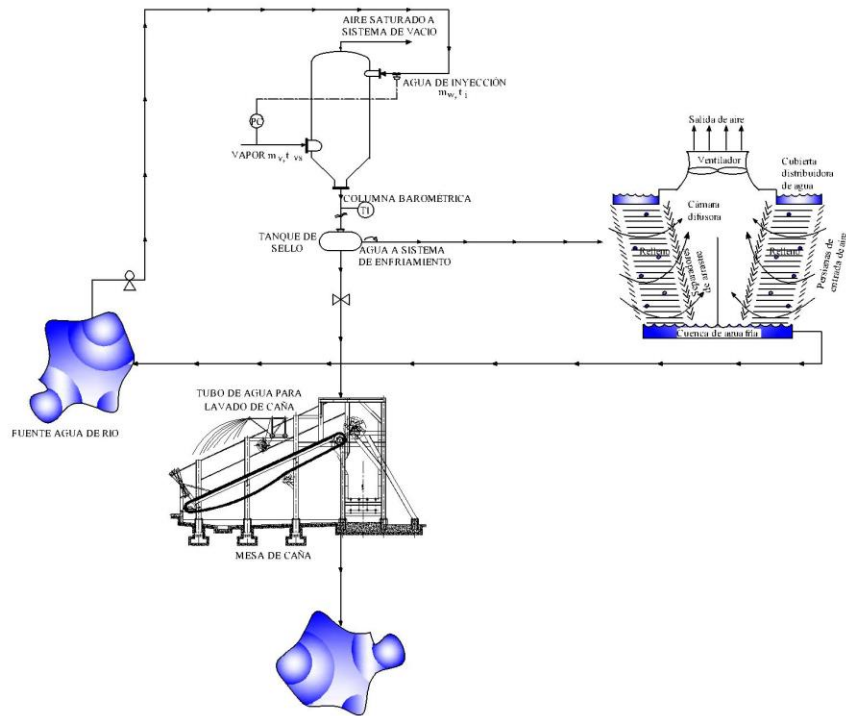
- Reutilización del agua en el proceso:

En la actualidad el agua sigue siendo bombeada desde la pileta de inyección hacia los condensadores para hacer el choque térmico anteriormente explicado, la diferencia ahora es que el agua es almacenada en un tanque de sello, ya que no se envía hacia a las mesas, salvo que sea necesario. El agua del tanque de almacenamiento se dirige únicamente hacia las torres de enfriamiento para retornar el agua ya con baja temperatura a la pileta de bombas de inyección. Con esto se ha logrado un circuito cerrado para la



reutilización del agua. El siguiente circuito muestra el recorrido actual del agua que antes se utilizaba para lavado de mesas de recepción de caña.

Figura 19. **Circuito de reutilización de agua para condensadores de fábrica**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

- Conservación del suelo:

Ya que se puede procesar la caña sin necesidad de quemarla, se está ayudando a conservar el suelo o la tierra para cultivar evitando las altas temperaturas a las que se somete en el momento de la quema. De la misma manera se evita la contaminación del aire con la ceniza de las hojas de la caña quemadas.



### **3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

En este capítulo se describe el proceso al cual se somete la caña de azúcar, a la transformación que va sufriendo la caña debido al efecto de los equipos mecánicos por los que pasa desde que se recibe en las mesas hasta el momento de la extracción de jugo en los molinos. Se describen también los sistemas de transmisión de potencia de los molinos cañeros, los dos tipos de acoples que se manejan en los molinos actualmente tanto rígido como el flexible.

En la zafra 2012 en el Ingenio Magdalena S.A. en el molino 5 del tándem C se utilizó un acople rígido y en la zafra 2013 se implementó uno flexible, entonces en este capítulo se hace la comparación de funcionamiento por medio de un análisis de resultados de ambos sometidos a la misma situación de trabajo.

#### **3.1. Descripción del proceso de extracción de sacarosa**

El proceso de la extracción de la sacarosa empieza en la recepción de la caña, que descargada a la mesa receptora en la cual se limpia en seco por medio del pateador y la cama de rodillos, ya que se eliminaron en la mesa las partículas de tierra, arena, piedras y otros materiales no deseados, se hace pasar la caña por las troceadoras en la mesa auxiliar dos, las cuales empieza el proceso de preparación, luego de ser cortada la caña a una longitud menor por las troceadoras la caña cae al conductor auxiliar de tablillas el cual la traslada a la picadora oscilante para disminuir aún más la longitud de los tallos de la caña y para terminar el proceso de preparación los tallos ya muy cortos de caña

pasan por la desfibradora la cual se encarga de abrir los tallos y dejar la fibra de la caña en si descubierta para facilitar el trabajo de extracción en los molinos.

Ya que la caña ha pasado por el proceso de preparación la caña desfibrada pasa a los molinos, los cuales pueden ser tándems de cinco o seis molinos, el trabajo de los molinos es el extraer el jugo de la caña preparada, cada molino está uno tiene la salida más cerrada que el otro, esto debido a que la comprensión en cada molino va disminuyendo de volumen la carga hasta llegar a el último molino del cual ya sale bagazo listo para combustible en las calderas. El jugo que se extrajo en los molinos es enviado por medio de bombas y un circuito de tuberías hacia fábrica. El jugo se envía en dos tipos, jugo cristal y jugo crudo, el jugo cristal es el jugo del primer molino que no está mezclado con ningún otro líquido, y el crudo que es jugo diluido con agua, este es el jugo extraído de los molinos dos en adelante.

El proceso de extracción de sacarosa se puede decir que se divide en los siguientes pasos:

- Recepción de caña
- Preparación de caña
- Extracción de jugo en molinos

### **3.1.1. Preparación**

La preparación de la caña comienza con la recepción de la caña de azúcar en las mesas para su debida limpieza, al entrar al patio de caña el camión tirando de las jaulas cargadas, se dirige a la parte frontal de la mesa para descargar por medio de un virador o también llamado malacate, que su función es voltear las jaulas en la mesa. La siguiente figura 20 muestra la descarga de caña en la mesa receptora.

Figura 20. **Descarga de caña en mesa receptora**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de Caña*.

Después de pasar por la mesa comienza el proceso de disminuir la caña lo más pequeñas posibles antes de llegar a los molinos para la extracción. Esta reducción se lleva a cabo por medio de troceadoras, picadoras y desfibradoras. Estos equipos encargados de preparar la caña se encuentran en los conductores de caña. El buen desempeño de los molinos depende de la preparación de la caña.

Los equipos de preparación de caña representan un 25 % de la demanda total de potencia de una fábrica. En los conductores de caña antes de cada equipo de preparación de caña existe un nivelador encargado de dar uniformidad a la alimentación de cada equipo. Estos niveladores no son necesarios en el caso de caña cosechada mecánicamente o caña mecanizada ya que por el tamaño de los trozos se hace más fácil una uniformidad en la alimentación.

Los objetivos de la preparación de la caña son:

- Reducir el tamaño de la caña hasta un tamaño adecuado para su manipulación en el proceso de extracción.
- Romper todas las células posibles portadoras de azúcar como sea posible, para facilitar la extracción.
- Producir material que reúna las características necesarias para la molienda.

La preparación de la caña previa a ser molida, es un factor esencial para tener una mejor recuperación de azúcar y moler más.

La evaluación de la preparación de la caña se efectúa por el método de Índice de preparación que integra la evaluación del % de caña preparada con la evaluación de celdas abiertas.

- El porcentaje de caña preparada:

Se determina separando físicamente los trozos de caña no preparados del bloque de caña y determinando la masa de los trozos de caña no preparada y la masa de la caña preparada.

$$\% \text{ caña preparada} = \frac{\text{masa caña preparada} * 100}{(\text{masa caña preparada} + \text{masa caña no preparada})}$$

- Evaluación de celdas abiertas:

Determina la cantidad de sacarosa extraída por maceración y la cantidad de sacarosa extraída por desintegración, la relación existe entre estas determinaciones indica la cantidad de celdas abiertas.

- Celdas abiertas = pol extraído lavando con agitación por 20 minutos / pol extraído por desintegración por 10 minutos.
- Índice de preparación = % caña preparada \* celdas abiertas
- Datos de referencia de los índices de preparación obtenidos con:
  - Dos juegos de cuchillas      70,0 -78,0
  - Tres o más juegos cuchillas 78,0 -85,0
  - Desfibradoras convencionales      78,0 -85,0
  - Desfibradoras servicio pesado      85,0 -92,0

La importancia del índice de preparación estriba en facilitar el aumento de molienda para un mismo tándem, así como facilitar la combustión del bagazo en calderas.

Mejores índices de preparación provocan la formación de micro bagacillo que puede migrar al jugo claro y al azúcar al no tener telas filtrantes adecuadas para atrapar este micro bagacillo.

### **3.1.2. Extracción de jugo de la caña de azúcar**

El objetivo de la molienda de la caña de azúcar es la separación de jugo que contiene sacarosa del resto de la caña, constituido principalmente por fibra. El termino extracción se utiliza para expresar el porcentaje de sacarosa que ha sido extraído de la caña en los molinos y es igual a la sacarosa en el jugo crudo o diluido, expresada como porcentaje de la sacarosa en caña. La caña está conformada por tres componentes y cada uno de estos por subcomponentes:

- Fibra

Fibra vegetal y materia insoluble que no es fibrosa pero está incluida en la fibra obtenida en el análisis de caña y bagazo y a veces medida en cenizas.

- Sólidos disueltos o Brix

Consisten de la materia en caña, soluble en agua:

- Sacarosa:

Usualmente se mide en forma aproximada como polarización o pol.

- No-sacarosas:

Demás material soluble que se halla en solución, en ocasiones se denominan también como no-azúcares o no-pol.

- Agua

Agua disponible: solvente en que sacarosa y no-sacarosas están disueltos.

Agua libre de brix: es el agua que está ligada a la estructura celulósica de la caña y por tanto no se encuentra disponible como un solvente para la sacarosa y no-sacarosas y no es extraída en el proceso de molienda.

En los molinos la caña preparada es exprimida utilizando elevadas presiones ente pares de mazas o rodillos consecutivos, los cuales están



diseñados para extraer tanto jugo (agua disponible + sacarosa + no azúcares) como sea posible de la fibra insoluble.

El residuo de la caña después de que se ha extraído el jugo se denomina bagazo, el cual es utilizado en las calderas como combustible.

### **3.1.3. Equipos utilizados en proceso de molienda de caña de azúcar**

En este ítem se describen todos los equipos involucrados en el proceso de molienda, tales como los equipos de recepción de caña, luego preparación de caña y por último equipos para la extracción de jugo.

- Virador o malacate

Este es el encargado de voltear las jaulas cargadas con caña sobre la rampa frontal de la mesa. La figura que se encuentra a continuación muestra el virador efectuando su trabajo de descarga sobre la mesa.

Figura 21. **Virador o malacate**



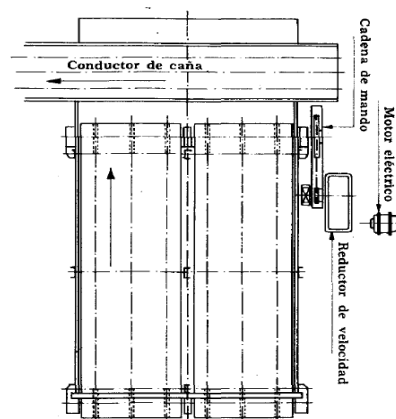
Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patío de caña*.

El balancín es enganchado a la jaula y por medio de cable acerado de 1,1/4" es levantado, el cable hace su recorrido por una configuración de poleas. Un circuito hidráulico acciona el sistema de levante por medio de cilindros hidráulicos accionados por medio de electroválvulas las cuales son controladas por mandos de palanca desde cabina en un panel por el operador. Todo este sistema está montado sobre una estructura de tubo cedula 80 de 12". Esta estructura es móvil ya que está montado sobre cuatro ruedas de acero que hacen recorrido sobre rieles para que el operador tenga un mayor campo de enganche.

- Mesa receptora de caña:

Consiste en un conductor muy ancho y corto, tan ancho como la longitud del remolque o camión que descarga la caña sobre ella, sus dimensiones son de 50' por 45'. El siguiente esquema muestra la mesa receptora perpendicular al conductor auxiliar.

Figura 22. **Mesa receptora de caña**



Fuente: HUGOT, Emile. *Manual para Ingenieros Azucareros*.

Estas incorporan un sistema de cadenas que arrastra la caña sobre la lámina de piso con ángulos de inclinación que varían desde 35°. La mesa utiliza 2 400' de cadena tipo Rivetles 698 repartida en las 24 hileras, esta cadena es arrastrada por dos ejes motrices de tubo de 24" de diámetro cedula 80 con largo de 22'-10.5/8" con 12 *sprocket* cada uno de 8 dientes con paso de 6" de lámina corten de 1 1/8" con eje de 7" de acero 1040 espiga de 6 15/16" con un alma en el eje de 10,5', cargados por chumaceras de cojinete de bronce. La figura siguiente muestra los ejes motrices de la mesa.

Figura 23. **Eje Motriz de mesa receptora**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Mesa Receptora, patio de caña.*

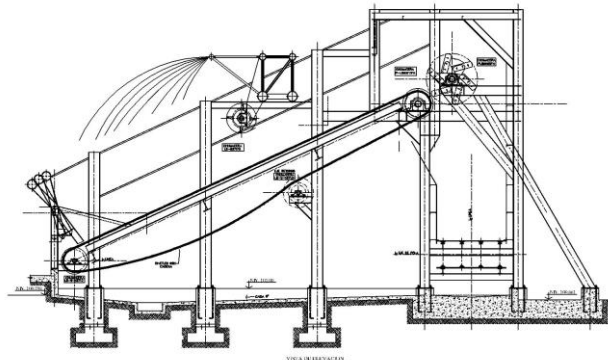
Los motores de accionamiento de 100 hp de 1 200 rpm, reductor 6295 ratio 29 y configuración de *sprockets* para una velocidad lineal final de la mesa de 32 pies/min, igualmente incorpora dos ejes coleros de tubo cedula 40 de 20" de

diámetro por 22'-10 5/8" de largo, cargados por chumaceras de cojinete de bronce para espiga de 4 15/16" de diámetro.

La mesa está provista con un total de 600 tablillas de tubo rectangular de 1/8"x2"x5" asegurada con espigas en la cadena 698 para empujar la caña.

La figura 24 muestra un esquema general de una mesa receptora en una vista lateral

Figura 24. **Esquema general de mesa receptora**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

Antes de la caída la mesa tiene instalados dos niveladores fabricados de tubo cedula 40 de 20" de diámetro y 23' de largo, ambos cargados por chumaceras de bronce para espiga de 4.15/16" con 19 aspas de fabricadas de viga I de 4"x6"x12,5lbs, accionada por un motor de 30hp y 1 750rpm, reductor de ratio 29 y un juego de *sprocket* para cadena RC160 y una rotación final 96 rpm, la función de estos es dar uniformidad a la carga que transporta la mesa.

- Conductor auxiliar de tablillas:

Su función es alimentar al conductor principal de la misma manera que lo hace un afluyente a la corriente más importante, están contruidos por 564 tablillas de acero de  $\frac{1}{4} \times 7 \frac{3}{4} \times 82 \frac{1}{2}$  con 16 agujeros de  $\frac{9}{16}$  atornilladas a 1132' de cadena tipo 960 de rodillos para reducir fricción, debido a que las cargas son altas y el conductor es largo, la cadena está repartida en 4 hileras. Las tablillas son ligeramente más anchas que el paso de la cadena para poder colocar un sello con perfil angular de 3" con los faldones de ambos lados para evitar filtraciones. La figura 25 muestra el montaje de tablillas en el conductor auxiliar.

Figura 25. **Conductor de tablillas**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de caña.*

El conductor hace su recorrido sobre 660' de viga de corredera tipo I de  $4 \times 6 \times 12,5$ lbs repartida en 4 correderas e hileras de retorno forrada por hembra mango plate de  $\frac{3}{8} \times 3$  para evitar el desgaste de la viga.

En la figura 26 se logran apreciar las flautas para la limpieza con vapor de del conductor, las correderas de la cadena 960 sobre la cual van montadas las tablillas.

Figura 26. **Cadena 960 para montaje de tablillas y flautas de vapor para limpieza de conductor**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de caña*.

Conducida por un eje motriz de acero 1040 de 10"x14' de largo con 4 *sprockets* de lámina corten 1,1/4" de 15 dientes paso de 6", con motor de accionamiento de 150 hp y 1 780 rpm, reductor de 150 hp y ratio 2,93, configuración de *sprockets* para una velocidad lineal final de conductor de 45 pie/min. La figura 27 muestra el eje motriz del conductor de tablillas.

Figura 27. **Cadena 960 montada sobre *sprockets* de eje motriz**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de Caña*.

Sobre el conductor de tablillas está montado un nivelador que da uniformidad a la carga antes de pasar por los equipos de preparación construido de lámina rolada de  $\frac{1}{4}$ " de hierro negro con 14 aspas de dimensiones 3"x6" de lámina de acero inoxidable de  $\frac{3}{8}$ ", gira sobre un eje de 4  $\frac{7}{16}$ " cargado sobre chumaceras para cojinete 22226, accionado por un motor de 30 hp y de 1 760 rpm, un reductor ratio 29, con configuración de *sprockets* para cadena 160 para trabajar finalmente a 93 rpm.

- Conductor de banda:

Este conductor es el encargado de alimentar a los molinos, transportando la caña desde el patio. Consta de 565' de banda de hule tipo 440 de 4 capas, cargada sobre idlers de carga y retorno, accionada por motor de 75 Hp y 1750 rpm, tiene un reductor de ratio 29, y una configuración de *sprockets* para cadena 2RC160.

Figura 28. **Conductor de banda**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de Caña*.

Perpendicularmente al conductor está montado su nivelador, que al igual que los niveladores de la mesa y del conductor de tablillas este tiene la tarea de homogeneizar y darle uniformidad a la alimentación de los molinos. Este nivelador está fabricado de lámina de hierro negro de  $\frac{1}{4}$ " tiene 82  $\frac{1}{2}$ " de largo y 36" de diámetro con 14 aspas de 3" ancho por 6" alto de lámina de acero inoxidable de  $\frac{1}{4}$ ", esta es accionado por un motor de 25Hp de 1 750 rpm con reductor de ratio 29 y una velocidad de trabajo de 96 rpm.

Para protección de los elementos mecánicos de los molinos sobre el conductor de banda se instala un separador magnético encargado de retener cualquier partícula o pieza de metal que vaya entre la caña preparada y se dirija a los molinos. Estas partículas pueden provenir de equipos de campo, pedazos de jaulas que descargan en la mesa, y pedazos de metal provenientes de mesas, conductores y cuchillas de equipos de la preparación. En caso de mucha acumulación de partículas metálicas en el separador o en caso atrapa un pedazo muy grande se debe interrumpir el proceso para limpiar el separador.



Figura 29. **Separador magnético**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Patio de Caña.*

- Troceadora

Este sistema de cuchillas es el encargado de comenzar la preparación de la caña disminuyendo el tamaño de los tallos antes de que caigan al conductor auxiliar y se trasladen a la picadora. La figura 30 muestra el montaje por mecánicos de las troceadoras después de su reparación.

Figura 30. **Montaje de troceadoras**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Mesa receptora, patio de caña.*

Cada troceadora se compone de dos secciones, interna y externa, se montan en la mesa auxiliar, cada sección mide 163" de longitud, tiene nueve soportes hechos de lámina de hierro negro de 2" con doble cuchilla de 7" de ancho y 24" de largo fabricadas en lámina de 5/8". Se muestra en la siguiente figura las cuatro secciones de las troceadoras ya terminado su montaje.

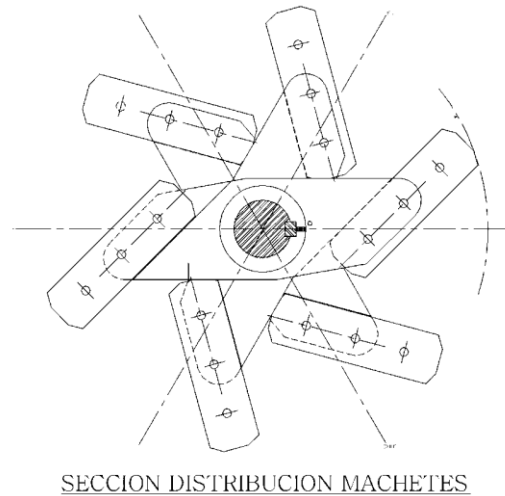
Figura 31. **Troceadoras montadas en sus pedestales**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Mesa Receptora, patio de caña.*

En total son treinta y seis soportes cada uno dos cuchillas haciendo un total de setenta y dos cuchillas las cuales se encargan de comenzar a preparar la caña. El siguiente esquema de la figura 32 muestra la distribución de soportes y cuchillas de las troceadoras.

Figura 32. **Esquema de distribución de soportes y cuchillas en troceadoras**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

Las dos secciones externas están accionadas por motores de 350 hp y 1 750 rpm, y se tiene una configuración de poleas y faja para que las troceadoras operen a 470 rpm.

- Picadora oscilante

La acción de la picadora es romper la caña en trozos más pequeños de los que hace la troceadora, además de romper celdas para facilitarle el trabajo a la desfibradora. Las cuchillas son de tipo oscilante para minimizar daños por piedras o por pedazos metálicos.

La picadora oscilante se compone de un eje de acero 1 040 sobre el cual rota de 10" de diámetro y una longitud de 163" acero 1 040, veinticinco discos de acero 1 040 lámina de 1" de espesor y 36" de diámetro que forman el cuerpo de la picadora, y noventa y seis cuchillas aseguradas a los discos por 8 barras

silvaloy de 2,1/4" de diámetro y 44" de longitud. La picadora trabaja sobre chumaceras para cojinete 22344 lubricado por sistema individual de aceite. La figura 33 muestra la picadora sin cuchillas montada sobre el conductor de tablillas.

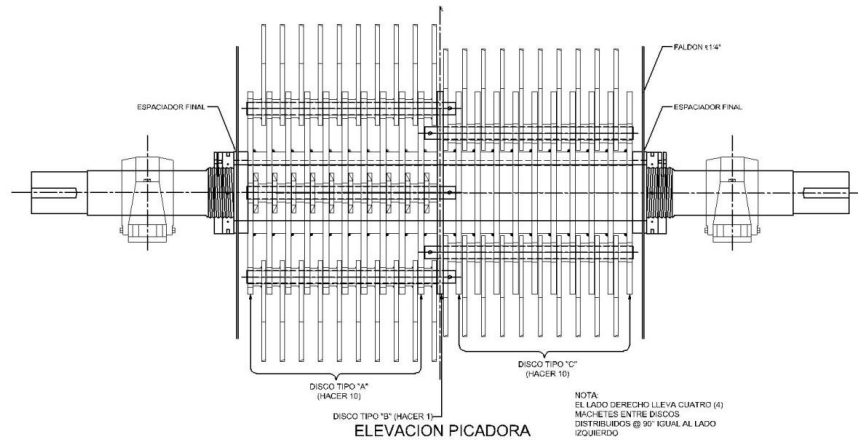
Figura 33. **Rotor de picadora oscilante**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Conductor de tablillas, patio de caña.*

La picadora es accionada por un motor de 1 750 hp y 1 780 rpm, y un reductor de ratio 2,25 para que la picadora opere a una velocidad de 775 rpm. La figura 34 muestra la distribución de soportes y cuchillas de la picadora oscilante.

Figura 34. Esquema de picadora oscilante



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

- Desfibradora

Las desfibradoras utilizan martillos basculantes montados sobre un rotor en 680 y 1 200 rpm, describiendo velocidades periféricas de las puntas de aproximadamente 100 m/s. Los martillos se proporcionan dejando una estrecha holgura entre la punta del martillo y un yunque que cuenta con barras localizadas en posiciones angulares apropiadas respecto a la rotación de los martillos. Es importante utilizar holguras estrechas para lograr una preparación fina del tipo requerido, es decir, con presencia de fibras largas. La principal función de las barras del yunque es retornar a las partículas dentro de la trayectoria de los martillos de manera que puedan ocurrir más impactos.

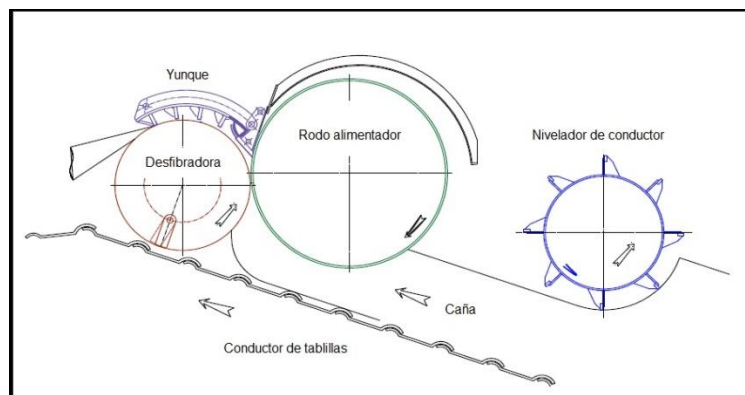
Figura 35. **Rodo alimentador de desfibradora**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Área de repuestos, maquinaria área industrial,*

La desfibradora funciona de la mano de un rodo alimentador el cual cumple la función como su nombre lo dice de alimentar a la desfibradora.

Figura 36. **Esquema de vista lateral de configuración desfibradora y rodo alimentador**



Fuente: FIVES CAIL, *Manual desfibradora en Línea.*

Una sola desfibradora de trabajo pesado puede lograr el grado de preparación requerido y permite tener una estación de preparación más simple.

Figura 37. **Esquema de operación de rodo alimentador, desfibradora y yunque**

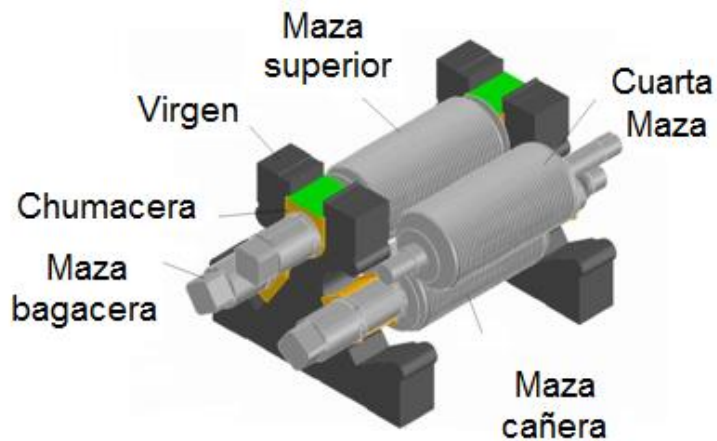


Fuente: FIVES CAIL. *Manual Desfibradora en línea.*

- Molino cañero

El molino cañero es equipo encargado de extraer por compresión el jugo de la caña desfibrada que entra entre sus mazas. El molino está conformado por virgenes, mazas, chumaceras, cuchillas y peines, y cabezotes hidráulicos.

Figura 38. **Esquema de distribución de mazas sobre virgenes de molino cañero**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

El molino convencional es aquel que su maza cañera y bagacera se encuentran en un mismo nivel, mientras que la maza superior es flotante.

El molino básico está constituido de cuatro mazas, la maza superior, que debe ser capaz de flotar hacia arriba durante la operación, las mazas cañeras y bagacera que deben ser ajustables hacia los costados, y por último la cuarta maza que funciona como alimentadora del molino. El diseño tradicional de molinos dispone a los centros de maza formando un triángulo isósceles, con un ángulo superior alrededor de  $70^\circ$ , es decir que las mazas cañera y bagacera están cada una a  $35^\circ$  de la vertical debajo de la maza superior, o un ángulo ligeramente más amplio para acomodarse a la holgura de los piñones.

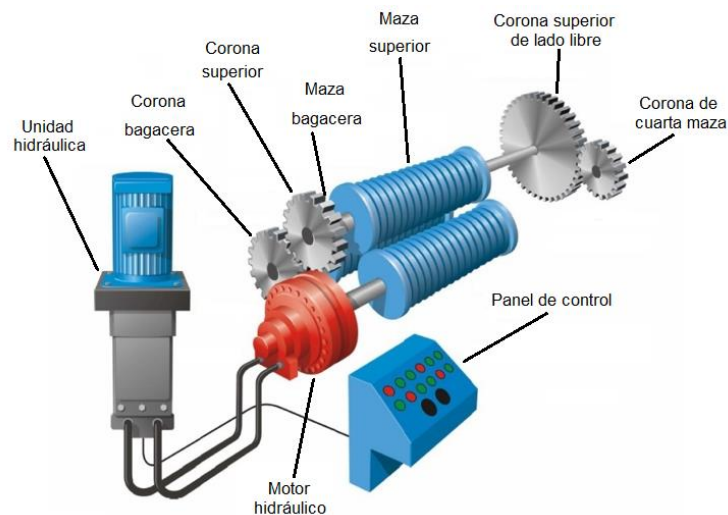


- Sistema de transmisión de movimiento de las mazas del molino cañero

La transmisión de movimiento de las mazas en el molino cañero se efectúa por medio de coronas. Las coronas son fabricadas de acero, y se conectan una con otra por medio de sus dientes, para dar rotación a las mazas.

La corona superior es la que recibe la partencia para dar movimiento al molino cañero. Como se puede apreciar en la figura 39, la corona superior es la encargada de transmitir movimiento a la corona bagacera, la corona superior de lado libre de transmitir movimiento a la corona de cuarta maza y la maza cañera es accionada por medio de un sistema de potencia hidráulico.

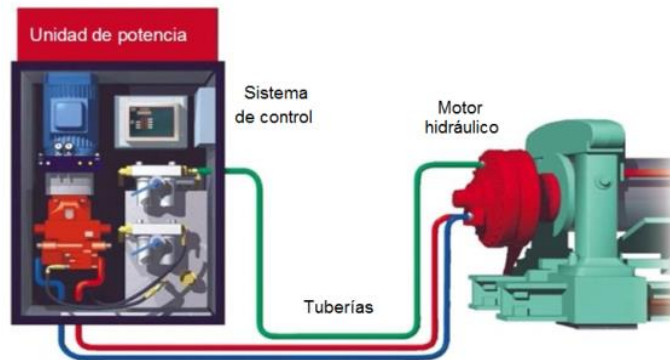
Figura 39. **Esquema de configuración de transmisión de movimiento de molino cañero**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Presentación de introducción y generalidades de unidad de potencia para personal de Hägglunds, Rexroth, Bosch Group.*

El sistema de potencia hidráulica está conformado por una unidad hidráulica, tuberías y motor hidráulico, como se muestra en la figura 40.

Figura 40. **Componentes de la unidad de potencia hidráulica**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Presentación de componentes de unidad de potencia para personal de Hägglunds, Rexroth, Bosch Group.*

En la unidad de potencia se encuentra el sistema de control, como su nombre lo dice, él es el encargado de dar ordenes al sistema de potencia hidraulico completo mediante una programación de parametros previamente realizada.

Figura 41. **Esquema de control del sistema hidráulico**

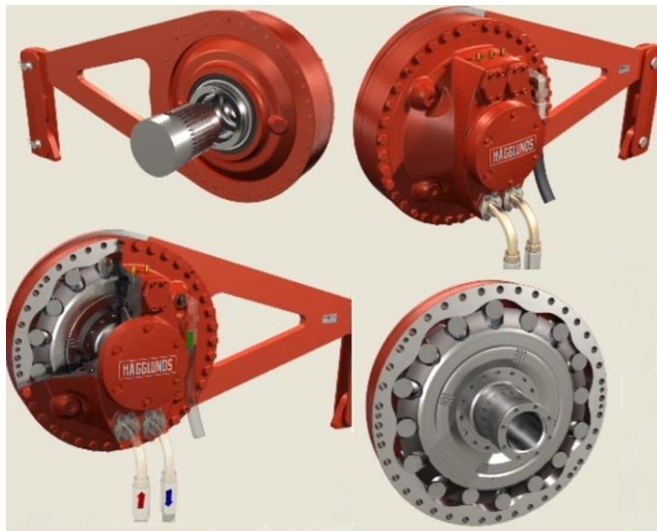


Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Presentación de componentes de unidad de potencia para personal de Hägglunds, Rexroth, Bosch Group.*

En la figura 42 se muestra el motor hidráulico utilizado para hacer funcionar la maza cañera, el cual funciona por medio de una serie de

pistones accionados por el aceite hidráulico contra la pared interna en forma lobular de la carcasa del motor, generando así el movimiento de rotación.

Figura 42. **Motor hidráulico para maza cañera**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. Presentación de componentes de unidad de potencia para personal de Hägglunds, Rexroth, Bosch Group.

- **Vírgenes**

Fabricadas de acero fundido o en acero maquinado, su función es cargar las mazas del molino en la orientación y posición deseadas. La posición de las mazas requiere ser flexible para permitir diferentes tamaños de maza y ajuste de aberturas.

Figura 43. **Vírgenes**



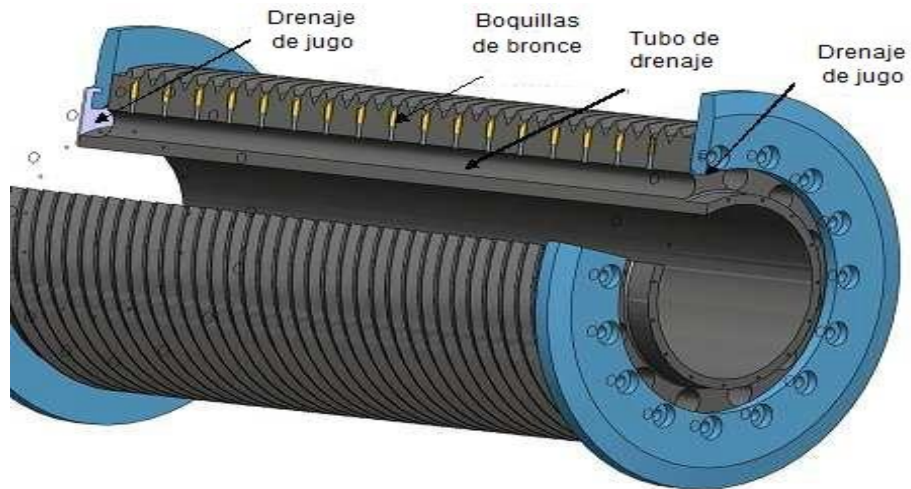
Fuente: Ingenio Magdalena S. A . *Molino número 5 de tándem C, Edificio de molinos de tándem C.*

Las vírgenes deben soportar internamente tensión debido a las fuerzas de separación entre las mazas del molino, de las cuales las mayores fuerzas son la fuerza vertical impuesta por los hidráulicos sobre las chumaceras de la maza superior y las reacciones en la bagacera, cañera y la cuchilla central. Estas fuerzas son mucho mayores que el peso del molino y sus mazas. Externamente los cimientos deben soportar el peso del molino y la reacción al torque de accionamiento del molino. Todas las fuerzas son dinámicas e imponen esfuerzos mecánicos fluctuantes sobre las vírgenes.

- Mazas

Son construidas con un eje de acero, sobre el cual se ajusta por contracción térmica una camisa de hierro fundido.

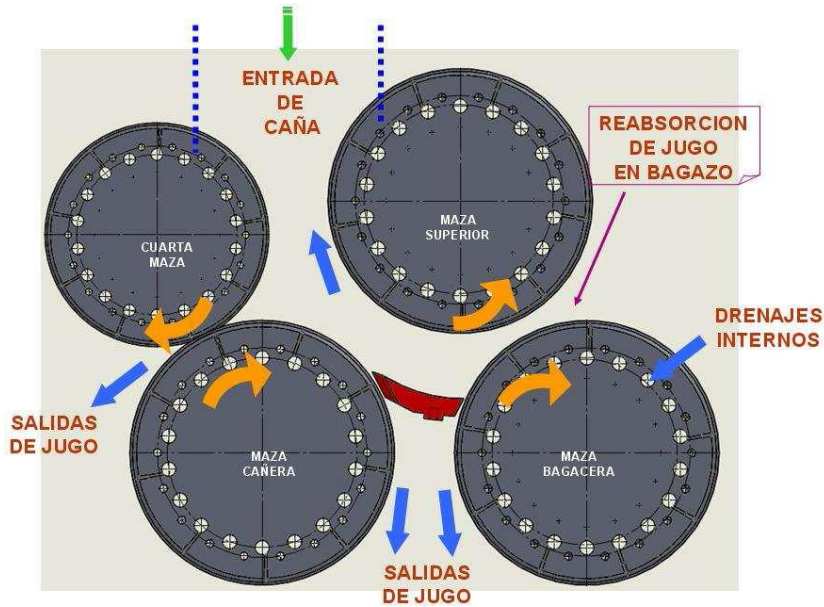
Figura 44. **Camisa para maza de molino cañero**



Fuente: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/FE20%Mazas%20drenajes%20internos\_0410114052.pdf. Consulta: diciembre de 2013.

- El molino cañero consta de cuatro mazas.
  - Superior
  - Bagacera
  - Cañera
  - Cuarta maza

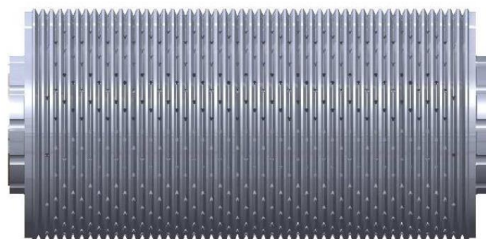
Figura 45. **Configuración de mazas de un molino cañero**



Fuente: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/FE20%Mazas%20drenajes%20internos\_0410114052.pdf. Consulta: diciembre de 2013.

La maza superior, bagacera y cañera son las encargadas de hacer la compresión de la caña desfibrada para la extracción del jugo, mientras que la cuarta maza hace la función de alimentador del molino.

Figura 46. **Camisa perforada para mayor drenaje de jugo**



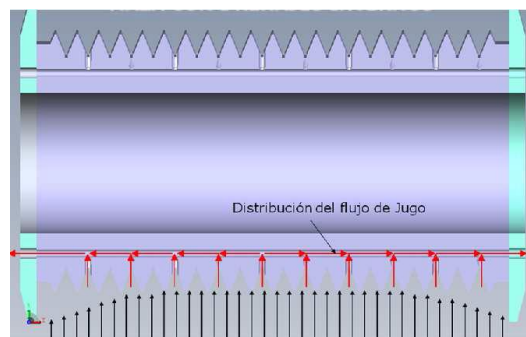
Fuente: Camisa perforada para mayor drenaje de jugo.

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/FE20%Mazas%20drenajes%20internos\_0410114052.pdf.

Consulta: Diciembre de 2013

Las mazas tienen un rayado el cual ayuda a romper la caña, además el rayado proporciona una mayor área superficial de contacto con la caña y por lo tanto una mayor tracción, la caña no alcanza el fondo del rayado en V de la maza, lo cual proporciona un drenaje natural para el jugo exprimido.

Figura 47. **Esquema de flujo de jugo en maza de molino**



Fuente: Esquema de flujo de jugo e aza de molino.

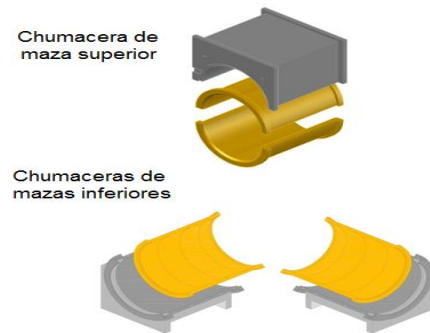
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/FE20%Mazas%20drenajes%20internos\_0410114052.pdf.

Consulta: diciembre de 2013

- Chumaceras

Son fabricadas de fundición entera de bronce o comprendiendo soporte de acero con una teja de bronce.

Figura 48. **Chumaceras de molino cañero**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

La mitad inferior de la chumacera de la maza superior es maciza y de bronce. La aleación típica para chumaceras de molinos cañeros comprende 84 % cobre, 10 % estaño, 3 % plomo y 3 % zinc.

Figura 49. **Montaje de chumacera de maza superior en la virgen**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Molino núm. 5 de tándem C, edificio de molinos de tándem C.*



El componente del sistema de refrigeración es el agua, la cual se hace circular a través de la chumacera. Las salidas de agua se recopilan y se envían por un sistema de bombeo hacia una torre de enfriamiento, y luego se vuelve a bombear hacia molinos para así lograr un circuito cerrado de refrigeración para las chumaceras.

Para el suministro de lubricación se deben utilizar bombas de desplazamiento positivo independientes en cada chumacera para asegurar una distribución apropiada. El lubricante debe de ser introducido en la zona de contacto a través de un canal cuidadosamente formado sobre una línea de  $45^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  adelante del punto máximo de presión. Para las mazas inferiores esta línea es aproximadamente opuesta respecto al centro de la maza superior. Para la maza superior, esta línea usualmente está desviada de 15 a 25 grados hacia el frente del molino. Esto debido a la mayor compresión en la bagacera que en la cañera.

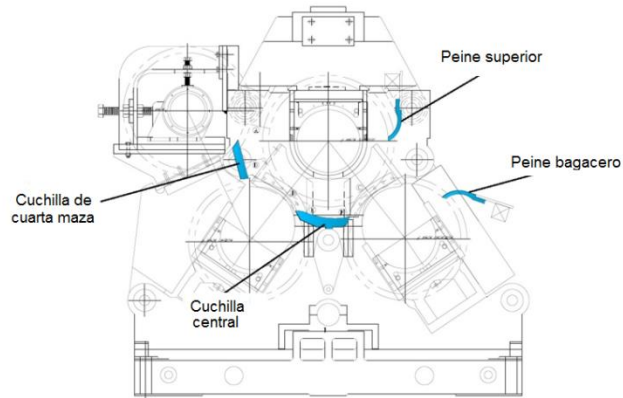
Han sido utilizados con éxito aceites de tipo bituminoso y grasas formuladas de forma especial.

En ocasiones se incorporan aditivos para presión extrema, sea dentro de la formulación estándar o adicionados específicamente a una chumacera cuando está calentando. Ciertos aceites sintéticos cumplen con esta tarea, pero son caros y su aplicación a pérdida total constituye una pérdida costosa.

- Cuchillas y peines

Fabricados de hierro fundido o acero según sea la necesidad, son los encargados de limpiar las mazas y crear sellos dentro del molino.

Figura 50. **Esquema de distribución de cuchillas y peines en molino cañero**



Fuente: Archivo Departamento de Maquinaria de Área Industrial, Ingenio Magdalena S. A.

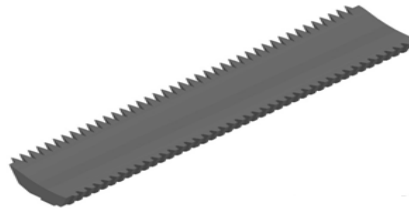
- Cuchilla central

Su función es dirigir la caña o el bagazo desde la abertura de trabajo de la maza cañera hacia la abertura de la maza bagacera para su siguiente compresión y extracción.

Las cuchillas centrales se pueden fabricar utilizando hierro fundido de grano fino, hierro fundido con grafito esferoidal o materiales equivalentes.

La cuchilla central se monta con pernos y tuercas sobre el puente. El puente es ajustable por deslizamiento o por rotación, según sea su mecanismo mecánico, para permitir cuchillas centrales desgastadas hasta que se acoplen ajustadamente sobre los flancos de los dientes de la maza.

Figura 51. **Cuchilla central**

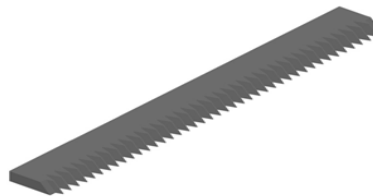


Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

- Cuchilla de cuarta maza

Es la encargada de la limpieza de la cuarta maza, así como formar un sello entre cuarta maza y maza cañera.

Figura 52. **Cuchilla de cuarta maza**

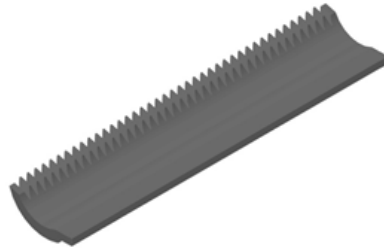


Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

- Peines

Son utilizados en la salida del molino para la limpieza de maza superior y maza bagacera, y su perfil es curvado

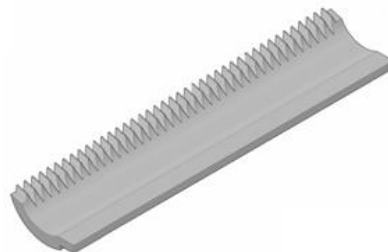
Figura 53. **Peine superior**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

Estos son expuestos a fuerzas menores que la cuchilla central debido a esto se pueden fabricar de materiales con menos especificaciones, como por ejemplo hierro fundido.

Figura 54. **Peine bagacero**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

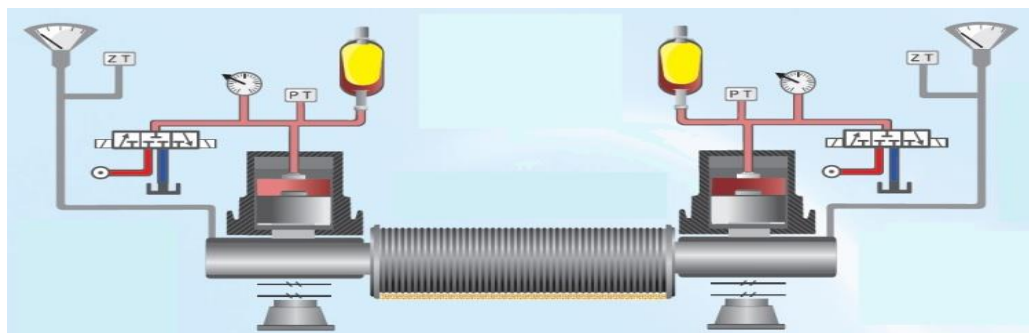
- **Cabezotes hidráulicos**

Los cabezotes hidráulicos están montados sobre las vírgenes y actúan verticalmente hacia abajo sobre las chumaceras de la maza superior, la presión entre estos accionamientos hidráulicos se proporciona con aceite desde una bomba de alta presión. El sistema de aceite necesita absorber cambios de volumen a medida que los hidráulicos se mueven con la flotación de la maza

superior. Para este propósito, generalmente se incorpora un acumulador hidráulico.

El tipo más común es el acumulador Edwards gas-aceite, que comprende una botella grande de acero que encierra una vejiga sintética de caucho inflada con Nitrógeno. El circuito de aceite está conectado a una botella, llenando los espacios por fuera de la vejiga, que se expande o contrae para ajustar los cambios de volumen. El acumulador debe encontrarse tan cerca como sea posible para minimizar el amortiguamiento por fricción del flujo. Este dispositivo opera a la máxima presión aplicada sobre los pistones del cilindro hidráulico del molino.

Figura 55. **Esquema de funcionamiento de cabezotes hidráulicos**



Fuente: Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda. 14º. *SBA Seminario Brasileiro Agroindustrial A Usina Da Superacao, Centro de Eventos Taiwan, Ribeirao Preto-SP*  
30/10/2013.

### 3.2. Sistema de transmisión de potencia de un molino cañero

Toma la potencia transmitida por una vía primaria y transmitirla a través de acoples, permitiendo de esta forma incrementar o reducir la velocidad del molino cañero según la necesidad de molienda que se requiera.

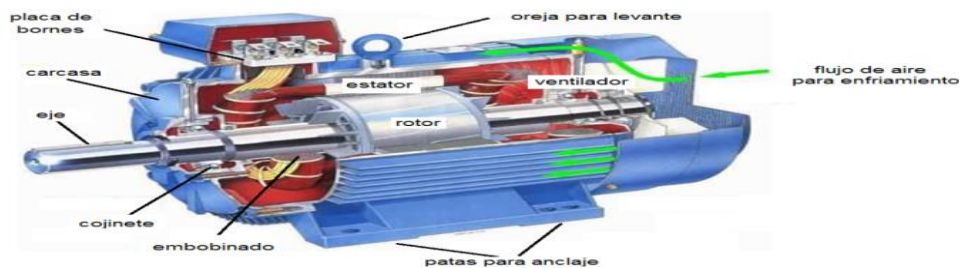
### 3.2.1. Elementos de transmisión

Como su nombre lo dice su función es la de transmitir energía para lograr hacer un trabajo, en este caso hacer girar las mazas del molino cañero, cada elemento de transmisión del sistema tiene una función que por medio de sus partes eléctricas y mecánicas en este caso van transformando la energía para ir desarrollando el trabajo por etapas.

#### 3.2.1.1. Elemento motriz

El elemento motriz del sistema es un motor eléctrico que se puede definir como una máquina para producir movimiento deseado que resulta ser capaz de transformar la energía eléctrica propiamente dicha en energía mecánica, esto lo logra a través de diferentes interacciones electromagnéticas. Hay algunos motores eléctricos que pueden hacer el proceso inverso al mencionado antes, es decir transformar la energía mecánica en energía eléctrica pasando a funcionar como un auténtico generador. Los motores eléctricos se los utiliza además en instalaciones industriales, comerciales y hasta en los domicilios particulares.

Figura 56. Esquema de motor eléctrico



Fuente: Esquema de motor eléctrico. <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/image002.jpg&imgrefurldirecta.shtml&h>. Consulta: enero de 2014.

Los principios de funcionamiento tanto en los motores de corriente alterna como los de corriente directa son básicamente los mismos, indicando que, si un conductor por el cual circula la corriente eléctrica está dentro del radio de acción de un campo magnético, este tenderá a desplazarse de forma perpendicular a las líneas de acción del campo magnético, generando de este modo el movimiento deseado.

### **3.2.1.2. Caja reductora**

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos). Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montada en un cuerpo compacto denominado caja reductora de velocidad también es llamada como reductora de velocidad.

- Tipo de cajas reductoras de velocidad

Se suelen clasificar de un modo bastante anárquico, solapándose en algunos casos las definiciones de modo intrínseco y en otros casos hay que usar diversas clasificaciones para definirlos.

- Clasificación por tipo de engranajes

Las cajas reductoras se pueden clasificar por la tipología de sus engranajes, las clasificaciones más usuales son:

- Sin fin-corona
- Engranajes
- Planetarios

Figura 57. **Reductor de baja Walkers utilizados en molinos cañeros de tándem C de Ingenio Magdalena S.A.**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Molino número 1 de tándem C, edificio de molinos tándem C.*

- Caja reductora de velocidad de Sin fin corona

Es quizás el tipo de caja reductora de velocidad más sencilla, se compone de las tendencias de ingeniería lo consideran obsoleto por sus grandes defectos que son, el bajo rendimiento energético y la pérdida de tiempo entre ciclos

- Caja reductora de velocidad de engranajes

Las cajas reductoras de engranajes son aquellas en que toda la transmisión mecánica se realiza por pares de engranajes de cualquier tipo excepto los basados en tornillo sin fin. Sus ventajas son el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño.



- Caja reductora cicloidal

El sistema de reducción de velocidad de cicloidal se basa en un principio ingeniosamente simple, la caja reductora de velocidad sólo tiene tres partes móviles: el eje de entrada de alta velocidad con una leva excéntrica integral y un conjunto de cojinete de rodillo, el disco cicloidal y el conjunto del eje de salida de baja velocidad. La acción de rodamiento progresiva y pareja de los discos cicloidales eliminan la fricción y los puntos de presión de los engranajes convencionales. Todos los componentes que transmiten el par de torsión de Cicloidal ruedan y están dispuestos en forma simétrica alrededor del eje para una operación equilibrada.

- Caja reductora de velocidad con configuración de engranes:

Son reductores de engranaje con la particularidad de que no están compuestos de pares de sino de una disposición algo distinta, y sirve para diferentes tipos de variaciones de velocidad. Hay dos tipos de engranajes planetarios para reducir la velocidad de la hélice con respecto a la del cigüeñal. Un sistema tiene el engranaje principal sol fijado rígidamente a la sección delantera del motor, y una corona interna es impulsada por el cigüeñal. El piñón está unido al eje de lo que quiere mover y montado en ella y son una serie de piñones que cuando el cigüeñal gira, los piñones giran en torno al principal fijo, en compañía de la hélice en la misma dirección, pero a una velocidad reducida.

Este tipo de engrane mantiene el sentido de la velocidad angular. El tallado de estos engranajes se realiza mediante talladoras mortajadoras de generación. Debido a que tienen más dientes en contacto que los otros tipos de reductores, son capaces de transferir / soportar más torque; por lo que su uso en la industria cada vez es más difundido. Ya que generalmente un reductor

convencional de flechas paralelas en aplicaciones de alto torque debe de recurrir a arreglos de corona / cadenas lo cual vuelve no solo requiere de más tamaño sino que también implicará el uso de lubricantes para el arreglo corona / cadena. La selección de reductores planetarios se hace como la de cualquier reductor, en función del torque Newton-metro. Como cualquier otro reductor ya sea planetario o flechas paralelas.

- Clasificación por disposición de los ejes lento y rápido.

Las cajas reductoras se pueden clasificar por la posición relativa del eje lento de la caja con respecto al eje rápido del mismo, las clasificaciones más usuales son:

- Paralelos
- Ortogonales
- Coaxiales

Clasificación por sistema de fijación

- Las cajas reductoras se pueden clasificar por su sistema de fijación:
  - Fijo P
  - Pendular
- Características de las cajas reductoras de velocidad:

La fabricación o selección de una caja reductora de velocidad es algo sumamente complejo en algunas ocasiones dada la gran cantidad de parámetros a tener en cuenta. Los principales son:

- Par motor

Es la potencia que puede transmitir un motor en cada giro. También llamado torque

- Par nominal

Es el par transmisible por el reductor de velocidad con una carga uniforme y unidad en el SI es el N m.

- Par de cálculo

Es el producto del par resistente y el factor de servicio requerido por la máquina a la que el reductor de velocidad va a ser acoplado.

- Potencia térmica

Los rendimientos de los trenes de engranajes tienen una pérdida de potencia en forma de calor que tiene que ser disipada por el cuerpo de los reductores de velocidad. Puede ocurrir que la potencia transmisible mecánicamente provoque un calor en el reductor de velocidad a unos niveles.

### **3.2.1.3. Acople**

En un proyecto mecánico muchas veces es necesario unir elementos rotacionales como ejes, pues su longitud sería demasiado grande para hacerlos enterizos. Otras veces, simplemente se necesita acoplar el eje del motor con la máquina o con la transmisión intermedia. En muchos casos es preciso valerse de elementos capaces de absorber desalineamientos entre dos partes de forma

intencional o evitable. En todos estos casos los elementos de empalme que se utilizan son los acoples.

Un acople es un elemento de máquina que permite unir o acoplar para comunicar el movimiento entre dos ejes en línea recta con dirección paralela inclinada o en planos diferentes.

- Funciones de un acople en un proyecto mecánico

Las funciones generales de un acople mecánico en cualquier diseño de maquinaria, mecanismo o cualquier proyecto mecánico son:

- Transmitir torque (potencia)
- Permitir algunos valores de desalineación angular y/o paralela.
- Permitir fácil ensamble y desensamble
- Amortiguar las fuerzas inherentes en el sistema (si las hay)
- Ser capaz de aceptar cargas de choque, picos de carga de hasta un 200 %.
- Permitir o compensar los efectos de eje flotante y expansión térmica.
- Conservar la rigidez entre la maza y el eje (conductor y conducido)
- Soportar las fluctuaciones de temperatura
- Proteger el sistema contra sobrecargas de la maquina accionada
- Minimizar las fuerzas de desbalanceo (resultando en vibración)
- Proveer baja inercia y minimizar los efectos a velocidades criticas
- Retener el lubricante (si es necesario)

Para llevar a cabo tales funciones se disponen de diferentes tipos de acoples mecánicos.

- Tipos

De acuerdo con la exactitud de alineación de los ejes que unen, el número de revoluciones por minuto y las potencias que transmiten, los acoplamientos pueden ser:

- Rígidos
- Flexibles
- Articulados

### **3.3. Elementos de sistemas de acoplamiento**

Los elementos de un sistema de acoplamiento son las partes que lo conforman no importando de qué tipo se esté hablando. Cada uno de estos elementos está involucrado en la transferencia de potencia de un eje conductor a un eje conducido.

#### **3.3.1. Sistema de acople rígido**

Son aquellos que su única función es acoplar dos ejes para transmitir potencia y no tienen posibilidad de absorber cualquier falta de alineamiento, aunque en algunos casos pueden ser capaces de ajustar las deformaciones axiales. Por tanto, estos acoplamientos se deben utilizar siempre en la unión de ejes perfectamente alineados y cortos.

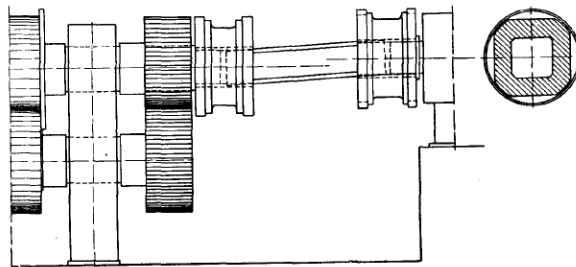
La manera más común de propulsar el molino azucarero es a través de la maza superior y las coronas como en primeros molinos de tres mazas en la historia. La unión entre el reductor final y los molinos sigue siendo la parte más tradicional en la mayoría de los molinos azucareros es por medio de un sistema

de acople rígido que se realiza por medio de un eje de transmisión intermedio y dos mazas cuadradas. Los ejes de las mazas, así como de los reductores incluyendo los reductores más modernos vienen originalmente con las terminaciones cuadradas preparadas para usar los acoples tradicionales de eje de transmisión de barra cuadrada.

Tanto el eje de la maza superior como el eje de la catarina del reductor terminan en forma cuadrada, de la misma forma del elemento del sistema de acople rígido que se interpone entre ambos, este es un eje de transmisión que se une con ambos ejes por medio de dos mazas como se muestra en la figura

La figura 58 muestra el sistema de acople rígido utilizado en el molino cañero.

Figura 58. **Esquema de sistema de acople rígido**



Fuente: HUGOT, Emile, *Manual para ingenieros azucareros*.

Este sistema de acople rígido utilizado en los molinos cañeros es llamado en el medio de la industria azucarera como eje entre dos. Este sistema de acople está diseñado para permitir que la maza superior del molino en operación flote para hacer la extracción. La elevación es de varios milímetros y el acople debe permitir este movimiento. Debido a que un acople rígido se debe utilizar en ejes perfectamente alineados, este tipo de sistema de acople tiene las siguientes desventajas principales en su utilización en un molino cañero:

- Generan un empuje entre el molino y el reductor del accionamiento final, resultando en desgaste de los componentes del molino y fallas en los rodamientos del reductor.
- En caso de alguna rotura transversal del eje del molino, el reductor podría dañarse gravemente debido al empuje generado resultante.
- Aplican momentos de flexión sobre el eje del engrane, provocando
- Desalineamiento de los dientes del engrane debido a los espacios libres en los rodamientos, lo cual resulta en un deterioro prematuro y fallas.
- Son ineficientes y la pérdida de energía puede afectar el desempeño del molino cuando la energía disponible es marginal.
- Requieren de lubricación regular entre operaciones, costos significativos de reparación de los cuadrantes del eje entre zafras, y ocasionalmente, provocan incluso rotura del eje.

Aunque todas estas desventajas son bien conocidas por los técnicos azucareros los acoplamientos con la barra cuadrada siguen siendo los más comunes en la aplicación en los ingenios.

### **3.3.1.1. Partes del sistema**

El sistema se compone de dos mazas y un eje de transmisión. Una maza es la encargada de unir el eje conductor con el eje de transmisión, la otra une el eje de transmisión con el eje conducido. Una de las mazas, la que está colocada a un costado del reductor, está diseñado para funcionar como fusible,

funciona como un limitador del torque, rompiéndose en caso de sobre torque protegiendo así las maquinas conectadas.

En razon de las necesidades del montaje el eje de transmisión del sistema de acoplamiento debe tener una longitud de 8 a 10 cm, superior a la longitud de las dos mazas de las extremidades, superpuestas, y debe ser 1 o 2 cm mas corta que el intervalo que separa los dos ejes que une. Las extremidades del eje son rectas.

Los elementos que componen este sistema de acople rígido son:

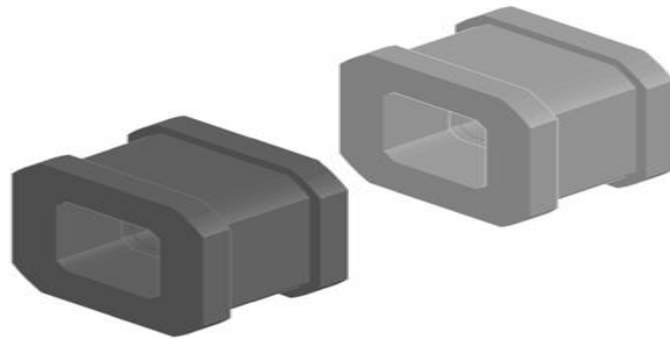
- Mazas de acople

Las mazas del sistema su función es unir al eje de transmisión con el eje conductor y con el eje conducido. Las mazas están fabricadas de hierro fundido la que sirve para conectar el sistema al reductor y de acero la maza que conecta el eje de transmisión con en el eje de la maza superior.

La diferencia de materiales en las mazas se debe a que la de hierro de fundido tiene la función de un fusible, que se rompe cuando la capacidad de transmisión es sobrepasada, esto con la finalidad de proteger los equipos.



Figura 59. **Mazas de sistema de acople rígido**



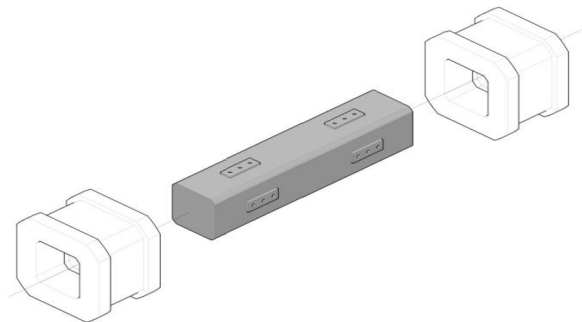
Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

La figura 59 muestra las dos mazas que componen el sistema de acople rígido.

- Eje de transmisión

Este es el encargado de transmitir movimiento, torque y potencia del eje conductor del reductor al eje conducido del molino cañero, conectado por medio de las mazas anteriormente descritas.

Figura 60. **Eje de transmisión de sistema de acople rígido**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

El eje está fabricado de acero para que tenga la capacidad de transmisión requerida para dar movimiento al molino cañero.

### 3.3.1.2. Descripción de mantenimiento

En el sistema de acople rígido se requiere de un mantenimiento preventivo y en su momento un mantenimiento correctivo, siendo este una de las desventajas para este sistema, el cual por la complejidad del montaje, suma tiempo perdido en la operación del molino cañero y por consiguiente se ve afectado el rendimiento del tándem completo.

- Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo del acople rígido consiste en el engrase de las áreas de contacto de las mazas con el eje conductor, eje de transmisión y el eje conducido. Siendo el costo de este mantenimiento lo descrito en la siguiente tabla VII:

Tabla VII. **Datos de consumo de grasa para sistema de acople rígido**

Grasa	Cantidad aplicada al sistema de acople (lb)	Periodo de aplicación (días)	Núm. de aplicaciones en zafra 2012/2013	Total grasa utilizada (lb)
Alvania EP 2	2	cada 8 días	24	48

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Datos proporcionados por Departamento de Maquinaria de área industrial.*

Este mantenimiento se hace periódicamente en un intervalo de cada 8 días. Esto con el objetivo de evitar el desgaste de los materiales en contacto y también para evitar el sobrecalentamiento por la fricción.

- Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es la mayor desventaja de este sistema, debido a que dicho mantenimiento se da cuando el equipo se encuentra en operación en época de zafra, donde las fallas de este equipo no se tienen contempladas debido a que el equipo está sometido a altos esfuerzos, durante toda esta época, la cual consiste en un rango de cinco a seis meses.

Tabla VIII. **Datos de consumo de electrodo para reparación de sistema de acople rígido**

<b>Electrodo</b>	<b>Medida Electrodo</b>	<b>Cantidad promedio utilizada para reparar acople rígido (lb)</b>
Electrodo hierro fundido	5/32"	10
Electrodo acero	5/32"	20

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Departamento de Maquinaria de área industrial.*

### **3.3.2. Sistema de acople flexible**

Se utilizan cuando es necesario absorber desalineamiento entre los ejes que se unen, producidos por errores de construcción o atenuar los golpes bruscos de torsión entre el eje conductor y el conducido.

En la industria azucarera se requiere de propulsar los molinos cañeros por medio de un sistema de acople flexible y un tipo es a base de eslingas de poliéster, las cuales son las encargadas de transmitir la potencia, el sistema centraliza su funcionamiento en un elemento flotante.

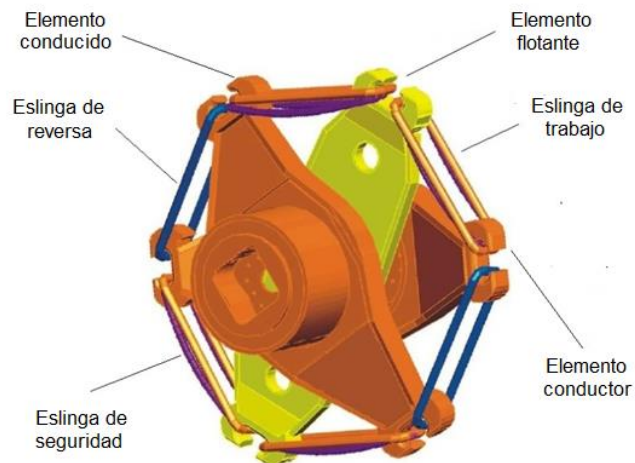
Debido a que en este sistema se permite el desalineamiento entre ejes, y no existe la misma fricción entre partes metálicas como en el sistema rígido se presentan las siguientes ventajas:

- Consumo reducido de energía.
- Menos rupturas de ejes, de hecho ninguna rotura de los extremos del cuadrado.
- Una vida muy incrementada de los reductores.
- No se requiere ninguna lubricación.
- No se requiere mantenimiento alguno en los extremos del cuadrado de ninguno de los ejes involucrados.
- Un desgaste reducido de las chumaceras del molino.
- Ningún desgaste lateral de la cuchilla central, raspadores y mazas.

### 3.3.2.1. Partes del sistema

El acople flexible implementado en el molino 5 del tándem C del Ingenio Magdalena S. A. se compone por los siguientes elementos que se muestran en la figura 61.

Figura 61. Esquema de sistema de acople flexible



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos.

- Elemento conductor

Este está montado sobre el eje de salida del reductor. Es el encargado de transmitir la velocidad, torque y potencia que el elemento motriz en este caso el motor eléctrico transmite por medio del reductor de velocidad.

- Elemento conducido

Está montado en el eje de la maza superior del molino cañero, es el encargado de recibir toda la energía que recorre el sistema de acople flexible para dar movimiento al molino.

- Elemento flotante

Es el encargado de recibir del elemento conductor y entregar al elemento conducido velocidad, torque y potencia por medio de una configuración de eslingas. Este elemento por ser flotante permite desalineamiento entre ejes y una más libre flotación de la maza superior para la extracción. El elemento flotante después de ser asegurado a las eslingas de transmisión se autoalinea al ser accionado el motor eléctrico, dado que al ser tensadas las eslingas este se ubica en el centro del sistema sin necesidad de ninguna ayuda exterior o el uso de alguna herramienta o grúa.

- Eslingas

Las eslingas textiles son accesorios de elevación flexibles formados por una serie de hilos industriales de alta tenacidad recubiertos por un tejido tubular o por una cinta plana cosida.

En este sistema de acople flexible se utilizan las conformadas por hilos con recubrimiento tubular.

- Eslingas de trabajo

Se utilizan cuatro, dos que conectan los extremos del elemento conductor a los extremos del elemento flotante y dos que conectan los extremos del flotante al elemento conducido.

- Eslingas de seguridad

El sistema utiliza cuatro que están conectadas en la misma disposición que las de trabajo, con la diferencia que son de mayor longitud ya que su función no es la de sustituir la eslinga de trabajo por si llegara a romperse.

- Eslingas de reversa

El sistema consta de dos que conectan directamente al elemento conductor con el elemento conducido. Se requiere de ellas cuando se necesita dar rotación inversa al molino por algún atoramiento que ocurra en operación.

La tabla IX muestra las medidas y capacidades de las eslingas que componen el sistema de acople flexible.

Tabla IX. **Datos de medidas y capacidades de eslingas de sistema de acople flexible**

<b>Función de eslinga</b>	<b>Capacidad (Ton)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud de trabajo (m)</b>
Trabajo	40	100	1,14
Seguridad	20	69	1,43
Reversa	8	37	1,55

Fuente: elaboración propia.

### **3.3.2.2. Descripción de mantenimiento**

Para el sistema de acople flexible instalado en molino número 5 del tándem C, no fue necesario programar un mantenimiento preventivo, al igual durante la zafra 2013 – 2014 no existió falla en la operación de este acople, por consecuencia no se registró un mantenimiento correctivo para este equipo.

A este acople se le puede atribuir un mantenimiento básico de oportunidad, el cual consiste en verificar el torque de la tornillería que se encarga de unir las partes del sistema.

### **3.4. Situación zafra 2012 con sistema de acople rígido**

Del historial obtenido acerca de la operación del molino 5 del tándem C, con referencia a la utilización de un acople rígido, para la transmisión de potencia del motor eléctrico hacia el molino, se recopiló información para analizar su funcionamiento y poder realizar un comparativo de dicho acople con la implementación de un acople flexible. Encontrando datos de consumo, deterioro de piezas, así como de una falla en el sistema los cuales se desglosan a continuación.

#### **3.4.1. Consumo energético**

El consumo energético del molino núm. 5 del tándem C accionado por sistema de acople rígido en la zafra 2012-2013 fue monitoreado, y se obtuvieron los siguientes datos que contiene la tabla X:



Tabla X. **Datos promedio de consumo energético semanal de molino núm. 5 del tándem C, accionado por sistema de acople rígido en zafra 2012-2013**

<b>ZAFRA 2012-2013</b>					
<b>Molino tándem C</b>					
<b>Mes</b>	<b>Semanas</b>	<b>Consumo (kW/hr)</b>	<b>% Carga</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
<b>Noviembre</b>	Semana 1	673,7	75 %	110	4 160
	Semana 2	551,21	62 %	90	4 160
	Semana 3	587,96	66 %	96	4 160
	Semana 4	734,94	82 %	120	4 160
<b>Diciembre</b>	Semana 1	747,19	83 %	122	4 160
	Semana 2	673,7	75 %	110	4 160
	Semana.3	594,08	66 %	97	4 160
	Semana 4	734,94	82 %	120	4 160
<b>Enero</b>	Semana 1	630,83	70 %	103	4 160
	Semana 2	710,45	79 %	116	4 160
	Semana 3	710,45	79 %	116	4 160
	Semana 4	753,32	84 %	123	4 160
<b>Febrero</b>	Semana 1	594,08	66 %	97	4 160
	Semana 2	630,83	70 %	103	4 160
	Semana.3	698,2	78 %	114	4 160
	Semana.4	587,96	66 %	96	4 160
<b>Marzo</b>	Semana 1	569,58	64 %	93	4 160
	Semana 2	698,2	78 %	114	4 160
	Semana 3	685,95	77 %	112	4 160
	Semana 4	502,21	56 %	82	4 160
<b>Abril</b>	Semana 1	612,45	68 %	100	4 160
	Semana 2	526,71	59 %	86	4 160
	Semana 3	698,2	78 %	114	4 160
	Semana.4	851	95 %	158	4 160
<b>Mayo</b>	Semana 1	538,96	60 %	88	4 160
	Semana.2	796,19	89 %	130	4 160
	Semana.3	734,94	82 %	120	4 160
	Semana 4	612,45	68 %	100	4 160
<b>Promedio</b>		<b>658,59</b>	<b>73,57 %</b>	<b>108,21</b>	<b>4 160</b>

Fuente:Ingenio Magdalena S. A. *Departamento de Cogeneración de Área industrial.*

### 3.4.2. Desgaste de piezas

El desgaste en las piezas mecánicas del acople rígido es provocado a la fricción y esfuerzos que son sometidas cada uno de los componentes que conforman el sistema. En la figura 62 se muestra una maza desgastada en los lugares donde ocurren los esfuerzos mecánicos en la parte interna, como en la parte frontal donde entró en contacto con la parte motriz del sistema de transmisión de potencia.

Figura 62. **Desgaste en maza de sistema de acople rígido**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Área de Repuestos, Departamento de Maquinaria de área industrial.*

### 3.4.3. Reporte de fallas

Para la zafra 2012 – 2013 se registró una falla, la cual consiste en la fractura de la maza del sistema de acoplamiento, la cual provocó que se realizara un mantenimiento correctivo. Causando un paro no programado, afectando la eficiencia del molino 5 del tándem C que a su vez afecta la eficacia del tándem completo. La siguiente figura muestra la maza que falló en operación.

Figura 63. **Maza quebrada de sistema de acople rígido de molino número 5 del tándem C**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Oficina de Administración de Mantenimiento de área industrial.*

La figura 64 muestra la maza partida por la mitad debido a que sometida en operación a un esfuerzo superior a su capacidad.

Figura 64. **Maza de sistema de acople rígido quebrada debido a fatiga**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Oficina de Administración de Mantenimiento de área industrial.*

Debido a la falla que ocurrió se procedió a generar la orden de trabajo que se muestra a continuación, la cual detalla que pasó y cuánto tiempo se realizó en mantenimiento correctivo.

Figura 65. **Orden de trabajo para cambio de maza quebrada de sistema de acople rígido de molino núm. 5 del tándem C**

The screenshot shows a web-based form for creating a maintenance order. The header includes the company logo 'MAGDALENA Tierra dulce!' and the title 'Ordenes de trabajo'. The form fields include:
 

- RA: 398, A: 2011003946, Solicitante: MYNOR NEFTALI CARRANZA SOTO
- Order type: Preventivo (selected), Correctivo, Inversiones, Mecanizado, Ejecucion Externa, Abastecimientos
- Order number: 201408000582000000, Priority: 81
- Center of Cost: C, A, 306, 2, 5 UNIDAD 5C
- Start date: 08-01-2013 10:05, End date: 08-01-2013 13:15, Start time: 08-01-2013 13:15
- Comments: CAMBIO DE MAZA DE ACOPLE, LADO REDUCTOR DEL MOLINO NO. 5 TC
- User: KLOPEZ, Date: 08-01-2013 13:15

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Oficina de Administración de Mantenimiento de área Industrial.*

La orden de trabajo muestra la actividad que se realizó, la fecha y hora de inicio, y fecha y hora del final de dicha actividad de mantenimiento correctivo que se efectuó en el molino 5 del tándem C. A continuación, tabla XI con detalles de la orden de trabajo.

Tabla XI. **Datos contenidos en la orden de trabajo**

Solicitante	Tipo de Mantenimiento	No. De Orden
Jefe de Turno	Correctivo	582
Fecha Inicio y Hora	Fecha fin y hora	Actividad que se realizó
08/01/2013 10:05	08/01/2013 13:15	Cambio de maza de acople

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Oficina de Administración de Mantenimiento de área industrial.*

### 3.5. Procedimiento de montaje de acoplamiento flexible

El primero y segundo paso es montar los elementos conductor y conducido, en el eje del reductor y eje de maza superior respectivamente, como se muestra en la figura 66.

Figura 66. **Elementos conductor y conducido de sistema de acople flexible montados en eje de reductor y eje de maza superior de molino respectivamente**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Molino número 5, edificio de molinos tándem C.*

Ya que se tienen posicionados se debe colocar la tornillería para asegurar los elementos en los ejes.

El siguiente paso es crear un ángulo de aproximadamente  $120^{\circ}$  entre los dos elementos conductor y conducido como se muestra en las figuras de la 67 a la 74, esto para crear espacio en el centro para que pueda entrar entre los dos el elemento flotante que transmite la potencia de uno a otro.

Las eslingas de trabajo y de seguridad se deben colocar en un lado del elemento de transmisión antes de ubicarlo en su lugar, ya colocadas las eslingas se fija la tapa.

Figura 67. **Montaje de elemento flotante de sistema de acople flexible**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Molino número 5, edificio de molinos tándem C.*

Con la grúa se ubica el elemento flotante de transmisión de potencia en el medio de los elementos conductor y conducido.

Figura 68. **Ubicación con grúa de elemento flotante en el medio de elementos conductor y conducido de sistema de acople flexible**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Molino número 5, edificio de molinos tándem C.*

La figura 69 muestra el elemento flotante de transmisión de potencia ubicado en su lugar, las eslingas se montan en los enganches de los elementos conductor y conducido respectivamente.

Figura 69. **Eslingas montadas en enganches de elementos conductor y conducido de sistema de acople flexible**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Molino número 5, edificio de molinos tándem C.*

Se debe cuidar que las eslingas de seguridad queden bajo las eslingas de trabajo.



Figura 70. **Eslingas de trabajo ubicadas correctamente sobre las eslingas de seguridad en los enganches de elementos de sistema de acople flexible**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. Molino número 5, edificio de molinos tándem C.

Montadas las eslingas en los enganches de los elementos respectivos se deben cerrar las tapas.

Figura 71. **Tapas de seguridad de enganches cerradas luego de correcto montaje de eslingas**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. Molino número 5, edificio de molinos tándem C.



Se debe girar manualmente el elemento conductor de manera de estirar las eslingas montadas en los enganches superiores y proceder a montar las eslingas de retorno, como se muestra en la figura 72.

Figura 72. **Montaje de eslingas de retorno en enganches de elementos de sistema de acople flexible**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. Molino número 5, edificio de molinos tándem C.

Después de montar las eslingas de retorno, se debe girar manualmente el elemento conductor de manera de estirar las eslingas de retorno y montar las eslingas de trabajo y de seguridad en la parte inferior y así retirar la grúa

Figura 73. **Montaje de eslingas de trabajo y de seguridad de parte inferior de sistema de acople flexible**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. Molino número 5, edificio de molinos tándem C.

En la figura 74 se muestra el montaje terminado del acople flexible el cual se realizó previo a su operación en la zafra 2013-2014 en el molino núm. 5 del tándem C del Ingenio Magdalena S. A.

Figura 74. **Sistema de acople flexible listo para operación de molino**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. Molino número 5, edificio de molinos tándem C.

El sentido de giro de operación lo define la posición de las eslingas, debido a que las eslingas de trabajo estarán tensionadas durante la operación.

### **3.6. Resultados en zafra 2013 utilizando acople flexible**

La implementación del sistema de acople flexible vino a beneficiar tres puntos básicos de operación de un molino cañero, debido a que disminuyó el consumo energético, redujo costos de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, y además no provocó ningún tiempo perdido por paro imprevistos en operación.

#### **3.6.1. Consumo energético**

Con respecto a la disminución del consumo energético por parte del molino cañero núm. 5 del tándem C la cual es una de las ventajas y premisas de la implementación del acople flexible se monitoreo el consumo en operación

de dicho acople, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla VII.

Tabla XII. **Datos semanales promedio de consumo energético de molino núm. 5 de tándem C en zafra 2013-2014**

<b>ZAFRA 2013-2014</b>					
<b>Molino tándem C</b>					
<b>Mes</b>	<b>Semanas</b>	<b>Consumo (kW/h)</b>	<b>% Carga</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
<b>Noviembre</b>	Semana 1	612,45	68 %	100	4 160
	Semana 2	581,83	65 %	95	4 160
	Semana 3	440,97	49 %	72	4 160
	Semana 4	434,84	49 %	71	4 160
<b>Diciembre</b>	Semana 1	557,33	62 %	91	4 160
	Semana.2	545,08	61 %	89	4 160
	Semana 3	716,57	80 %	117	4 160
	Semana 4	263,35	29 %	43	4 160
<b>Enero</b>	Semana 1	545,08	61 %	89	4 160
	Semana 2	612,45	68 %	100	4 160
	Semana 3	465,46	52 %	76	4 160
	Semana 4	753,32	84 %	123	4 160
<b>Febrero</b>	Semana 1	612,45	68 %	100	4 160
	Semana 2	551,21	62 %	90	4 160
	Semana 3	600,20	67 %	98	4 160
	Semana 4	606,33	68 %	99	4 160
<b>Marzo</b>	Semana 1	606,33	68 %	99	4 160
	Semana 2	563,46	63 %	92	4 160
	Semana 3	477,71	53 %	78	4 160
	Semana 4	741,07	83 %	121	4 160
<b>Abril</b>	Semana 1	551,21	62 %	90	4 160
	Semana 2	594,08	66 %	97	4 160
	Semana.3	489,96	55 %	80	4 160
	Semana.4	434,84	49 %	71	4 160
<b>Mayo</b>	Semana 1	606,33	68 %	99	4 160
	Semana.2	526,71	59 %	86	4 160
	Semana.3	557,33	62 %	91	4 160
	Semana.4	453,22	51 %	74	4 160
<b>Promedio</b>		<b>553,61</b>	<b>61,84 %</b>	<b>90,39</b>	<b>4 160</b>

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Departamento de Cogeneración de área reporte de mantenimiento.*

Este sistema de acople flexible no necesitó que se le diera ningún mantenimiento preventivo, refiriéndose a aplicación de lubricante o aplicación de soldadura por desgaste, la única acción preventiva que requirió fue la inspección de torque de la tornillería cada vez que se paraba la maquinaria por mantenimiento general. Realizando un mantenimiento básico de oportunidad.

### 3.6.2. Reporte de operación

Al sistema de acople flexible no se le cargó ningún tiempo perdido, debido a su buen funcionamiento en operación.

Tabla XIII. **Tiempos perdidos de molino número 5 de tándem C en zafra 2013-2014**

UNIDAD 5C [C-A-306-2-5]			
Sobrecarga	Se reestableció funcionamiento de motor eléctrico de unidad 5C	05/11/2013	05/11/2013
Sobrecarga	se habilitó el funcionamiento de la unidad 5c	05/11/2013	05/11/2013
Sobrecarga	Se cambió corona de transmisión de potencia de maza superior del molino #5 t.c.	12/11/2013	12/11/2013
Sobrecarga	Se habilitó unidad 5c	12/11/2013	12/11/2013
Desperfecto en estructura	Se reestableció el funcionamiento de la unidad 5C	13/11/2013	13/11/2013
Desperfecto en estructura	Se reestableció el funcionamiento de la unidad 5C	13/11/2013	13/11/2013
Cuerpos extraños en bagazo -metales-	Se habilitó el funcionamiento de la unidad 5C.	01/12/2013	01/12/2013
Corriente inversa	Reset de motor eléctrico	03/12/2013	03/12/2013
Aplicación de soldadura	Se aplicó soldadura a maza superior y maza cañera de la unidad 5C.	12/11/2013	12/11/2013
Aplicación de soldadura	Se colocaron topes y se aplicó punto de soldadura a la corona de la masa bagacera de la unidad 5C.	25/12/2013	25/12/2013
Desperfecto en peine superior	*Cambio de peine superior en la unidad 5C	30/12/2013	30/12/2013
Sobrecarga	Reset, al motor eléctrico de la unidad 5C.	31/12/2013	31/12/2013
Ajuste de peine superior	*Se le quitó 1/2 diente a peine superior	14/01/2014	14/01/2014
Ajuste de tornillería floja	Aprete de tornillería de acoplamiento flexible	28/01/2014	28/01/2014
Desajuste de corona	Colocación de topes a la corona de la masa bagacera	14/02/2014	14/02/2014
Acumulación de bagazo	Desalojo de caña lado libre de unidad 5C	22/03/2014	22/03/2014
Acumulación de bagazo	Desalojo de bagazo de maza superior de unidad 5C	25/03/2014	25/03/2014
Desgaste de peine superior	Se cortó 1/2 diente al peine superior de unidad 5C	31/03/2014	31/03/2014
Otro	Se pegó plato fijo superior.	10/04/2014	10/04/2014
Obstrucción de tubería	Desalojo de bagazo de canoa de unidad 5C	20/04/2014	20/04/2014
Obstrucción de tubería	Limpieza a drenajes de maza superior	20/04/2014	20/04/2014
Desperfecto en cuchilla central	Cambio de cuchilla central a la unidad 5C	21/04/2014	21/04/2014
Aplicación de soldadura	Cierre de espacio entre el plato fijo y maza superior	30/04/2014	30/04/2014
Fractura de chumacera	Revisión de chumacera superior lado corona.	03/05/2014	03/05/2014
Fractura de chumacera	Cambio de chumacera a la maza superior lado corona	03/05/2014	03/05/2014
Acumulación de bagazo	Desalojo de bagazo de plato fijo lado libre de la unidad 5C.	09/05/2014	09/05/2014
Otro	Cambio de botellón de nitrógeno a la unidad 5C.	20/05/2014	20/05/2014
Embagazamiento de maza	Se desembagazo masa bagacera de la unidad 5C.	20/05/2014	20/05/2014
Acumulación de bagazo	Desalojo de caña en masa bagacera.	21/05/2014	21/05/2014

Fuente: , Ingenio Magdalena S. A. *Archivo de oficina de administración de mantenimiento de área industrial.*

El funcionamiento en la operación del molino núm. 5 del tándem C fue el esperado respecto a transmisión de potencia, ya que se consiguió transmitir el torque y la velocidad necesaria para que el molino fuera eficiente en operación mejorando su consumo energético.

### **3.7. Optimización del sistema**

La mejora de resultados obtenidos con el sistema de acople flexible hizo que se optimizará la operación del molino cañero nú., 5 del tándem C y por consiguiente que se optimizara el sistema de acople. Parte de optimizar el sistema es el evitar el desgaste de piezas mecánicas, ya que eso es muy representativo en término de costos el evitar o reducir mantenimientos preventivos y correctivos.

La implementación de un sistema óptimo y eficiente de acoplamiento ayuda a evitar averías en los otros elementos mecánicos involucrados en la transmisión de potencia, en este caso la implementación del sistema de acople flexible optimizara y ayudara a prolongar la vida útil de los reductores, evitando el desalineamiento de engranes y cojinetes, como reducción de desgaste de estos. Asimismo, ayudará con la reducción de desgaste en las chumaceras, cuchillas y peines del molino cañero.

#### **3.7.1. Comparación de resultados**

Debido a la implementación de un sistema de acople flexible en zafra 2013-2014 en lugar de un sistema de acople rígido hubieron cambios con base en resultados reportados en el molino cañero núm. 5 del tándem C. Estos resultados fueron más notorios en consumo energético, desgaste de piezas mecánicas, y en el mantenimiento. Los cuales se compararán a continuación,

con los resultados de operación obtenidos del sistema de acople rígido en la zafra 2012-2013.

- Consumo energético

Del historial de los datos del consumo energético del molino 5 del tándem C, en comparación con los resultados obtenidos del monitoreo realizado a la operación de un acople flexible implementado en la zafra 2013-2014, en el mencionado molino se realizó la tabla IX que muestra el consumo mensual promedio para comparar y observar de una forma directa el cumplimiento de una de las premisas de la implementación del sistema de acople flexible para sustituir el sistema de acople rígido.

Tabla XIV. **Datos comparativos mensuales promedio de consumo energético de zafra 2012-2013 y zafra 2013-2014**

Mes de Zafra	Consumo Zafra 2012/2013 (kW/h)	Consumo Zafra 2013/2014 (kW/h)
Noviembre	636,95	517,52
Diciembre	687,48	520,59
Enero	701,26	594,08
Febrero	627,76	592,55
Marzo	613,98	597,14
Abril	672,09	517,52
Mayo	670,64	535,90
<b>PROMEDIO FINAL</b>	<b>658,59</b>	<b>553,61</b>

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Departamento de cogeneración de área industrial*

Según los datos de promedio final de ambas zafras se puede observar que el consumo en la zafra 2013-2014 fue menor a la zafra anterior.

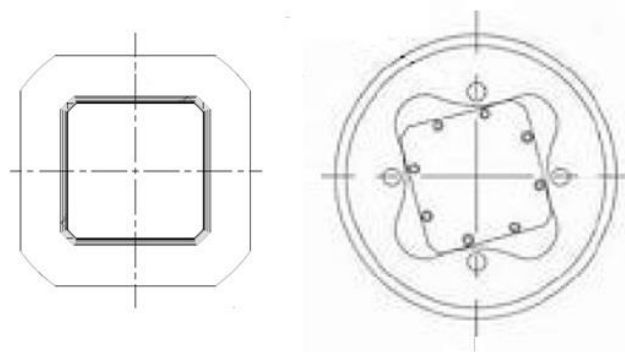
De los datos tomados de la tabla IX se calcula que la reducción de consumo en el molino 5 fue de un 15,44 % que se pueden atribuir al sistema de acople flexible. Demostrando un ahorro muy significativo en comparación con la zafra anterior.

- Deterioro de piezas

La forma lobular del anillo de conexión asegura la superficie de contacto entre el acoplamiento y los ejes conectados suficiente para evitar cualquier deformación plástica de los extremos cuadrados de los ejes conectados.

En la figura 75 se muestra la forma de contacto que tienen los elementos de los sistemas de acople con los ejes involucrados en el sistema.

Figura 75. **Esquemas de tipo de contacto entre ejes y elementos de sistemas de acoplamiento rígido y flexible respectivamente**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

Como se puede observar en la figura 75 el contacto entre las piezas es distinto. En el sistema de acople flexible en el arranque del molino los lóbulos hacen que el eje se acomode para transmitir potencia, en el otro sistema los

esfuerzos son de golpe, lo que provoca más desgaste, fatiga y por lo tanto ruptura.

En la figura 76 se muestra la diferencia de desgaste que sufren los elementos del sistema de acople rígido en comparación con las partes del sistema de acople flexible.

Figura 76. **Comparacion de desgaste entre los elementos de sistema de acople rigido y sistema de acople flexible**



Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Área de Repuestos, Departamento de Maquinaria de área industrial,*

Como se puede observar la diferencia es notoria, las esquinas y la arista de la maza del sistema de acople rígido están severamente desgastados a pesar de la lubricación periódica durante la zafra, en cambio el elemento del sistema de acople flexible se puede observar que no hubo desgaste aun no aplicando ningún lubricante y aparte este resultado ayuda en el ahorro de aplicación de soldadura para recuperar material.



- **Mantenimiento**

Dentro del monitoreo realizado durante la zafra 2013-2014 debido a la implementación de un acople flexible, se obtuvieron varios resultados, entre el cual se destaca que dicho acople no requiere de un mantenimiento periódico, esto en comparación con un acople rígido, el cual según su historial de funcionamiento en el mismo molino evaluado, registra un mantenimiento preventivo el cual se realiza periódicamente. Este y otros datos se muestran en la siguiente tabla comparativa.

Tabla XV. **Datos comparativos de mantenimientos requeridos para sistema de acople rígido y sistema de acople flexible**

<b>MANTENIMIENTO</b>				
<b>SISTEMA ACOPLÉ RÍGIDO</b>			<b>SISTEMA ACOPLÉ FLEXIBLE</b>	
<b>Descripción</b>		<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
Aplicación de Grasa	ALVANIA EP2	<b>Preventivo</b>	Verificación y apriete de tornillería	<b>Mantenimiento básico de oportunidad</b>
Periodo de aplicación	c/8días			


Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Departamento de Maquinaria de área industrial.*

- **Paros en operación**

Realizando el monitoreo respectivo por la implementación de un acople flexible, se puso énfasis en la operación del mismo hallando resultados satisfactorios en la operación de este acople flexible, ya que este acople no registro ningún paro no programado, o algún problema que afectara su operación y por ende realizar un paro no programado afectando directamente la eficiencia del sistema. Por otra parte se tiene la desventaja, comparando la

operación del molino número 5 del tándem C, con la operación del acople flexible, el cual registro según datos históricos, un paro no programado debido a la ruptura de una maza del acople, provocando tiempo muerto que afecta directamente la continuidad del proceso así como de la eficiencia del molino. Para esta comparación se identifica la siguiente evidencia, la cual es una orden de trabajo.

**Figura 77. Reporte de trabajo de mantenimiento correctivo realizado sistema de acople rígido en molino núm. 5 de tándem C en zafra 2012-2013**

 <b>Gestion de Admon de Recursos</b>		<b>Reporte de trabajos de mantenimiento correctivo (por centro de costo)</b> Del 08-01-2013 06:00:00 al 08-01-2013 05:59:59 Centro Responsabilidad 310				Código: RE-GAR-AMA-006 Fecha de Emision: 08-01-2013 Version: 01 Pagina: 1 de 1	
F. Inicio	F. Fin	Descripcion	Razon	Recomendacion	Supervisor	Paro y Paro de Molenda	Tiempo Total
A-301-02-01-C		<b>CONDUCTOR DE TABILLAS 1A</b>					<b>0:00:10</b>
08-01-2013		SE ATORO EL CONDUCTOR DE TABILLAS 1A	POR PROBLEMAS EN EL POTENCIOMETRO	SE REALIZARAN PRUEBAS PARA VERIFICAR UN ADECUADO FUNCIONAMIENTO DE TODOS LOS COMPONENTES ELECTRICOS ANTES DE INICIAR ZAFRA	MINYOR NEFTALI CARRANZA SOTO	S N	0:00:10
A-304-02-02-C		<b>UNIDAD 2A</b>					<b>0:01:48</b>
08-01-2013		PARO LA UNIDAD 2A	ALTA TEMPERATURA EN EL EJE DE LA MASA BAGACERA LADO CORONA	RETROCEDER LA CHUMACERA, PARA EVITAR FRICCION	MINYOR NEFTALI CARRANZA SOTO	S N	0:00:53
08-01-2013		PARO LA UNIDAD 2A	ALTA TEMPERATURA EN EL EJE DE LA MASA BAGACERA LADO CORONA	RETROCEDER LA CHUMACERA, PARA EVITAR FRICCION	MINYOR NEFTALI CARRANZA SOTO	S N	0:00:25
08-01-2013		PARO LA UNIDAD 2A	ALTA TEMPERATURA EN EL EJE DE LA MASA BAGACERA LADO CORONA	RETROCEDER LA CHUMACERA, PARA EVITAR FRICCION	MINYOR NEFTALI CARRANZA SOTO	S N	0:00:30
A-304-04-01-C		<b>SISTEMA DE CABEZOTES HIDRAULICOS A</b>					<b>0:01:09</b>
08-01-2013		SE TAPARON LAS ENTRADAS DE LUBRICACION DE LAS CHUMACERAS	SUCIEDAD EN EL SISTEMA HIDRAULICO	VERIFICAR FRECUENTEMENTE LAS TUBERIAS Y MANQUERAS QUE NO ESTEN OBSTRUIDAS	ERICK FERNANDO VELA URIZAR	S N	0:01:09
A-306-02-04-C		<b>UNIDAD 4B</b>					<b>0:00:12</b>
08-01-2013		SE DISPARO EL MOTOR ELECTRICO DE LUBRICACION DE LA UNIDAD 4B	CORTO CIRCUITO EN EL SISTEMA ELECTRICO	COLOCAR PROTECCION PARA QUE NO SE AFECTEN A VARIOS EQUIPOS	MINYOR NEFTALI CARRANZA SOTO	S N	0:00:12
A-306-02-05-C		<b>UNIDAD 5C</b>					<b>02:10:00</b>
08-01-2013		RUPURA DE MAZA DE ACOPLE LADO REDUCTOR DEL MOLINO 5C	FATIGA DE MATERIAL	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	MINYOR NEFTALI CARRANZA SOTO	S N	02:10:00
A-306-02-02-C		<b>UNIDAD 2C</b>					<b>0:00:17</b>
08-01-2013		SE PUEBTEO EL MOLINO 2C	DISPARO DEL MOTOR DE LA BOMBA LUBRICACION	MONITOREO PERIODICO DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE LA BOMBA DE LUBRICACION	EDGON JOSUE GOMEZ SILVA	S N	0:00:17

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo de Oficina de Administración de Mantenimiento de área industrial.*

## **4. FASE DE DOCENCIA**

El presente capítulo presenta un análisis de resultados, derivados del monitoreo constante a la sustitución de un acople rígido por un acople flexible, obteniendo diferentes análisis de estos que indican la diferencia en la sustitución de estos acoples. Estos análisis de resultados obtenidos serán presentados a jefes de área, demostrando los beneficios que demostró un acople flexible, proponiendo una optimización del sistema, la cual consiste en la sustitución de todos los acoples rígidos del tándem C por acoples flexibles, dando como resultado un mayor beneficio, como lo es, el que no se requiere de un mayor mantenimiento en dichos acoples, y del ahorro energético por la implementación de los mismos.

Asimismo, se realizará una capacitación al personal operativo, enfocada en los beneficios adquiridos por un acople flexible, además de brindar los conceptos necesarios para que adquieran conocimientos más específicos de este sistema, combinándolo con capacitación acerca del buen montaje del mismo, y todo lo relacionado con riesgos dentro del área, así como de la importancia de todo lo referente a equipo de protección personal y de la seguridad industrial dentro del área.

### **4.1. Presentación de la evaluación de acoples**

Luego del diferente monitoreo realizado a el molino núm. 5 del tándem C del Ingenio Magdalena, donde se sustituyó un acople rígido por un acople flexible, se presentan los diferentes resultados obtenidos de dicho monitoreo. Donde se obtuvieron una serie de datos, los cuales serán presentados a los

jefes de área, demostrando los beneficios de la implementación de acoples flexibles respaldados por un análisis de resultados de todo el monitoreo realizado a los acoples flexibles, además de realizar un análisis de los resultados obtenidos y de la respectiva presentación de los datos recopilados por dicha implementación, se presentara una propuesta para optimizar la eficiencia del tándem C, la cual consiste en la implementación de acoples flexibles en el los cinco molinos que componen el tándem C.

#### **4.1.1. Análisis de resultados obtenidos**

Previo a la presentación a los diferentes jefes de área, se realiza un análisis de los resultados obtenidos, debido al monitoreo realizado al molino núm. 5 del tándem C.

Debido a que la sustitución del acople rígido por un acople flexible, tuvo únicamente resultados de beneficio para hacer más eficiente la operación del molino se presentan los principales beneficios y el análisis respectivo del mismo.

- Mayor grado de desalineamiento

El acople flexible en comparación con un acople flexible, admite un mayor grado de desalineamiento, el cual se convierte en un beneficio de la implementación de dicho acople, ya que es más fácil tanto el montaje como la operación del molino completo, ya que por las diferentes partes que componen el molino, siempre existe un desalineamiento.

Debido a este mayor grado de desalineamiento se pudo corroborar que beneficio disminuyendo los esfuerzos en los componentes mecánicos de la caja reductora, asimismo, el daño y esfuerzo sobre chumacera de la maza superior.

- Libre de mantenimiento

Como se presentó a los jefes de área, no es necesario cualquier tipo de mantenimiento al acople flexible, ya que no necesita lubricación, ni tampoco recuperación del material de las partes, como se realizaba en un acople rígido, el cual necesitaba la aplicación de una gran cantidad de electrodo en tiempo de reparación y un consumo periódico de grasa durante su operación. Con esto se puede decir que no hay costo por mantenimiento, por otra parte la mano de obra utilizada anteriormente con el otro sistema de acople rígido, se puede aprovechar en otros equipos o funciones que requiera la empresa.

- Tiempo perdido en operación

No se registraron tiempos perdidos en operación, cargados al sistema de acople flexible, ya que sus partes mecánicas no están sometidas a esfuerzos concentrados tan altos como en el sistema rígido.

- Ahorro energético

Debido a que el sistema de acople flexible, disminuye esfuerzos mecánicos en el sistema de transmisión de potencia y admite un mayor grado de desalineamiento, esto resulta, en menor consumo de energía del motor eléctrico, siendo este el ahorro más importante para el ingenio, ya que la energía que se ahorra en el proceso, se vende. Este ahorro energético hace notablemente más rentable en negocio de la generación en el ingenio.

#### 4.1.2. Análisis de costos

Luego de realizar el análisis respectivo a los resultados obtenidos del monitoreo realizado al molino núm. 5 del tándem C, se presenta el análisis de costos correspondientes a estos resultados, realizando una tabla con el costo que se estaría ahorrando, resultado de la sustitución de un acople rígido por un acople flexible en un molino cañero.

En la tabla XVI se presenta el consumo total de grasa, la cual fue suministrada a un acople rígido durante el periodo de zafra 2012-2013, la cual duro 190 días, teniendo un costo total de Q 864,00, costo que se estaría ahorrando por cada acople flexible instalado.

Tabla XVI. **Consumo total de grasa, suministrada durante la zafra 2012-2013**

MANTENIMIENTO				
SISTEMA ACOUPLE RIGIDO			SISTEMA ACOUPLE FLEXIBLE	
Descripción		Tipo	Descripción	Tipo
Aplicación de Grasa	ALVANIA EP2	<b>Preventivo</b>	Verificación y apriete de tornillería	<b>Mantenimiento básico de oportunidad</b>
Periodo de aplicación	Cada 8 días			
Costo Lb. De grasa	Q 18,00			
Costo 189 días zafra	Q 864,00			

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

En la tabla XVII se muestra el costo por la aplicación de electrodo a un acople rígido, en tiempo de reparación, el cual tendría un costo de Q 4 140,00 por cada acople rígido.

Tabla XVII. **Consumo de electrodo en reparación de sistema de acople rígido**

<b>Electrodo</b>	<b>Medida Electrodo</b>	<b>Cantidad promedio utilizada para reparar acople rígido (Lb.)</b>	<b>Costo electrodo c/Lb. (Q.)</b>	<b>Costo de electrodo utilizado (Q.)</b>
Electrodo hierro fundido	5/32"	10	174,00	1 740,00
Electrodo acero	5/32"	20	120,00	2 400,00
Costo Total de electrodo utilizado en reparación de sistema de acople rígido				<b>4 140,00</b>

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

Haciendo referencia a la tabla XVI y XVII, se tiene un ahorro total de Q 5 004,00 por la implementación de un acople flexible en el molino cañero núm. 5 del tándem C, costo que no es tan significativo, ya que la inversión por cada acople flexible es de Q 512 000,00, sin embargo, en la tabla XVIII se presenta el ahorro diario consecuencia de sustituir un acople rígido por un acople flexible.

Tabla XVIII. **Comparativo de ahorro diario entre el sistema de acople rígido y el sistema de acople flexible**

SISTEMA DE ACOPLER	CONSUMO PROMEDIO (kW/h)	PRECIO kW (Q.)	COSTO (Q.)	AHORRO/DIA (Q.)
Rígido	658,59	0,96	15 173,91	<b>2 418,72</b>
Flexible	553,61		12 755,17	

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Cogeneración de área industrial.*

De los datos obtenidos de los monitoreos y datos de históricos se pudo obtener el porcentaje de ahorro energético que se tuvo en el molino núm. 5 utilizando el sistema de acople flexible fue del 15,94 %, el cual representa la diferencia de consumos de la zafra 2012-2013 contra la zafra 2013-2014, cumpliéndose la premisa de ahorro energético.

Tabla XIX. **Tiempo de retorno de inversión por implementación de sistema de acople flexible**

<b>TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN PARA SISTEMA DE ACOPLER FLEXIBLE PARA MOLINO NUM. 5 DEL TANDEM "C"</b>		
Porcentaje de ahorro	%	15,94
Consumo Zafra 2012-2013	kW/h	658,59
Ahorro/día	kW/h	104,98
kW	Q.	0,96
Ahorro/día	Q.	2 418,72
Días de zafra	días	190
Ahorro molino núm. 5/Zafra	Q.	459 557,15
Precio por acople	Q.	512 000,00
Tiempo de retorno de inversión	zafras	1,11

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamentos de Maquinaria y Cogeneración de Área Industrial.*



En la tabla XX se puede observar que en la primera zafra de operación se cubre el 90 % de la inversión por el acople flexible, esto quiere decir que el 10 % pendiente se estaría cubriendo en la zafra 2014-2015.

Tabla XX. **Cálculo monetario de cantidad pendiente de retorno para zafra 2014-2015**

Inversión	Ahorro en Zafra 2013-2014 (Q.)	% de retorno de inversión en primera Zafra	Ahorro mensual (Q.)	Cantidad de inversión pendiente de retorno p/zafra 2014-2015 (Q.)
512 000,00	459 557,15	90 %	76 592,86	51 200,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXI se muestra el resumen de costos ahorrados debido a la implementación del sistema de acople flexible.

Tabla XXI. **Ahorro debido a la implementación de sistema de acople flexible**

COSTO AHORRADO	AHORRO (Q.)
Lubricante	864,00
Electrodo	4 140,00
Consumo energía	459 557,15
<b>TOTAL AHORRADO POR SISTEMA DE ACOUPLE FLEXIBLE</b>	<b>464 561,15</b>

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar el ahorro de lubricante y ahorro electrodo para mantenimientos preventivo y correctivo respectivamente, y además que el mayor ahorro es en el consumo de energía, cumpliendo con la premisa de ahorro energético y hacer más eficiente el molino cañero número 5 del tándem C.

Al dejar de realizar las actividades de mantenimiento y deduciendo el consumo se está ahorrando Q 464 561,15 como muestra la tabla XXI, de lo cual se puede decir que se recuperaría antes la inversión realizada para el sistema de acople flexible.

#### **4.1.3. Propuesta de optimización del sistema**

Debido a los resultados positivos obtenidos en el molino núm. 5 del tándem "C", se propone implementarlo en los otros cuatro molinos del tándem. Esto con la intención del ahorrar energía en el tándem de molinos completo. Debido que al solo implementar el sistema de acople flexible en un molino se siguen teniendo costos por mantenimiento y por consumo energético que se podrían ahorrar, amarrado a esto se tiene el costo de mantener repuestos para los elementos del sistema de acople rígido, ya sea por cambio de un solo elemento o el sistema completo. En la tabla XXII se detallan los costos que siguen teniendo en cuatro molinos por lubricante, electrodo y por consumo de energía que se podría ahorrar.

Tabla XXII. **Ahorro por implementar el sistema de acople flexible en los cuatro molinos restantes de tándem C**

<b>COSTO</b>	<b>COSTOS UN MOLINO</b>	<b>COSTOS POR CUATRO MOLINOS</b>
Lubricante	Q 864,00	Q 3 456,00
Electrodo	Q 4 140,00	Q 16 560,00
Consumo de energía	Q 459 557,15	Q 1 838 228,59
<b>TOTAL COSTO DE OPERAR CON CUATRO ACOPLER RIGIDOS</b>		<b>Q 1 858 244,59</b>

Fuente: elaboración propia.

Al seguir operando con sistemas de acople rígido en cuatro molinos, se deben tener repuestos para este, lo cual ocasiona costos de mantener un sistema completo en espera, o ya sea que en época de reparación de deba cambiar más de un elemento del sistema por molino o más de un sistema de acople completo, esto debido a desgaste o fatiga de los materiales. En la siguiente tabla se detallan los costos de los elementos del sistema acople rígido, y costo total de este.

Tabla XXIII. **Costo de elementos mecánicos de sistema de acople rígido**

<b>ELEMENTO ACOPLER RIGIDO</b>	<b>UNIDAD MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO/UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>
EJE AISI 4142 23 5/8"	PIE	7	Q 18 305,63	Q 128 139,41
Maza p/acople rígido de hierro fundido	UN	1	Q 29 850,00	Q 29 850,00
Maza p/acople rígido de acero fundido	UN	1	Q 77 760,00	Q 77 760,00
<b>COSTO TOTAL DE ELEMENTOS DE SISTEMA DE ACOPLER RIGIDO</b>				<b>Q 235 749,41</b>

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta los Q 1 858 244,59 de costo por seguir en operación cuatro molinos con sistema de acople rígido se le suman los Q 235 749,41 de mantener por lo menos un sistema de acople rígido completo de repuesto, se tiene un costo total de Q 2 093 994,00 que se podría ahorrar implementando sistemas de acoples flexibles en los cinco molinos cañeros.

Tabla XXIV. **Costos de operación de cuatro molinos cañeros con sistema de acople rígido**

<b>TOTAL COSTO DE OPERAR CON CUATRO ACOPLES RIGIDOS</b>	<b>Q. 1 858 244,59</b>
<b>COSTO TOTAL DE ELEMENTOS DE SISTEMA DE ACOPLE RIGIDO</b>	<b>Q. 235 749,41</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 2 093 994,00</b>

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXV se muestran los cálculos de ahorro, inversión y tiempo de recuperación de inversión por los cuatro sistemas de acople flexible pendientes de implementar en los molinos del tándem C.

Tabla XXV. **Tiempo de retorno de inversión por implementación de sistema de acople flexible en cuatro molinos cañeros de tándem C**

<b>TIEMPO DE RETORNO DE INVERSION PARA SISTEMA DE ACOUPLE FLEXIBLE PARA MOLINOS 1, 2, 3 Y 4 DEL TANDEM "C"</b>		
<b>Porcentaje de ahorro</b>	%	15,94
<b>Consumo Zafra 2012-2013</b>	kW/día	658,59
<b>Ahorro/día</b>	kW	104,98
<b>kW</b>	Q.	0,96
<b>Ahorro/día</b>	Q.	2 418,72
<b>Días de zafra</b>	días	190
<b>Ahorro 1 molino/zafra</b>	Q.	459 557,15
<b>Numero de acoples comprados</b>	Unidad	4
<b>Ahorro por 4 molinos/zafra</b>	Q.	1 838 228,59
<b>Precio/acople</b>	Q.	512 000,00
<b>Inversión por 4 acoples</b>	Q.	2 048 000,00
<b>Tiempo de retorno de inversión</b>	zafras	1,11

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivos de Departamentos de Maquinaria y Cogeneración de área industrial.*

Como muestra la tabla XIV la inversión retornaría el 1,11 zafras, se puede decir que en primera zafra de operación estaría retornando un 90 % de la inversión en la primera zafra de operación, y el 10 % pendiente para la siguiente zafra, que se podría calcular que se cubriría el 100 % de la inversión en los primeros treinta días de producción.

Tabla XXVI. **Cálculo monetario de cantidad pendiente de retorno para zafra 2015-2016**

Inversión (Q.)	Ahorro en Zafra 2014-2015 (Q.)	% de retorno de inversión	Ahorro mensual (Q.)	Cantidad de inversión pendiente de retorno p/zafra 2015-2016 (Q.)
2 048 000,00	1 838 228,59	90	306 371,43	204 800,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVII se observan los cálculos de ahorro operando los cinco molinos del tándem C con sistemas de acople flexible toda una zafra.

Tabla XXVII. **Ahorro por operación de cinco molinos cañeros de tándem C con sistema de acople flexible**

COSTO AHORRADO	AHORRO MOLINO 5C	AHORRO TANDEM "C" [5 molinos]
Lubricante	Q. 864,00	Q. 4 320,00
Electrodo	Q. 4 140,00	Q. 20 700,00
Consumo energía	Q. 459 557,15	Q. 2 297 785,75
<b>TOTAL AHORRADO EN LOS CINCO MOLINOS DEL TANDEM "C"</b>		<b>Q. 2 322 805,75</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.4. Exposición a jefes de área

Luego del diferente monitoreo realizado al acople flexible, en el molino núm. 5 del tándem C y del análisis de costos y resultados, se presentan los

siguientes resultados, por medio de los cuales se muestra a los diferentes dirigentes del área de maquinaria, los beneficios de la sustitución de un acople rígido por un acople flexible.

El contenido a presentar se deriva de los resultados y análisis obtenidos por el diferente monitoreo realizado, esta información será presentada por medio de material de apoyo el cual contendrá el siguiente contenido.

- Consumo de grasa

En la tabla XXVIII se presenta la diferencia de los acoples, con referencia al consumo de grasa en dicho acople, siendo un beneficio el utilizar acoples flexibles, ya que no se tiene un consumo periódico de grasa para el mantenimiento del mismo.

Tabla XXVIII. **Comparativo de consumo de lubricante entre sistema rígido y sistema flexible**

Zafra	Tipo de sistema de acople	Tipo de lubricante	Cantidad aplicada en zafra (Lb.)
2012-2013	Rígido	Grasa Alvania EP2	50
2013-2014	Flexible	Ninguno	0

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área Industrial.*

- Consumo de electrodo

En la tabla XXIX, se muestra el ahorro de un acople flexible, en cuanto al consumo de electrodo utilizado durante la operación de la zafra 2013-2014, teniendo el acople flexible el beneficio de estar libre de mantenimiento, debido a que no necesita soldadura en las partes del acople donde se tiene un desgaste, el cual provoque alguna falla del mismo, como sucede en un acople flexible.

Tabla XXIX. **Comparativo de consumo de electrodo entre sistema rígido y flexible**

Zafra	Tipo de sistemas de acople	Tipos de electrodos utilizados	Cantidad utilizada para reparar (Lb.)
2012-2013	Rígido	Acero 5/32"	10
		Hierro fundido 5/32"	20
2013-2014	Flexible	Ninguno	0

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Maquinaria de área industrial.*

- Paros en operación

Todo aquel paro en la producción afecta directamente a los costos de la misma, y el caso de la molienda de caña de azúcar no es la excepción, es por ello que se menciona como un beneficio significativo que no se derivan paros en la operación de molienda de caña para la producción de azúcar, debido a alguna falla en los acoples flexibles. Beneficio que no tiene un acople rígido,



esto ya que se tienen históricos en los cuales hay paros en la producción debido a fallas en los acoples rígidos.

En la tabla XXX se muestran los paros históricos del acople rígido, donde se puede observar que el 8 de enero de 2013 la maza lado reductor falló por fatiga, esto debido a los esfuerzos mecánicos provocados por el par torsor al que es sometido el sistema de acople, el molino estuvo fuera de operación durante 3 horas con 10 minutos.

**Tabla XXX. Paradas históricas de molino número 5 de tándem C en zafra 2012-2013**

<b>UNIDAD 5C</b>			
Se paró unidad 5c	Se embagazó maza superior; a causa de que el peine desgastado, se procedio a cortar 1/2 diente del peine de la maza superior	07/05/2013	07/05/2013
Se disparó motor eléctrico de la unidad 5c	Fallo variador (sobre voltaje)	12/04/2012	12/04/2012
Se disparó la unidad 5c	Por sobrecorriente	09/11/2012	09/11/2012
Se disparó el motor del molino 5c	Por sobrevoltaje	10/11/2012	10/11/2012
Disparo del tandem c	Falla en el variador por enclavamiento, quedo puenteado el molino 5c	11/11/2012	11/11/2012
Disparo de la unidad 5c	Falla corriente inversa	17/11/2012	17/11/2012
Se disparó otor eléctrico de la unidad 5c	Se embagazo masa superior de la unidad 5c	26/11/2012	26/11/2012
Se disparó el motor eléctrico de la unidad 5c	Por salirse corona del eje	26/11/2012	26/11/2012
Se disparó el motor eléctrico de la unidad 5c	Por salirse corona del eje	26/11/2012	26/11/2012
Se puenteó el molino 5c	Para colocar topes a la corona de la maza bagacera	29/11/2012	29/11/2012
Paro la unidad 5c	Embagazarse masa superior	20/12/2012	20/12/2012
Se corrió la cuña de la corona de la maza bagacera	Por desgaste de la cuña	04/01/2013	04/01/2013
Se corrió la cuña de la corona de la maza bagacera	Por desgaste de la cuña	04/01/2013	04/01/2013

Continuación de la tabla XXX.

Ruptura de maza de acople lado reductor	Fatiga de material	08/01/2013	08/01/2013
Se cambió peine superior del molino 5c	Por desgaste de material a causa de tiempo de vida útil	24/01/2013	24/01/2013
Se ajustó setting en unidad 5c	Por desgaste de masas, causando desajuste del setting	22/02/2013	22/02/2013
Se disparó el motor eléctrico de la unidad 5C	Sobrevoltaje	24/02/2013	24/02/2013
Se paró unidad 5c	Por sobrecarga de caña, esto provocó que el motor se disparará dando falla de sobrevoltaje	02/03/2013	02/03/2013
Se disparó motor eléctrico de unidad 5c	Por over volt falla en variador hw (registro un pico elevado de corriente de voltaje)	08/03/2013	08/03/2013
Se disparó motor eléctrico de unidad 5c	Por sobre pasar el consumo de corriente del motor eléctrico	09/03/2013	09/03/2013
Paro unidad 5c	Por cambio de peine	21/03/2013	21/03/2013
Se disparó motor eléctrico de unidad 5c	La falla que detectó el variador (sobrecorriente)	24/03/2013	24/03/2013

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo de Oficina de Administración de Mantenimiento de área industrial.*

El molino número 5 del tándem C no cuenta con ningún tiempo perdido debido al sistema de acople flexible, no se realizó ningún paro de mantenimiento correctivo o preventivo específicamente para este sistema de acople. Se aprovechó al apriete de tornillería, revisión de elementos mecánicos y revisión de eslingas en paros programados por mantenimiento general del área de maquinaria.

- Ahorro energético

El principal objetivo del sustituir un acople rígido, por un acople flexible y monitorear el mismo, era el verificar el ahorro energético que contrae la instalación de un acople flexible. En la tabla XXXI se muestra una reducción del 15,94 % de ahorro energético en el consumo total de la zafra 2013-2014, en

comparación del consumo en kW/hr de un acople rígido utilizado en la zafra 2012-2013.

Tabla XXXI. **Comparativo de consumo entre sistema rígido y sistema flexible**

Zafra	Tipo de sistema de acople	Consumo promedio de zafra (kW/hr)	Porcentaje de reducción de consumo (%)
2012-2013	Rígido	658,59	<b>15,94</b>
2013-2014	Flexible	553,61	

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Archivo Departamento de Cogeneración de área industrial.*

#### **4.2. Capacitación a personal operativo**

Luego de presentar la evaluación y análisis, resultado del diferente monitoreo realizado, así como de la presentación de beneficios y propuesta de optimización en los molinos cañeros, se presenta el contenido dedicado al personal operativo, personal indispensable en la operación de los diferentes equipos, que hacen posible la extracción del jugo de caña de azúcar, el cual luego de varios procedimientos se transforma en azúcar.

En el contenido a presentar al diferente personal operativo, se tienen las mejoras de implementar un acople flexible en cada molino cañero que compone el tándem C, además se presentaran los pasos para el correcto montaje de un acople flexible y una lista de chequeo que debe de realizarse a la hora del arranque de un molino luego de un paro programado o no programado.

Además, se presentará contenido dedicado a la seguridad industrial, definiendo, el significado de este tema y de la importancia de esta, brindando contenido por medio de conferencia dedicada a riegos y equipo de protección a utilizar en el área de extracción del jugo de caña de azúcar.

#### **4.2.1. Mejoras del sistema**

Al permitir un mayor grado de desalineamiento ayuda a dar una vida útil más larga a los elementos mecánicos que interactúan con el acople, tanto del molino cañero como igualmente el reductor. La chumacera de la maza superior está sometida a menos esfuerzos, así como también el eje de salida del reductor de baja, los cojinetes del reductor disminuirán su carga. Este sistema al ser libre de mantenimiento disminuye la necesidad de mano de obra, así como costos por compra de lubricantes, el costo de compra de electrodo para aplicar soldadura para recuperación de piezas, de tal manera que se puede utilizar la mano de obra en otras actividades de mantenimiento y ahorro de costos de reparación por el proceso.

No se tuvo ningún tiempo perdido en operación, el tiempo aplicado a revisión de elementos del sistema de acople flexible fue el aprovechado a paro programado por mantenimiento general de maquinaria, de tal manera que no se tiene nada de tiempo cargado sistema flexible. El ahorro más significativo enfocándose en lo económico es el ahorro energético, ya que se disminuye un 15 % del consumo de tal manera que las cifras monetarias son muy representativas, viendo este ahorro energético por el lado del enfoque operacional se puede decir que el molino se vuelve más eficiente logrando más resultados demandando menos energía y menos mantenimiento.

#### **4.2.2. Montaje de un acople flexible**

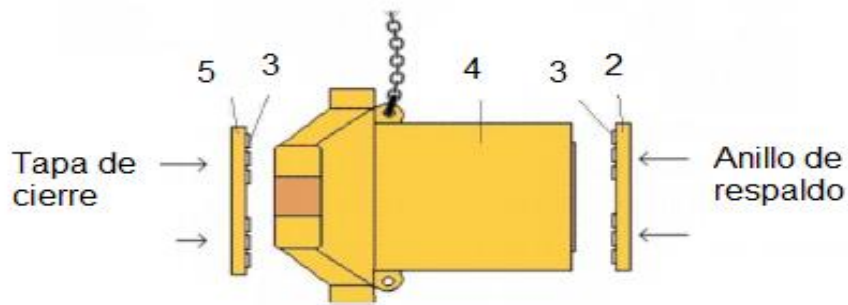
Luego de presentar mejoras en el sistema, debido a la implementación de un acople flexible, se presenta al personal operativo a cargo del montaje y operación de este sistema, una presentación con los diferentes pasos para realizar un buen montaje del acople, esto debido a los buenos resultados obtenidos en la sustitución de dicho acople y que ya se proyecta su uso en la siguiente zafra, así como de la posible implementación de este sistema en todos los molinos del tándem. Esta presentación tendrá como objetivo principal proporcionar procedimientos adecuados para una correcta instalación de un acople flexible, presentación que tendrá como base el manual proporcionado por el fabricante.

Para cada procedimiento indicado en el manual, se tendrá una breve descripción del mismo y de cuál sería la manera más adecuada de ejecutar dicho procedimiento, ilustrándolo con el procedimiento realizado cuando se sustituyó el acople rígido por un acople flexible, en el molino núm. 5 del tándem C.

A continuación, el contenido de la presentación:

- Montaje de elemento conductor
  - Montar el anillo de respaldo (2) con las pastillas de fricción (3) orientadas hacia la cara posterior del elemento (4).

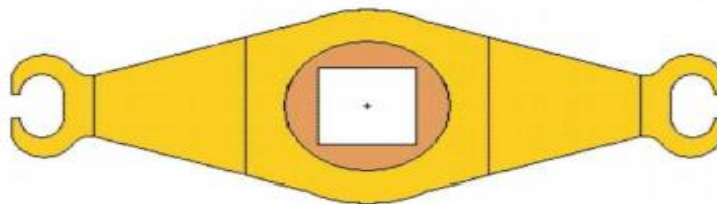
Figura 78. **Paso núm. 1 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos.

- Levantar el cubo (4) por el asa (observar que el gancho del cubo quedará en la horizontal)

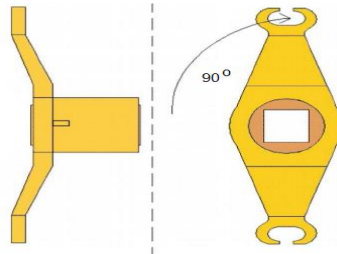
Figura 79. **Paso núm. 2 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos

- Colocar el elemento (4) en el eje (1), enroscar las astas guías en la punta del eje y colocar la tapa de cierre (5) y fijarla con los tornillos (6). Girar (90°) manualmente el eje (1) de tal forma que el gancho del cubo quede en la vertical.

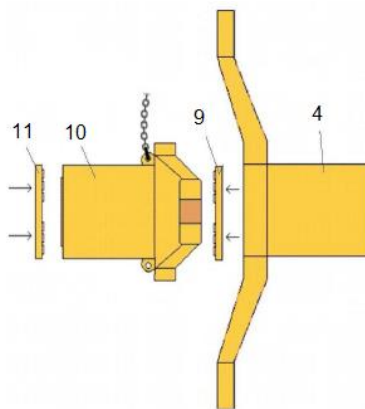
Figura 80. **Paso núm. 3 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos

- Montaje de elemento conducido – lado molino
  - Montar el anillo de respaldo (11) con las pastillas de fricción (3) orientadas hacia la cara posterior del cubo (10).
  - Levantar el cubo (10) por el asa, (observar que el gancho del cubo quedará en la horizontal)

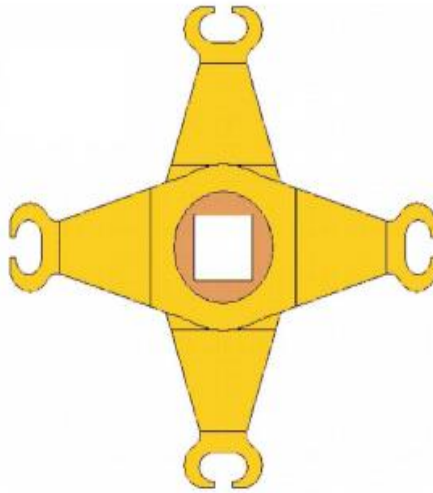
Figura 81. **Paso núm. 4 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos.

- Colocar el cubo (10) en el eje (12), enroscar las astas guías en la punta del eje y colocar la tapa de cierre (9) y fijarla con los tornillos (6).

Figura 82. **Paso núm. 5 del montaje del acople flexible**

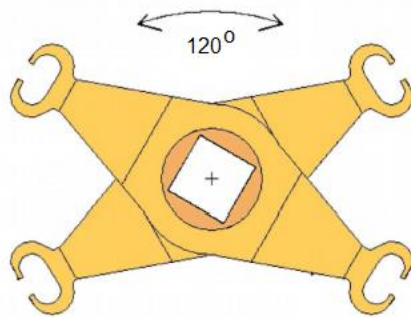


Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos.

- Montaje de elemento flotante y eslingas
  - Girar los cubos montados formando un ángulo de aproximadamente 120°. Eso se logra girando manualmente el eje del accionamiento (1), logrando que el gancho del cubo (4) montado en el eje de accionamiento (1) empuje el gancho del cubo (10) montado en el eje del molino (12)



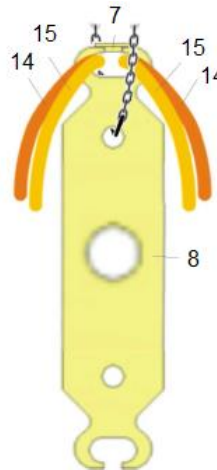
Figura 83. **Paso núm. 6 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos.

- Montar las eslingas de operación (14) y las de seguridad (15) en uno de los lados de la placa ecualizadora, fijar la tapa (7). Cuidar de que las eslingas de operación (14) queden bajo las eslingas de seguridad (15). Levantar la placa ecualizadora por el orificio próximo a las eslingas montadas.

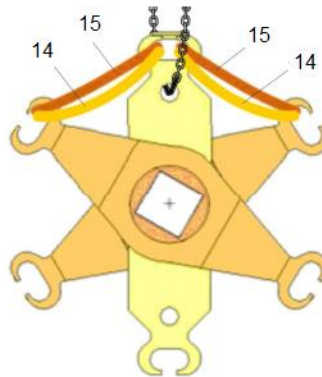
Figura 84. **Paso núm. 7 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos.

- Posicionar la placa ecualizadora entre los cubos montados y montar las eslingas de operación (14) y seguridad (15) en los enganches de los cubos más próximos. Cuidar de que las eslingas de operación (14) queden bajo las eslingas de seguridad (15)

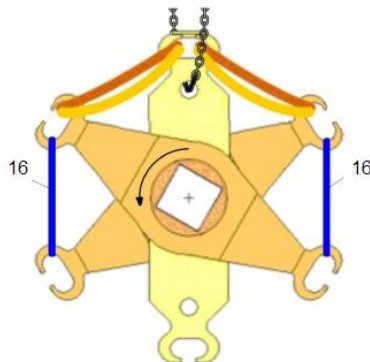
Figura 85. **Paso núm. 8 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos.

- Girar manualmente el cubo lado del accionamiento (4) en el sentido de estirar las eslingas montadas en los enganches superiores y montar las eslingas de retorno (16).

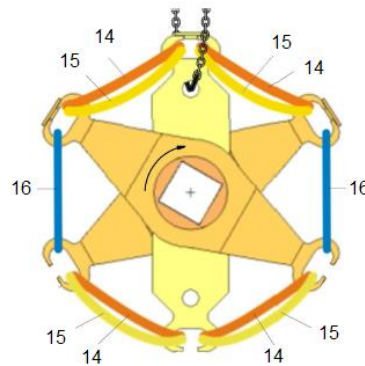
Figura 86. **Paso núm. 9 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos.

- después de montadas las eslingas de retorno (16), girar manualmente el cubo lado accionamiento (4) en el sentido de estirar las eslingas de retorno (16) y montar las eslingas de operación (14) y seguridad (15) en la parte inferior y retirar el levantamiento.

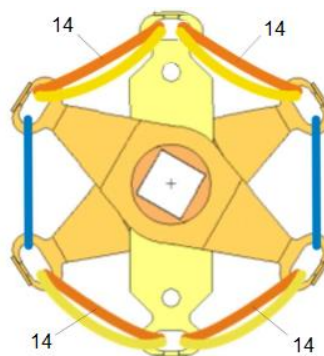
Figura 87. **Paso núm. 10 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos

- Observar que el sentido de giro de trabajo se define por las posiciones de las eslingas. Las eslingas de operación (14) siempre serán tensionadas durante el trabajo.

Figura 88. **Paso núm. 11 del montaje del acople flexible**



Fuente: Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos

### **4.2.3. Inspección**


Luego de mencionar mejoras del sistema, así como de la correcta instalación de este sistema se presenta, una inspección necesaria previa al arranque de este sistema, además de inspección necesaria durante la operación del mismo, presentación que servirá para inculcar al personal operativo a realizar las diferentes inspecciones necesarias, realizando procedimientos correctos.

A continuación se presenta el contenido de la presentación dedicada al personal operativo con la inspección necesaria, previa y durante la operación de un acople flexible.

- Lista de revisión previa al arranque
  - Revisión de anillos de respaldo en posición adecuada
  - Posición correcta de pastillas de fricción
  - Tapas de cierre en posición correcta
  - Torque adecuado de tornillería de elemento conducido y conductor respectivamente.
  - Verificar la posición del elemento flotante para que el molino gire en el sentido adecuado.
  - Verificar el estado de las eslingas y su correcta posición en los enganches de los elementos que componen el sistema.
  - Verificar el apriete de tornillería de las tapas de seguridad de los enganches tanto del elemento conductor, conducido y elemento flotante.

- De la lista de revisión previa al arranque se formuló una lista de chequeo de operación para el sistema de acople flexible, la lista de revisión se muestra en la figura 82.

Figura 89. Lista de chequeo de operación de acople flexible

 Gestión de Admón. de Recursos	<h2 style="margin: 0;">Check List de Revisión de Mantenimiento</h2>	Código: RE-GAR-AMK-000 Versión: 1 Página: 1 de 1																																	
Hora inicio _____ Hora fin _____ Coloque una "X" en el día que realizó la actividad <input type="checkbox"/> Tránsim A <input type="checkbox"/> Tránsim B <input type="checkbox"/> Tránsim C <input type="checkbox"/> Molino No.1 <input type="checkbox"/> Molino No.2 <input type="checkbox"/> Molino No.3 <input type="checkbox"/> Molino No.4 <input type="checkbox"/> Molino No.5 <input type="checkbox"/> Molino No.6 Coloque una "X" en el día que realizó la actividad y su duración	Fecha inicio _____ Fecha fin _____ <b>ACOPLEMENTO FLEXIBLE</b> Inspección Visual Limpieza General Reapriete de tornillería interna Reapriete de tornillería externa Revisión de desgaste en pastillas Revisión de fisuras Revisión de stringas Verificación de tensión de stringas <b>Datos colaboradores responsables</b> Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ <b>Datos del solicitante o Jefe Responsable</b> Nombre _____ Firma _____	Instrucciones: De acuerdo a los aspectos acerca del cumplimiento del trabajo favor el Solicitante o Jefe Responsable completar el siguiente cuadro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Bueno</th> <th style="width: 20%;">Maló</th> <th style="width: 20%;">N/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Bueno	Maló	N/A																														
Bueno	Maló	N/A																																	
Hora inicio _____ Hora fin _____ Coloque una "X" en el día que realizó la actividad y su duración	Fecha inicio _____ Fecha fin _____ <b>ACOPLEMENTO FLEXIBLE</b> Inspección Visual Limpieza General Reapriete de tornillería interna Reapriete de tornillería externa Revisión de desgaste en pastillas Revisión de fisuras Revisión de stringas Verificación de tensión de stringas <b>Datos colaboradores responsables</b> Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ <b>Datos del solicitante o Jefe Responsable</b> Nombre _____ Firma _____	Instrucciones: De acuerdo a los aspectos acerca del cumplimiento del trabajo favor el Solicitante o Jefe Responsable completar el siguiente cuadro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Bueno</th> <th style="width: 20%;">Maló</th> <th style="width: 20%;">N/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Bueno	Maló	N/A																														
Bueno	Maló	N/A																																	
Hora inicio _____ Hora fin _____ Coloque una "X" en el día que realizó la actividad y su duración	Fecha inicio _____ Fecha fin _____ <b>ACOPLEMENTO FLEXIBLE</b> Inspección Visual Limpieza General Reapriete de tornillería interna Reapriete de tornillería externa Revisión de desgaste en pastillas Revisión de fisuras Revisión de stringas Verificación de tensión de stringas <b>Datos colaboradores responsables</b> Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ <b>Datos del solicitante o Jefe Responsable</b> Nombre _____ Firma _____	Instrucciones: De acuerdo a los aspectos acerca del cumplimiento del trabajo favor el Solicitante o Jefe Responsable completar el siguiente cuadro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Bueno</th> <th style="width: 20%;">Maló</th> <th style="width: 20%;">N/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Bueno	Maló	N/A																														
Bueno	Maló	N/A																																	
Hora inicio _____ Hora fin _____ Coloque una "X" en el día que realizó la actividad y su duración	Fecha inicio _____ Fecha fin _____ <b>ACOPLEMENTO FLEXIBLE</b> Inspección Visual Limpieza General Reapriete de tornillería interna Reapriete de tornillería externa Revisión de desgaste en pastillas Revisión de fisuras Revisión de stringas Verificación de tensión de stringas <b>Datos colaboradores responsables</b> Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ <b>Datos del solicitante o Jefe Responsable</b> Nombre _____ Firma _____	Instrucciones: De acuerdo a los aspectos acerca del cumplimiento del trabajo favor el Solicitante o Jefe Responsable completar el siguiente cuadro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Bueno</th> <th style="width: 20%;">Maló</th> <th style="width: 20%;">N/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Bueno	Maló	N/A																														
Bueno	Maló	N/A																																	
Hora inicio _____ Hora fin _____ Coloque una "X" en el día que realizó la actividad y su duración	Fecha inicio _____ Fecha fin _____ <b>ACOPLEMENTO FLEXIBLE</b> Inspección Visual Limpieza General Reapriete de tornillería interna Reapriete de tornillería externa Revisión de desgaste en pastillas Revisión de fisuras Revisión de stringas Verificación de tensión de stringas <b>Datos colaboradores responsables</b> Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ <b>Datos del solicitante o Jefe Responsable</b> Nombre _____ Firma _____	Instrucciones: De acuerdo a los aspectos acerca del cumplimiento del trabajo favor el Solicitante o Jefe Responsable completar el siguiente cuadro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Bueno</th> <th style="width: 20%;">Maló</th> <th style="width: 20%;">N/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Bueno	Maló	N/A																														
Bueno	Maló	N/A																																	
Hora inicio _____ Hora fin _____ Coloque una "X" en el día que realizó la actividad y su duración	Fecha inicio _____ Fecha fin _____ <b>ACOPLEMENTO FLEXIBLE</b> Inspección Visual Limpieza General Reapriete de tornillería interna Reapriete de tornillería externa Revisión de desgaste en pastillas Revisión de fisuras Revisión de stringas Verificación de tensión de stringas <b>Datos colaboradores responsables</b> Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ Nombre _____ Código _____ Firma _____ <b>Datos del solicitante o Jefe Responsable</b> Nombre _____ Firma _____	Instrucciones: De acuerdo a los aspectos acerca del cumplimiento del trabajo favor el Solicitante o Jefe Responsable completar el siguiente cuadro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Bueno</th> <th style="width: 20%;">Maló</th> <th style="width: 20%;">N/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Bueno	Maló	N/A																														
Bueno	Maló	N/A																																	

Fuente: elaboración propia.

Y debido a que, uno de los beneficios de este sistema no necesita un mantenimiento periódico, derivada de la inspección se puede realizar lo siguiente

- Tornillería

Apriete

- Pastillas de fricción (Nylon 6.6)

Substituir en caso de avería

- Eslingas
  - En toda parada programada, girar las eslingas de trabajo (+- 300mm) esto para prolongar la vida útil de las eslingas.
  - Substituir las eslingas en caso de ocurrir alguna avería en el forro de protección externa.
  - Prevenir que las eslingas no entren en contacto con materiales calientes, por ejemplo, salpicadura de soldadura, chispas de pulidoras.
  - No lavar las eslingas con productos químicos como solventes, usar solamente agua o agua con jabón neutro.

#### **4.2.4. Seguridad industrial**

Como parte de la capacitación al personal operativo dentro de la fase de docencia, se tiene la presentación dedicada a la seguridad industrial, presentación que tendrá dentro de sus principales temas la definición de la misma, así como presentar los riesgos y el EPP necesario para poder trabajar en el área.

- Contenido capacitación seguridad industrial:
  - Definición de seguridad industrial
  - Importancia de seguridad industrial
  - Normativo de seguridad y salud ocupacional interno
  - Riesgos identificados
    - Riesgos del área
    - Descripción del riesgo
  - Equipo de protección personal
    - Como contribuyo utilizando mi EPP
    - Manera adecuada de utilizar mi EPP
  - Respeto de señalizaciones
  - Uso de paso peatonal
  - Uso de pasamanos
  - Participación de personal
  - Conclusiones

##### **4.2.4.1. Riesgos**

Como parte de la presentación referente a seguridad industrial, se desglosa los riesgos del área donde opera un sistema de acople flexible, tema el

cual es de suma importancia para el personal que labora en estas áreas, este conocimiento contribuirá a reducir los incidentes y accidentes dentro de las áreas mencionadas a continuación.

Tabla XXXII. **Riesgos en el área de molinos**

<b>RIESGOS IDENTIFICADOS EN ÁREA DE EXTRACCIÓN DE JUGO POR MOLINOS CAÑEROS</b>		
<b>Riesgos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área</b>
<b>Atrapamiento por o entre objetos</b>	El cuerpo o alguna de sus partes queda atrapada por: -Piezas que engranan -Un objeto móvil y otro inmóvil -Dos o más objetos móviles que no engranan	<b>MOLINOS</b>
<b>Caídas desde diferentes alturas</b>	Comprende caídas de personas desde o hacia: -Andamios, pasarelas, plataformas, entre otros. -Escaleras fijas o portátiles- -Vehículos o máquinas - Estructuras -grúas	<b>MOLINOS</b>
<b>Caídas desde el mismo nivel</b>	Caída en un lugar de paso o una superficie de trabajo Caída sobre o contra objetos	<b>MOLINOS</b>
<b>Caídas por manipulación de objetos</b>	Caída de materiales, herramientas, aparatos, entre otros, que se estén manejando o transportando manualmente o con ayudas mecánicas, siempre que el accidentado sea el trabajador que este manipulando el objeto que cae	<b>MOLINOS</b>
<b>Desplome</b>	Comprende los desplomes total o parcial de lámparas	<b>MOLINOS</b>
<b>Choques contra objetos inmóviles</b>	Interviene el trabajador como parte dinámica y choca, golpea, roza o raspa sobre un objeto inmóvil	<b>MOLINOS</b>
<b>Choque contra objetos móviles</b>	Posibilidad de recibir un golpe por partes móviles que pudiera presentar la maquinaria fija o por objetos y materiales empleados en manipulación o transporte	<b>MOLINOS</b>
<b>Golpes-Cortes</b>	Comprende los golpes, cortes y punzamientos que el trabajador recibe por acción de un objeto o herramienta, siempre que sobre éstos actúen otras fuerzas distintas a la gravedad. En este apartado se incluyen martillazos, cortes con equipo punzocortante, entre otros.	<b>MOLINOS</b>
<b>Proyección de partículas</b>	Circunstancia que se puede manifestar en lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material, proyectadas por una máquina, herramientas o materia prima a conformar	<b>MOLINOS</b>
<b>Contacto eléctrico directo</b>	Incluye los accidentes por contacto con la corriente eléctrica del trabajador con una parte activa de la instalación que en condiciones normales puede tener tensión (conductores, bobinados, entre otros).	<b>MOLINOS</b>
<b>Contacto eléctrico indirecto</b>	Aquellos en los que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la ha adquirió accidentalmente	<b>MOLINOS</b>
<b>Contacto Térmico</b>	El accidente se produce cuando el colaborador entra en contacto con: -Objetos o agua caliente.	<b>MOLINOS</b>
<b>Iluminación</b>	Según el tipo de trabajo a realizar se necesita un determinado nivel de iluminación. Un bajo nivel de iluminación, además de causar daño a la visión contribuye a aumentar el riesgo de accidentes.	<b>MOLINOS</b>



Continuación de la tabla XXXII.

<b>Ruido</b>	El ruido es un contaminante físico que se transmite por el aire mediante un movimiento ondulatorio. Se genera ruido en: -Motores eléctrico o de combustión interna -Escapes de aire comprimido -Rozamiento o impacto de partes metálicas -Herramientas de percusión	<b>MOLINOS</b>
<b>Vibraciones</b>	Se puede definir la vibración como la oscilación de partículas alrededor de un punto de referencia en un medio físico cualquiera. Están originadas por máquinas, herramientas y vehículos.	<b>MOLINOS</b>
<b>Radiaciones no ionizantes</b>	Radiaciones electromagnéticas que no producen ionización. Se presentan en: soldaduras	<b>MOLINOS</b>
<b>Contacto o exposición a aerosoles</b>	Son sustancias de naturaleza química tales como polvos orgánicos, inorgánicos, humos metálicos, humos no metálicos, fibras, nieblas y rocíos. El riesgo viene definido por la dosis que a su vez se define en función del tiempo de exposición y de la concentración de dicha sustancia en el ambiente de trabajo	<b>MOLINOS</b>
<b>Contacto o exposición a gases y vapores</b>	Son sustancia de naturaleza química y pueden ser orgánicos, inorgánicos, asfixiantes, explosivos, entre otros. El riesgo viene definido por la dosis que a su vez se define en función del tiempo de exposición y de la concentración de dicha sustancia en el ambiente de trabajo	<b>MOLINOS</b>
<b>Contacto o exposición a líquidos o sólidos peligrosos</b>	Son sustancia de naturaleza química y pueden ser irritantes, corrosivos, o tóxicos. El riesgo viene definido por la dosis que a su vez se define en función del tiempo de exposición y de la concentración de dicha sustancia en el ambiente de trabajo	<b>MOLINOS</b>
<b>Incendios</b>	Accidentes producidos por los efectos del fuego o sus consecuencias por pintura en área, thinner, soldadura en área de faja del conductor	<b>MOLINOS</b>
<b>Carga física: Posición</b>	La consecuencia básica de una carga física excesiva será la fatiga muscular que se traducirá en patología osteomuscular, aumento del riesgo de accidente, disminución de la productividad y calidad del trabajo, en un aumento de la insatisfacción personal o en incomfort. En cuanto a la posición, clasificaremos los trabajos en cuanto a que se realicen de pie, sentado o de forma alternativa. Así también las posturas inadecuadas	<b>MOLINOS</b>
<b>Carga física: Esfuerzo</b>	La consecuencia básica de una carga física excesiva será la fatiga muscular que se traducirá en patología osteomuscular, aumento del riesgo de accidente, disminución de la productividad y calidad del trabajo, en un aumento de la insatisfacción personal o en incomfort. En cuanto al esfuerzo, clasificaremos los trabajos por la alta demanda física de la tarea o posturas sostenidas	<b>MOLINOS</b>
<b>Estrés</b>	El estrés es el conjunto de reacciones emocionales, cognitivas, fisiológicas y de comportamiento ante ciertos aspectos adversos del contenido, la organización o el entorno de trabajo. El estrés relacionado con el trabajo se experimenta cuando las demandas del medio ambiente laboral exceden la capacidad de los trabajadores para controlarlas.	<b>MOLINOS</b>

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Departamento de Seguridad Industrial de área industrial.*

#### **4.2.4.2. Equipo de protección**

Luego de establecer los riesgos del área en la extracción de jugo de caña de azúcar, donde labora el personal a capacitar, se dedica una presentación exclusiva para recalcar en el equipo de protección personal

Se expondrá para cada uno de los EPP la importancia de su uso en cada área de trabajo, así como del correcto uso del mismo, a continuación los equipos necesarios:

- Casco
- Lentes
- Tapones auditivos
- Guante corto de tela
- Guante de lona largo
- Mascarilla
- Botas industriales
- Botas de hule
- Gabacha de cuero
- Mangas de cuero
- Arnés

## CONCLUSIONES

1. En la operación de un sistema de acople flexible, no se registró paro alguno, por falla directa en el mismo, indicando que dicho acople tiene como beneficio, el no tener mantenimiento correctivo, registro 0 % de tiempo perdido.
2. El sistema de acople flexible no requiere de programación periódica para su mantenimiento. Requiere solamente de un mantenimiento básico de oportunidad para revisión de tornillería y estado de eslingas.
3. La vida útil de los componentes mecánicos que interactúan con el sistema de acople flexible se extiende en un promedio de una zafra más de operación dando un 100 % más de vida útil, se puede confirmar esto debido a que la chumacera superior del molino cañero núm. 5 del tándem C termino en buenas condiciones operativas la zafra, lo cual no ocurría con el sistema de acople rígido.
4. Implementar un sistema de acople flexible en la operación representó un 15,94 % de ahorro energético con respecto al consumo operando con el sistema de acople rígido, con este resultado se volvió más eficiente el molino.
5. El sistema de acople flexible no necesitó de lubricante y tampoco se necesitó de electrodo para recuperar sus piezas mecánicas, con esto se logra ahorrar en gastos de lubricación para prevenir desgaste como

material para repararlo, este ahorro sería más representativo al operar todo el tándem de molinos con el sistema de acople flexible.

## RECOMENDACIONES

1. Al ingeniero de montaje velar porque se utilice la lista de chequeo creada específicamente para el sistema de acople flexible, e inculcar el uso de este formato para obtener datos históricos que permitan calcular las horas de operación o tiempos de vida, posteriormente puedan ser utilizado para el proceso de mantenimiento predictivo.
2. Al ingeniero de operación seguir instrucciones de limpieza del fabricante de las eslingas para prevenir fallas prematuras, debido a que existen líquidos para estas funciones que aceleran el deterioro.
3. Al departamento de mantenimiento evaluar los resultados positivos que se han documentado en este trabajo con la implementación del sistema de acople flexible, debido a que se obtendrá beneficios con la aplicación en el tándem completo.
4. Al departamento de mantenimiento realizar análisis de vibraciones en el reductor si se observa que la rotación del acople no es normal, para determinar si existe algún daño en el reductor, o en las coronas del molino, ya que se pudo haber quebrado algún diente y eso afecta en la transmisión del movimiento.
5. Al ingeniero de operación y departamento de mantenimiento chequear constantemente la lubricación en chumaceras del molino, para verificar que las mazas estén rotando normalmente y ninguna se quede atorada.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ACIP. Manual de instrucciones LUVA ACIP para molinos. vendasacip@terra.com.br - acipaldo@terra.com.br. Consulta marzo de 2018.
2. BATULE, Eduardo. *La molienda y difusión de la caña de azúcar*. Serie azucarera 20. 470 p.
3. BUDINAS, Richard, NISBETT, Keith. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Editorial McGraw Hill Interamericana. 8a. ed. 2008. 845 p.
4. HUGOT, Emile. *Manual para ingenieros azucareros*. Editorial Continental S. A. 2a. ed. México 1986. 185 p.
5. MOTT, Robert. *Diseño de elementos de máquinas*. Pearson Educación. 4a. ed. México 2004. 540 p.
6. REIN, Peter. *Ingeniería de la caña de azúcar*. 3a. ed. Berlín 2012. 171 p.
7. SANCHEZ, Join, CHAVARRO, Karen. *Reduciendo la reabsorción de jugo en molinos de caña mediante el uso de mazas con drenajes internos: Mayor extracción de sacarosa y menor humedad en el bagazo*. Fundiciones Universo S.A, Cali, Colombia.  
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/FE20%

Mazas%20drenajes% 20internos\_0410114052.pdf. Consulta: marzo 2018.